

> IS 2024

Informacijska družba

Zbornik 27. mednarodne multikonference
Zvezek D

Information Society

Proceedings of the 27th International Multiconference
Volume D

Miti in resnice o varovanju okolja

Myths and Truths About Environmental Protection

Uredniki > Editors:

Rafael Mihalič, Tomaž Ogrin, Erik Margan

9. oktober 2024 > Ljubljana, Slovenija / 9 October 2024 > Ljubljana, Slovenia

Zbornik 27. mednarodne multikonference
INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2024
Zvezek D

Proceedings of the 27th International Multiconference
INFORMATION SOCIETY – IS 2024
Volume D

Miti in resnice o varovanju okolja
Myths and Truths About Environmental Protection

Uredniki / Editors

Rafael Mihalič, Tomaž Ogrin, Erik Margan

<http://is.ijs.si>

9. oktober 2024 / 9 October 2024
Ljubljana, Slovenia

Uredniki:

Rafael Mihalič
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

Tomaž Ogrin
Oddelek za anorgansko kemijo in tehnologijo, Institut Jožef Stefan, Ljubljana

Erik Margan
Oddelek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev, Institut Jožef Stefan, Ljubljana

Založnik: Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana
Priprava zbornika: Mitja Lasič, Vesna Lasič, Lana Zemljak
Oblikovanje naslovnice: Vesna Lasič

Dostop do e-publikacije:
<http://library.ijs.si/Stacks/Proceedings/InformationSociety>

Ljubljana, oktober 2024

Informacijska družba
ISSN 2630-371X

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani COBISS.SI-ID 214438147 ISBN 978-961-264-302-7 (PDF)

PREDGOVOR MULTIKONFERENCI INFORMACIJSKA DRUŽBA 2024

Leto 2024 je hkrati udarno in tradicionalno. Že sedaj, še bolj pa v prihodnosti bosta računalništvo, informatika (RI) in umetna inteligenca (UI) igrali ključno vlogo pri oblikovanju napredne in trajnostne družbe. Smo na pragu nove dobe, v kateri generativna umetna inteligenca, kot je ChatGPT, in drugi inovativni pristopi utirajo pot k superinteligenci in singularnosti, ključnim elementom, ki bodo definirali razcvet človeške civilizacije. Naša konferenca je zato hkrati tradicionalna znanstvena, pa tudi povsem akademsko odprta za nove pogumne ideje, inkubator novih pogledov in idej.

Letošnja konferenca ne le da analizira področja RI, temveč prinaša tudi osrednje razprave o perečih temah današnjega časa – ohranjanje okolja, demografski izzivi, zdravstvo in preobrazba družbenih struktur. Razvoj UI ponuja rešitve za skoraj vse izzive, s katerimi se soočamo, kar poudarja pomen sodelovanja med strokovnjaki, raziskovalci in odločevalci, da bi skupaj oblikovali strategije za prihodnost. Zavedamo se, da živimo v času velikih sprememb, kjer je ključno, da s poglobljenim znanjem in inovativnimi pristopi oblikujemo informacijsko družbo, ki bo varna, vključujoča in trajnostna.

Letos smo ponosni, da smo v okviru multikonference združili dvanajst izjemnih konferenc, ki odražajo širino in globino informacijskih ved: CHATMED v zdravstvu, Demografske in družinske analize, Digitalna preobrazba zdravstvene nege, Digitalna vključenost v informacijski družbi – DIGIN 2024, Kognitivna znanost, Konferenca o zdravi dolgoživosti, Legende računalništva in informatike, Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, Miti in resnice o varovanju okolja, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča – SIKDD 2024, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, Vzgoja in izobraževanje v RI.

Poleg referatov bodo razprave na okroglih mizah in delavnicah omogočile poglobljeno izmenjavo mnenj, ki bo oblikovala prihodnjo informacijsko družbo. "Legende računalništva in informatike" predstavljajo slovenski "Hall of Fame" za odlične posameznike s tega področja, razširjeni referati, objavljeni v reviji *Informatica* z 48-letno tradicijo odličnosti, in sodelovanje s številnimi akademskimi institucijami in združenji, kot so ACM Slovenija, SLAIS in Inženirska akademija Slovenije, bodo še naprej spodbujali razvoj informacijske družbe. Skupaj bomo gradili temelje za prihodnost, ki bo oblikovana s tehnologijami, osredotočena na človeka in njegove potrebe.

S podelitvijo nagrad, še posebej z nagrado Michie-Turing, se avtonomna RI stroka vsakoletno opredeli do najbolj izstopajočih dosežkov. Nagrado Michie-Turing za izjemen življenjski prispevek k razvoju in promociji informacijske družbe je prejel prof. dr. Borut Žalik. Priznanje za dosežek leta pripada prof. dr. Sašu Džeroskemu za izjemne raziskovalne dosežke. »Informacijsko limono« za najmanj primerno informacijsko tematiko je prejela nabava in razdeljevanjem osebnih računalnikov ministrstva, »informacijsko jagodo« kot najboljšo potezo pa so sprejeli organizatorji tekmovanja ACM Slovenija. Čestitke nagrajencem!

Naša vizija je jasna: prepoznati, izkoristiti in oblikovati priložnosti, ki jih prinaša digitalna preobrazba, ter ustvariti informacijsko družbo, ki bo koristila vsem njenim članom. Vsem sodelujočim se zahvaljujemo za njihov prispevek k tej viziji in se veselimo prihodnjih dosežkov, ki jih bo oblikovala ta konferenca.

Mojca Cigliarič, predsednica programskega odbora

Matjaž Gams, predsednik organizacijskega odbora

PREFACE TO THE MULTICONFERENCE INFORMATION SOCIETY 2024

The year 2024 is both ground-breaking and traditional. Now, and even more so in the future, computer science, informatics (CS/I), and artificial intelligence (AI) will play a crucial role in shaping an advanced and sustainable society. We are on the brink of a new era where generative artificial intelligence, such as ChatGPT, and other innovative approaches are paving the way for superintelligence and singularity—key elements that will define the flourishing of human civilization. Our conference is therefore both a traditional scientific gathering and an academically open incubator for bold new ideas and perspectives.

This year's conference analyzes key CS/I areas and brings forward central discussions on pressing contemporary issues—environmental preservation, demographic challenges, healthcare, and the transformation of social structures. AI development offers solutions to nearly all challenges we face, emphasizing the importance of collaboration between experts, researchers, and policymakers to shape future strategies collectively. We recognize that we live in times of significant change, where it is crucial to build an information society that is safe, inclusive, and sustainable, through deep knowledge and innovative approaches.

This year, we are proud to have brought together twelve exceptional conferences within the multiconference framework, reflecting the breadth and depth of information sciences:

- CHATMED in Healthcare
- Demographic and Family Analyses
- Digital Transformation of Healthcare Nursing
- Digital Inclusion in the Information Society – DIGIN 2024
- Cognitive Science
- Conference on Healthy Longevity
- Legends of Computer Science and Informatics
- International Conference on Technology Transfer
- Myths and Facts on Environmental Protection
- Data Mining and Data Warehouses – SIKDD 2024
- Slovenian Conference on Artificial Intelligence
- Education and Training in CS/IS.

In addition to papers, roundtable discussions and workshops will facilitate in-depth exchanges that will help shape the future information society. The “Legends of Computer Science and Informatics” represents Slovenia’s “Hall of Fame” for outstanding individuals in this field. At the same time, extended papers published in the *Informatica* journal, with over 48 years of excellence, and collaboration with numerous academic institutions and associations, such as ACM Slovenia, SLAIS, and the Slovenian Academy of Engineering, will continue to foster the development of the information society. Together, we will build the foundation for a future shaped by technology, yet focused on human needs.

The autonomous CS/IS community annually recognizes the most outstanding achievements through the awards ceremony. The Michie-Turing Award for an exceptional lifetime contribution to the development and promotion of the information society was awarded to Prof. Dr. Borut Žalik. The Achievement of the Year Award goes to Prof. Dr. Sašo Džeroski. The "Information Lemon" for the least appropriate information topic was given to the ministry's procurement and distribution of personal computers. At the same time, the "Information Strawberry" for the best initiative was awarded to the organizers of the ACM Slovenia competition. Congratulations to all the award winners!

Our vision is clear: to recognize, seize, and shape the opportunities brought by digital transformation and create an information society that benefits all its members. We thank all participants for their contributions and look forward to this conference's future achievements.

Mojca Cigliarič, Chair of the Program Committee

Matjaž Gams, Chair of the Organizing Committee

KONFERENČNI ODBORI

CONFERENCE COMMITTEES

International Programme Committee

Vladimir Bajic, South Africa
Heiner Benking, Germany
Se Woo Cheon, South Korea
Howie Firth, UK
Olga Fomichova, Russia
Vladimir Fomichov, Russia
Vesna Hljuz Dobric, Croatia
Alfred Inselberg, Israel
Jay Liebowitz, USA
Huan Liu, Singapore
Henz Martin, Germany
Marcin Paprzycki, USA
Claude Sammut, Australia
Jiri Wiedermann, Czech Republic
Xindong Wu, USA
Yiming Ye, USA
Ning Zhong, USA
Wray Buntine, Australia
Bezalel Gavish, USA
Gal A. Kaminka, Israel
Mike Bain, Australia
Michela Milano, Italy
Derong Liu, Chicago, USA
Toby Walsh, Australia
Sergio Campos-Cordobes, Spain
Shabnam Farahmand, Finland
Sergio Crovella, Italy

Organizing Committee

Matjaž Gams, chair
Mitja Luštrek
Lana Zemljak
Vesna Koricki
Mitja Lasič
Blaž Mahnič

Programme Committee

Mojca Ciglarič, chair
Bojan Orel
Franc Solina
Viljan Mahnič
Cene Bavec
Tomaž Kalin
Jozsef Györköös
Tadej Bajd
Jaroslav Berce
Mojca Bernik
Marko Bohanec
Ivan Bratko
Andrej Brodnik
Dušan Caf
Saša Divjak
Tomaž Erjavec
Bogdan Filipič
Andrej Gams
Matjaž Gams
Mitja Luštrek
Marko Grobelnik
Nikola Guid

Marjan Heričko
Borka Jerman Blažič Džonova
Gorazd Kandus
Urban Kordeš
Marjan Krisper
Andrej Kuščer
Jadran Lenarčič
Borut Likar
Janez Malačič
Olga Markič
Dunja Mladenič
Franc Novak
Vladislav Rajkovič
Grega Repovš
Ivan Rozman
Niko Schlamberger
Stanko Strmčnik
Jurij Šilc
Jurij Tasič
Denis Trček
Andrej Ule
Boštjan Vilfan

Baldomir Zajc
Blaž Zupan
Boris Žemva
Leon Žlajpah
Niko Zimic
Rok Piltaver
Toma Strle
Tine Kolenik
Franci Pivec
Uroš Rajkovič
Borut Batagelj
Tomaž Ogrin
Aleš Ude
Bojan Blažica
Matjaž Kljun
Robert Blatnik
Erik Dovgan
Špela Stres
Anton Gradišek

KAZALO / TABLE OF CONTENTS

<i>Miti in resnice o varovanju okolja / Myths and Truths About Environmental Protection</i>	1
PREDGOVOR / FOREWORD	3
PROGRAMSKI ODBORI / PROGRAMME COMMITTEES	5
LCA data conforms to Benford's law / Šinik Bogdan, Tošič Aleksander.....	7
Liquid Neural Network in Modelling Rainfall-Runoff Modelling / Teklu Henok, Gams Matjaž, Wielgosz Maciej.....	11
The governance of cultural landscapes in the EU: A Comparative Analysis of the Nature Restoration Law and the LULUCF Regulations / Schenk Richard.....	15
Serious Errors in the Assessment of the Atmospheric Greenhouse Effect / Margan Erik	19
Vrednost električne energije intermitirajočih virov in kanibalizem na trgu z električno energijo / Mihalič Rafael	27
Kako razumeti ogljični odtis? / Radonjič Gregor	34
Ali je prispevek slovenske živinoreje k podnebnim spremembam precenjen? / Verbič Jože	37
Oblikovanje specifičnih habitatov kot ukrepanje za zmanjšanje vplivov hidroelektrarn na okolje / Hribar Andraž.....	41
Aksiomi in miti o varovanju okolja in trajnostnem kmetijstvu / Gams Matjaž.....	47
Umetna inteligenca o zeleni agendi / Špiler Jure	54
Radon v stavbah in kakovost bivanja / Valenčič Matjaž.....	62
Postavljanje sončnih elektrarn na kmetijskih površinah - okoljski kriminal ali trajnostna raba prostora / Valenčič Matjaž.....	67
Skrivnost ljubljanske pitne vode in kanal C0 / Ogrin Tomaž.....	73
Kakšna je cena jedrske energije in obnovljivih virov in kakšen je vpliv na okolje / Trkov Andrej.....	79
O statusu in prihodnosti jedrske energije / Cizelj Leon.....	82
Natura 2000 in ohranjanje narave, spodbude ali ovire pri razvoju elektroenergetskega omrežja / Kregar Aleš..	86
Sprejemljive in „nesprejemljive“ metode žlahtnjenja rastlin kot del boja za racionalno odločanje v okoljevarstvu / Bohanec Borut.....	91
No fossil fuels - no food / Senegačnik Andrej.....	93
Nemški energetske prehod ter njegove politične in gospodarske posledice / Povh Dušan.....	97
Miti in resnice o elektromagnetnem sevanju / Lipič Karel.....	100
<i>Indeks avtorjev / Author index</i>	105

Zbornik 27. mednarodne multikonference
INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2024
Zvezek D

Proceedings of the 27th International Multiconference
INFORMATION SOCIETY – IS 2024
Volume D

Miti in resnice o varovanju okolja
Myths and Truths About Environmental Protection

Uredniki / Editors

Rafael Mihalič, Tomaž Ogrin, Erik Margan

<http://is.ijs.si>

9. oktober 2024 / 9 October 2024
Ljubljana, Slovenia

Multikonferenca Informacijska družba 2024
Konferenca o mitih in resnicah o varovanju okolja
Otvoritveni nagovor

Information Society Multyconference 2024
Conference on Myths and Truths of Environmental Protection
Opening address

V veliko zadovoljstvo in čast nam je, da vas lahko ponovno pozdravimo na letošnji konferenci o okolju v okviru zdaj že tradicionalne Multikonference Informacijska družba. Zahvaljujemo vam, da ste se tako številčno odzvali na naš poziv z vašimi prispevki in predstavitvami.

Tema letošnje konference je kmetijstvo in gozdarstvo v luči nove evropske zakonodaje na teh področjih. Pri tem pa gre za mnogo širše probleme v povezavi z varstvom okolja in podnebnih sprememb, zato je nujno vključiti v razpravo tudi poročila s teh drugih področij, posebej energetike. Ravno tako se ni mogoče izogniti razpravi o nekaterih teoretičnih vidikih, ki so osnova ukrepov za preprečevanje in blaženje posledic podnebnih sprememb.

Podnebne spremembe so postale modni dodatek razpravam, človeški vpliv pa je razglašen za poglobitni vzrok in krivca za vse probleme, ki so se pojavili v zadnjih desetletjih.

Med tem ko spremembe namembnosti zemljišč zagotovo vplivajo na lokalne podnebne razmere, tega pa z enako znanstveno strogostjo ni mogoče trditi za vpliv ispastov toplogrednih plinov na globalni ravni. Med tem ko izpuste toplogrednih plinov spremljamo z nesorazmerno veliko pozornostjo, resne okoljske škode povzročene z drugimi onesnažujočimi dejavniki komaj kdaj omenjamo.

It is a great pleasure and honour to be able to welcome you all once again on behalf of the editorial board of the Information Society Multiconference, and to thank you for your submission of articles and presentations at the Conference on Myths and Truth of Environmental Protection.

This year's main theme is agriculture and forest management in the light of the latest European legislation on this subject. However, as this is just a segment of the much broader problem of both environmental protection and climate change, we have included a number reports on related topics of energy supply and consumption, as well as some theoretical basis for assessing the necessity to mitigate climate change.

Climate change has become a fashion issue during the last couple of decades, and the anthropogenic influence on it has been declared the main cause and a guilt for almost every aspect of problems that have recently emerged in the modern society.

While land use change certainly affects local climate to some extent, the influence of greenhouse gases emissions on global climate has been determined to a much lower certainty than the scientific rigor requires. The question of greenhouse gases has received a disproportionate attention; the question of environmental damage by other pollutants has been discussed only marginally.

Med tem ko je človekov vpliv na podnebje še vedno do določene mere znanstveno vprašljiv, vsaj glede vzrokov ekstremnih vremenskih pojavov, je za večino medijev in politično elito znanost dorečena in je čas za ukrepanje. Podnebna znanost je postala močno politizirana.

Po besedah Rimskega kluba, vplivnega idejnega podnebnega združenja ter svetovalnega telesa Organizacije združenih narodov:

"Skupni sovražnik človeštva je človek. Pri iskanju novega nasprotnika, ki naj bi nas poenotil, smo prišli do spoznanja, da so onesnaževanje, ogrožajoče podnebne spremembe, pomanjkanje vode in hrane, ter življenja nasploh, ustrezni dejavniki nevarnosti, ki jih s svojim delovanjem povzročata človek. Le s spremembami naravnosti in obnašanja lahko te nevarnosti prebrodimo. Resnični sovražnik je človeštvo samo."

"Človeštvo je odprlo vrata pekla", je v svoji nedavni konferenci za novinarje povedal generalni sekretar Združenih narodov Antonio Guterres.

Po drugi strani pa najnovejše Šesto poročilo IPCC v poglavju 11 na strani 1520 oznanja:

"Pogostost prihodnjih sicer redkih, toda udarnih dogodkov povezanih s podnebnimi skrajnostmi je na splošno povezana z nizko verjetnostjo, čeprav jih ni mogoče izključiti, zlasti ob globalnem segrevanju nad 4°C."

In še na strani 1608:

"Če povzamemo; posamezne povezave med spremembami povprečnih in skrajnih pogojev so močno odvisni od opazovanih dejavnikov ali pojavov. Na lokalni ravni so spremembe povprečnih in skrajnih temperatur površja močno povezane, med tem ko je povezava sprememb povprečnih in skrajnih padavin pogosto šibka. Oboje, spremembe povprečnih in skrajnih pogojev, se močno razlikujejo med različnimi območji zaradi učinkov lokalnih in regionalnih procesov."

While the science of human influence on climate is still controversial to some extent, at least in regard to its impact on the frequency and intensity of extreme weather events, for the mass media and most of the political elite the science is settled and it is now time for action. Climate science has become highly politicized.

In the words of the Club of Rome, a premier environmental think-tank, consultants to United Nations:

"The common enemy of humanity is men. In searching for a new enemy to unite us, we came up with the idea that pollution, the threat of global warming, water shortages, famine, and the life, would fit the bill that dangers are caused by human intervention. It is only by changed attitudes and behaviours that they can be overcome. The real enemy is humanity itself."

"Humanity Has Opened the Gates of Hell" is one of the recent statements at a press conference by the UN Secretary General Antonio Guterres.

On the other hand, the latest IPCC Sixth Assessment Report acknowledges in Chapter 11, page 1520:

"The future occurrence of low-likelihood, high-impact events linked to climate extremes is generally associated with low confidence, but cannot be excluded, especially at global warming levels above 4°C."

And on page 1608:

"In summary, the specific relationship between changes in average and extreme conditions strongly depends on the variable or phenomenon being considered. At the local scale, average and extreme surface temperature changes are strongly related, while average and extreme precipitation changes are often weakly related. For both variables, the changes in average and extreme conditions vary strongly across different places due to the effect of local and regional processes."

V zanjem času so podnebne spremembe povzročile tudi problem uveljavljana zakonov. Predlagane rešitve za omilitev domnevnih groženj pogosto ustvarijo več novih problemov, rešujejo pa jih malo ali nič. Predlagana zakonodaja pa pogosto povzroča ravno nasprotno učinke, kar je postalo očitno zlasti pri vplivih na avtomobilsko in drugo težko industrijo, kot tudi na poljedelstvo in gospodarjenje z gozdovi.

Največji problem pa verjetno leži v popolnem pomanjkanju komunikacije in dialoga med vladami in prizadetimi deležniki. Zato je to prvo kar moramo spremeniti, če želimo uveljaviti realne rešitve za realne probleme.

Upamo, da bo ta konferenca korak v to smer.

Konferenčni uredniški odbor
Ljubljana, 9. Oktobra, 2024

Lately the question of climate change has become also an executive problem. Solutions suggested to mitigate the alleged problems often produce more new problems, while solving little or nothing. And the proposed legislation is often counterproductive, which has become evident mostly in its impact on automotive and other heavy industry, as well as on agriculture and forest management.

Probably the greatest problem is a complete lack of communication and dialogue between the governments and the affected parties, and this needs to change first, if we are to establish real solutions to real problems.

Hopefully this conference will be a step in that direction.

Conference editorial board
Ljubljana, October 9th, 2024

PROGRAMSKI ODBOR / PROGRAMME COMMITTEE

Rafael Mihalič

Tomaž Ogrin

Erik Margan

LCA data conforms to Benford's law

Podatki LCA se ujemajo z Benfordovim zakonom

Bogdan Šinik
bogdan.sinik@famnit.upr.si
UP FAMNIT
Koper, Slovenia

Aleksandar Tošić
aleksandar.tosic@upr.si
UP FAMNIT, InnoRenew CoE
Koper, Slovenia

Abstract

Life cycle assessment (LCA) has been established as the standard method for evaluating environmental impacts of products, and processes. However, ISO standards depicting the application of these standards are tailored more towards LCA practitioners and less on the data acquisition and quality. The data acquisition process lacks robustness, with significant decision-making and quality control entrusted to practitioners. Given the lack of incentives for industry participants to submit high-quality data, the integrity of LCA databases may be questionable. Moreover, in some cases, participants may be incentivised to protect their data from competition. To address these concerns, data is carefully studied by external experts to verify their credibility. However, it is not entirely clear how these experts are chosen, nor how trust is established. In this paper, we apply a well known method Law of anomalous numbers, commonly referred to as Benford's law in order to test the conformity of commonly used LCA databases. Our results on testing Ecoinvent, one of the most widely used LCA databases, show that LCA data strongly conforms to Benford's law. Moreover, our analysis includes 5 additional publicly available LCA databases, which also conformed with the exception of Bioenergiedat, which is likely due to the low number of observations. Finally, we tested individual properties given by Ecoinvent and establish that very few columns (<5%), which pass the criteria for Benford's analysis, are non-conforming. Although interesting, these results call for a more fine-grained analysis as future work.

Abstract

Življenjski cikel izdelka (LCA) se je uveljavil kot standardna metoda za ocenjevanje okoljskih vplivov izdelkov in procesov. Vendar pa so standardi ISO, ki določajo uporabo teh metod, bolj prilagojeni strokovnjakom za LCA in manj usmerjeni v pridobivanje kakovost podatkov. Proces pridobivanja podatkov ni zelo robusten, saj je veliko odločitev in nadzora nad kakovostjo prepuščenih izvajalcem. Glede na pomanjkanje spodbud za udeležence iz industrije, da oddajo kakovostne podatke, je lahko integriteta baz podatkov LCA vprašljiva. Poleg tega so udeleženci v nekaterih primerih lahko motivirani, da zaščitijo svoje podatke pred konkurenco. Da bi naslovili te pomisleke, podatke natančno preučijo zunanji strokovnjaki, da bi preverili njihovo verodostojnost. Vendar ni povsem jasno, kako so ti strokovnjaki izbrani in kako se vzpostavlja zaupanje. V tem prispevku uporabljamo dobro znano metodo "zakon anomalnih števil", pogosto imenovano Benfordov zakon, da bi preizkusili skladnost podatkov, ki

se uporabljajo v najpogosteje uporabljenih bazah podatkov LCA. Naši rezultati preizkusa Ecoinvent, ene najpogosteje uporabljenih baz podatkov LCA, kažejo, da se podatki LCA močno ujemajo z Benfordovim zakonom. Poleg tega naša analiza vključuje še pet drugih javno dostopnih baz podatkov LCA, ki so prav tako skladne, z izjemo Bioenergiedata, kar je verjetno posledica majhnega števila podatkov. Nazadnje smo preizkusili posamezne lastnosti, ki jih ponuja ecoinvent, in ugotovili, da zelo malo stolpcev (manj kot 5 %), ki izpolnjujejo kriterije za Benfordovo analizo, ni skladnih. Čeprav so rezultati zanimivi, ti kličejo po podrobnejši analizi v prihodnosti.

Keywords

LCA, Benford's Law, Anomaly Detection

Keywords

LCA, Benfordov zakon, odkrivanje anomalij

1 Introduction

Life Cycle Assessment (LCA) is a systematic methodology for evaluating the environmental impacts of a product, process, or service throughout its entire life cycle. This encompasses all stages from raw material extraction, production, use, and disposal or recycling. The main goal of LCA is to identify opportunities for improving environmental performance and making informed decisions regarding sustainability.

- (1) Goal and Scope Definition: Establishing the purpose, boundaries, and scope of the assessment.
- (2) Inventory Analysis (LCI): Compiling an inventory of relevant energy and material inputs and environmental releases.
- (3) Impact Assessment (LCIA): Evaluating the potential environmental impacts associated with the inputs and releases identified in the inventory analysis.
- (4) Interpretation: Analyzing results to make informed decisions, identify significant issues, and suggest improvements.

Life Cycle Assessment (LCA) is used in various industries and sectors to promote sustainable practices, reduce environmental footprints, and support regulatory compliance. It is recognized as a crucial tool for environmental management and policy-making [6]. Considerable effort has been made over the past decade in an attempt to alleviate early criticism about data quality and trustworthiness [1]. Over the last few years many different tools have been made to assess these problems, but there is still not standard that could be used on all LCA datasets [4]. It was shown that results of LCA for some processes were variable over time which makes it hard to find statistical tool that could easily assess the trustworthiness and reliability of the data. [11] This is the reason why we decided to use Benford's law as a good indicator. It is also known as first-digit law and is very often used for fraud

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

<https://doi.org/https://doi.org/10.70314/is.2024.env.1>

detection [8]. It was perfect choice for our research since it did not require a lot of domain specific knowledge and is not influenced by variability over time. For this purpose we have decided to analyze Ecoinvent database as it has established itself as one of the most used databases due to the amount of data, and tooling provided. More details about databases available in the literature [10, 17, 9].

2 Literature review

We have checked many sources that motivated us to check how good Benford's law would be for detecting inconsistencies in data. It is estimated that less than 20% of papers related to LCA conducted any kind of uncertainty analysis. [2]

Research conducted by Aalto University, Finland [16], compared numbers from five different LCA databases to compare amount of green house gases produced during the creation of the buildings. The findings indicate that the databases exhibit comparable patterns in the evaluation outcomes, with consistent disparities in scale across the reference buildings observed across all databases. Additionally, it was disclosed that there are significant disparities in the numerical values across the databases at some locations, and these disparities come from several data fragments.

Early research offered a comparative analysis of 26 sulfate pulp mills in Sweden, focusing on the quantified emissions released into the air and water between 1986 and 1993. The analysis revealed significant variations in annual emission variables across a group of companies. The emission parameters for most water emissions were not influenced by the annual production rates of pulp. [11]

A more recent study statistical analysis of elemental flows in commonly used LCA and LCIA databases and software was analysed [7]. The main conclusions of the study signaled considerable shortcomings in flow clarity, consistency, and extensibility in elementary flows. However, no common method of identification was proposed.

Moreover, the objectiveness of the evaluators responsible for data integrity has been highlighted as crucial to LCA database quality [13]. While this may be self-evident, a bigger concern would be when objectiveness is not guaranteed.

3 Methodology

The first-digit law is an observation about the frequency distribution of leading digits. It is also known as the Newcomb–Benford law or Benford's law. It has been apparently first discovered by polymath Newcomb and published in [14] and later rediscovered by physicist F. Benford and presented in [3]. The Benford's law [15] defines a fixed probability distribution for leading digits of any kind of numeric data with the following requirements:

- Data with values that are formed through a mathematical combination of numbers from several distributions.
- Data that has a wide variety in the number of figures (e.g., data with plenty of values in the hundreds, thousands, tens of thousands, etc.)
- Data set is fairly large, as a rule of a thumb at least 50 – 100 observations [12].
- Data is right skewed (i.e., the mean is greater than the median), and the distribution has a long right-tail rather than being symmetric.
- Data has no predefined maximum or minimum value (with the exception of a zero minimum).

The distribution of digits is presented in Figure 1; the digit 1 occurs in roughly 30 % of the cases, and the other digits follow in a logarithmic curve. It has been shown that this result applies to a wide variety of data sets [15], including electricity bills, street addresses, stock prices, house prices, population numbers, death rates, and lengths of rivers. The equation for the distribution of the first digits of observed data is given in Equation 1.

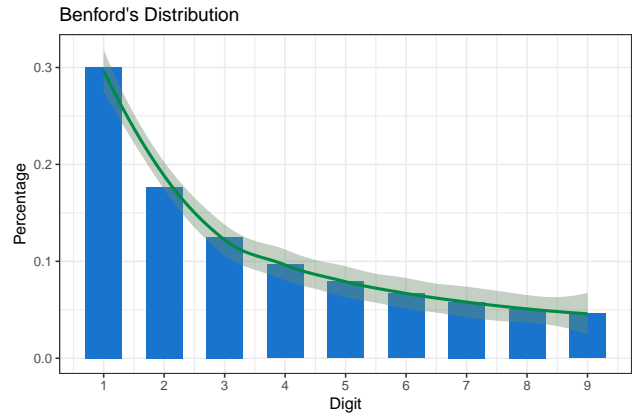


Figure 1: A graphical representation of the Benford's distribution

$$P(d) = \log_{10}(d + 1) - \log_{10}(d) = \log_{10}\left(1 + \frac{1}{d}\right) \quad (1)$$

We utilized the benford.analysis package [5] in R for our research. There were no instances of missing values denoted by "NA" in the form, although there were numerous occurrences of zeros. The Benford function automatically disregarded any zero values, eliminating the necessity for their removal. We needed to extract a subset of the data that includes only columns containing numerical values. The Benford function was modified to accommodate negative numbers as well, as the sign was irrelevant for our specific investigation. The Ecoinvent dataset comprises 2654 columns, of which 2648 are numeric and were utilized in the analysis. Within the 2648 columns, we have identified a total of 1190 distinct chemical substances. These substances have been categorized into five classes according to their place of release: Air, Water, Soil, Natural Resources, and Inventory Indicator.

4 Results

We have demonstrated that a significant proportion of the columns in the Ecoinvent database conform to Benford's law, specifically 2193 out of 2648. The majority of non-conforming cases had a significant number of missing values, resulting in an insufficient amount of data for analysis. Only 70 columns met the criteria of having sufficient observations and not conforming. Figure 2 shows proportion of columns that conform and those that do not. We can see that our R package also divides conformity into four levels: close conformity, acceptable conformity, and marginally acceptable conformity. For our research we have counted all levels of conformity as the same since we can't expect data to conform perfectly in real life.

In order to show that LCA data generally conforms to Benford's law, in addition to Ecoinvent, which underwent individual column testing, other databases were examined as a whole using the Benford method. These databases are open source and available online, and even though they are not as big and detailed as

Database	ChiSq	ChiSqP	MantissaArcTest	MantissaArcTestP	MADConformity	MAD	Number of Observations
Ecoinvent	247.684	0	0.033	0	Close conformity	0	49031793
Worldsteel	44.56	0	0.039	0	Close conformity	0.002	73044
OzLCI2019	63.034	0	0.036	0	Close conformity	0.002	178940
Greendelta	29.375	0	0.032	0	Close conformity	0.001	205344
Needs	150.271	0	0.034	0	Close conformity	0.001	808382
Bioenergiestat	29.626	0	0.053	0	Nonconformity	0.018	834

Table 1: Statistical indicators of Benford’s conformity for LCA databases studied.

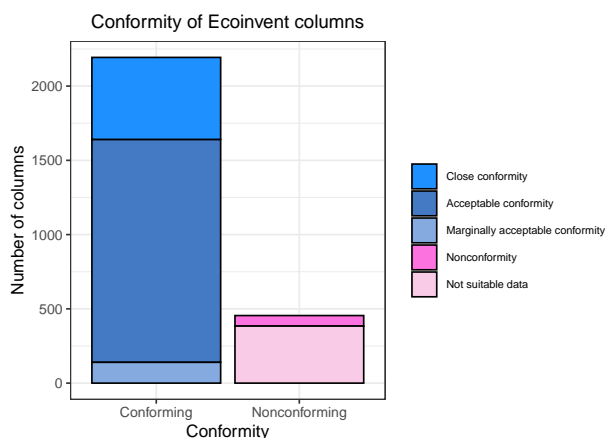


Figure 2: Conformity of Ecoinvent columns

Ecoinvent, they also conformed. From the Figure 3 we can see that all of these databases conformed with the testing, except for one that was outdated and lacked sufficient data. By visual inspection, the last database appears acceptable, however, from a statistical standpoint, it does not meet the required criteria. Table 1 shows all statistical values produced by our Benford function. As aforementioned, the Bioenergiestat ¹ stands out as the only non-conforming LCA database due to the low amount of observations (n=834), the credibility of this statistical test is questionable. For other databases, all statistical conformity tests signal strong conformity with the expected distribution, which results into a Close conformity according to commonly used MAD conformity test. All open source databases were found on OpenLCA Nexus website ². Worldsteel ³ presents comprehensive worldwide and regional Life Cycle Inventory (LCI) data for 16 different steel products, ranging from hot rolled coil to plate, rebar, sections, and coated steels. This study was conducted using the world-steel LCI methodology report and ISO standards 14040 and 14044. It is considered the most extensive and precise LCI dataset for steel products worldwide. OzLCI2019 ⁴ is a free LCA database created by The Evah Institute in Australia. The database covers the supply of goods from the Australasian area, including imports, and was created using openLCA. Greendelta ⁵ is focused on providing secondary data for Product Environmental Footprints (PEFs) within the openLCA software. The objective is to address the environmental effects of products, such as carbon emissions, by creating a standardized European approach for evaluating

and categorizing items. Needs ⁶ database was established by the NEEDS (New Energy Externalities Developments for Sustainability) project and contains life cycle inventories of future energy supplies in Europe. The dataset includes life cycle inventory (LCI) information related to upcoming transportation services, power, and material supply in the industrial sector. Bioenergiestat was developed as part of the German BioEnergieDat project and was finalized in February 2013. The objective of the project was to establish supply chains for bioenergy alternatives, with a particular focus on the German context. The primary focus was on bioenergy derived from wood and wastewood, wheat, and biowaste.

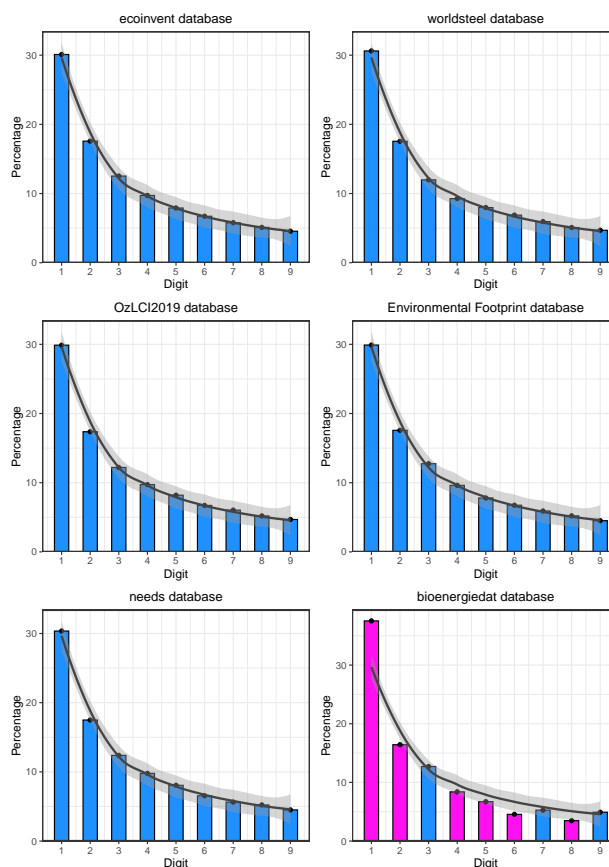


Figure 3: Comparison of first digit distribution between different databases

¹<https://bioenergiestat.de/>

²<https://nexus.openlca.org/>

³<https://worldsteel.org/>

⁴<http://www.evahnaturepositive.com/>

⁵<https://www.greendelta.com/>

⁶<https://nexus.openlca.org/database/NEEDS>

5 Conclusion and future work

Our analysis has determined that, generally, LCA data should conform to Benford's law. The results were consistent with expectations and demonstrated that this straightforward statistical approach can be employed to evaluate first assessments of data reliability. We anticipated that the entire LCA dataset would conform, while we acknowledged the possibility that certain minor components would not. Non-conformity in the results does not imply the inaccuracy or fabrication of the data; rather, it indicates the necessity for expert verification. Establishing general conformity is a stepping stone, as the method can be used to reliably test for database anomalies quickly and efficiently. However, nonconformity would still require expert assessment to determine the reasons. Typically, anomalies might be statistically undetectable in large number of observations. This is commonly addressed by sub-sampling the data. By testing individual parameters, we have shown that for Ecoinvent, almost all are conforming (>95%). Future work should include other sub-sampling techniques such as geographic location, compartment (Air, Water, Soil, Natural Resources, and Inventory Indicator), and others. These approaches might provide a more granular view and possibly be able to detect anomalies in individual sub-samples, thereby making subsequent analysis easier and more accurate.

(part i): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1218–1230.

References

- [1] Robert U. Ayres. 1995. Life cycle analysis: a critique. *Resources, Conservation and Recycling*, 14, 3, 199–223. Life Cycle Management. doi: [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(95\)00017-D](https://doi.org/10.1016/0921-3449(95)00017-D).
- [2] Nicole Bamber, Ian Turner, Vivek Arulnathan, Yang Li, Shiva Zargar Ershadi, Alyssa Smart, and Nathan Pelletier. 2020. Comparing sources and analysis of uncertainty in consequential and attributional life cycle assessment: review of current practice and recommendations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 168–180. doi: [10.1007/s11367-019-01663-1](https://doi.org/10.1007/s11367-019-01663-1).
- [3] Frank Benford. 1938. The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American philosophical society*, 551–572.
- [4] Anna E. Björklund. 2002. Survey of approaches to improve reliability in lca. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7, 2, 64–72. doi: [10.1007/BF02978849](https://doi.org/10.1007/BF02978849).
- [5] Carlos Cinelli and Maintainer Carlos Cinelli. 2022. Package 'benford. analysis'. *Benford analysis for data validation and forensic analytics. Version 0.1*, 5.
- [6] Mary Ann Curran. 2013. Life cycle assessment: a review of the methodology and its application to sustainability. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 2, 3, 273–277. Energy and environmental engineering / Reaction engineering and catalysis. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coche.2013.02.002>.
- [7] Ashley Edelen, Wesley W Ingwersen, Cristina Rodríguez, Rodrigo AF Alvarenga, Artur Ribeiro de Almeida, and Gregor Wernet. 2018. Critical review of elementary flows in lca data. *The international journal of life cycle assessment*, 23, 1261–1273.
- [8] R. M. Fewster. 2009. A simple explanation of benford's law. *The American Statistician*, 63, 1, 26–32. eprint: <https://doi.org/10.1198/tast.2009.0005>. doi: [10.1198/tast.2009.0005](https://doi.org/10.1198/tast.2009.0005).
- [9] Rolf Frischknecht and Gerald Rebitzer. 2005. The ecoinvent database system: a comprehensive web-based lca database. *Journal of Cleaner Production*, 13, 13–14, 1337–1343.
- [10] Rolf Frischknecht et al. 2005. The ecoinvent database: overview and methodological framework (7 pp). *The international journal of life cycle assessment*, 10, 3–9.
- [11] Ole Jørgen Hanssen and Odd Andreas Asbjørnsen. 1996. Statistical properties of emission data in life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 4, 3, 149–157. doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(96\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(96)00041-8).
- [12] David A Kenny. 2015. Measuring model fit. (2015).
- [13] Alejandro Martínez-Rocamora, Jaime Solís-Guzmán, and Madelyn Marrero. 2016. Lca databases focused on construction materials: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 565–573.
- [14] Simon Newcomb. 1881. Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers. *Amer. J. Math.*, 4, 1–4, 39–40. doi: [10.2307/2369148](https://doi.org/10.2307/2369148).
- [15] Tommie W Singleton. 2011. IT Audit Basics: Understanding and Applying Benford's Law. *Isaca Journal*, 3, 6.
- [16] Atsushi Takano, Stefan Winter, Mark Hughes, and Lauri Linkosalmi. 2014. Comparison of life cycle assessment databases: a case study on building assessment. *Building and Environment*, 79, 20–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.025>.
- [17] Gregor Wernet, Christian Bauer, Bernhard Steubing, Jürgen Reinhard, Emilia Moreno-Ruiz, and Bo Weidema. 2016. The ecoinvent database version 3

Liquid Neural Network in Modelling Rainfall-Runoff

Henok Teklu[†]

Applied Artificial Intelligence

Alma mater Eurapae
Slovenska ulica 17, 2000
Maribor, Slovenia
henok.teklu@almater.si

Matjaz Gams

Applied Artificial Intelligence

Jozef stefan
Jamova 39, Slovenia, Ljubljana
matjaz.gams@ijs.si

Maciej Wielgosz

Applied Artificial Intelligence

Alma mater Eurapae
Slovenska ulica 17, 2000
Maribor, Slovenia
wielgosz1@gmail.com

ABSTRACT

This study explores the use of Liquid Neural Networks (LNNs) to predict runoff for one, three, and six days ahead, highlighting their superior performance compared to traditional models such as Artificial Neural Networks (ANNs), Model Trees (MTs), and Long Short-Term Memory (LSTM) networks. LNNs leverage a dynamic reservoir of neurons, enabling them to capture complex temporal dependencies inherent in the rainfall-runoff process. The study employs a case analysis of the Sieve River basin, using historical hydrological data to train and evaluate the models. The results demonstrate that LNNs consistently outperform other models across all prediction horizons, achieving the lowest Root Mean Square Error (RMSE) and Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) values, and the highest Coefficient of Efficiency (COE). This indicates that LNNs are highly effective for both short-term and long-term hydrological forecasting, offering significant potential for enhancing water resource management and flood prediction strategies.¹

KEYWORDS

Liquid Neural Networks, Runoff Prediction, Hydrological Forecasting, Temporal Dependencies, Machine Learning, Rainfall-Runoff Modeling

POVZETEK

Ta študija raziskuje uporabo Liquid Neural Network (LNN) za napovedovanje odtoka vode (runoff) en, tri in šest dni vnaprej. LNN je vrsta rekurentne nevronske mreže, ki ohranja dinamično stanje nevronov, kar omogoča zajemanje kompleksnih časovnih vzorcev v podatkih.

Raziskava se osredotoča na bazen reke Sieve v Toskani, Italija, in vključuje podatke o padavinah, evapotranspiraciji in odtoku v obdobju treh mesecev. Rezultati kažejo, da LNN dosledno presega tradicionalne metode, kot so Artificial Neural Networks (ANN), Model Trees (MT) in Long Short-Term Memory (LSTM) omrežja, pri vseh napovedovalnih horizontih (1, 3, 6 dni). LNN se je izkazal za najučinkovitejšega pri obvladovanju

tako kratkoročnih kot dolgoročnih napovedi, kar nakazuje na njegov potencial pri izboljšanju hidroloških napovedi in upravljanju z vodnimi viri.

KLJUČNE BESEDE

Liquid Neural Networks, napovedovanje odtoka, hidrološko napovedovanje, časovne odvisnosti, strojno učenje, padavinsko-odtočno modeliranje

1 Introduction

Rainfall-runoff models are essential tools in hydrology used to simulate the transformation of rainfall into runoff, a process critical for water resource management, flood forecasting, and environmental protection. These models help understand and predict how precipitation translates into river discharge, which is vital for designing infrastructure, managing water resources, and mitigating the impacts of extreme weather events.

Traditionally, rainfall-runoff models have employed a variety of algorithms ranging from empirical and conceptual models to more sophisticated data-driven techniques. Among the data-driven approaches, Artificial Neural Networks (ANNs) and Model Trees (MTs) have been extensively used due to their ability to capture complex nonlinear relationships between rainfall and runoff [1, 2]. ANNs, inspired by the human brain, consist of interconnected nodes (neurons) that process input data to produce an output. They are highly effective in identifying patterns and making predictions based on historical data [3]. On the other hand, Model Trees are decision tree-based models that combine linear regression at the leaves, offering a more interpretable approach while maintaining good predictive performance (Quinlan, 1992).

In addition to ANNs and MTs, Long Short-Term Memory (LSTM) networks and other recurrent neural networks (RNNs) have gained popularity for rainfall-runoff modeling. LSTMs are a type of RNN specifically designed to capture long-term dependencies in sequential data by addressing the vanishing

¹ Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

gradient problem common in traditional RNNs [4]. LSTMs and similar architectures like Gated Recurrent Units (GRUs) have shown promise in modeling time series data due to their ability to maintain and update a memory state over long sequences, making them well-suited for hydrological forecasting [1].

While these methods have proven effective for short-term and moderately long-term predictions, their performance tends to degrade over even longer lead times. This limitation is partly due to the static nature of these models, which may struggle to capture the dynamic temporal dependencies inherent in the rainfall-runoff process. Consequently, there is a growing interest in exploring more advanced neural network architectures that can better handle temporal data.

2 Modelling

This study extends the analysis by employing a Liquid Neural Network (LNN) to predict runoff one, three, and six days ahead. LNNs are a type of recurrent neural network that maintain a dynamic reservoir of internal states, allowing them to capture complex temporal patterns in data. Unlike traditional neural networks, which rely on static weights and activations, LNNs leverage a constantly changing network of neurons, making them particularly suitable for modeling temporal data.

The results of this study indicate that the LNN can effectively capture the temporal dependencies in the rainfall-runoff transformation process. By leveraging the dynamic behavior of neurons, the LNN can model short-term and medium-term dependencies and provide accurate predictions for runoff one day, three days, and even six days ahead. This promising approach offers significant potential for improving hydrological forecasting over longer lead times, essential for effective water resource management, flood prediction, and planning.

3 Liquid Neural Networks and Their Architecture

3.1 Introduction to Liquid Neural Networks

Liquid Neural Networks (LNNs) represent an advanced approach to recurrent neural network design. LNNs maintain a reservoir of dynamic states, enabling them to capture complex temporal dependencies and patterns in data. This feature makes LNNs particularly well-suited for tasks involving time-dependent data and dynamic systems [5, 6].

3.2 Key Concepts and Mechanisms

Dynamic Reservoir: LNNs consist of a reservoir of interconnected neurons with time-varying states. The reservoir's dynamic nature allows it to process and retain information over varying time scales, making it effective for modeling temporal dependencies.

Temporal Processing: The temporal processing capability of LNNs allows them to capture and model the evolution of time-series data more effectively than static neural networks.

Training: LNNs typically involve training only the output layer, while the reservoir dynamics are left untrained but fixed, which simplifies the learning process and allows for efficient handling of temporal data [7].

3.3 Architecture of Liquid Neural Networks

Neurons: Dynamic Neurons: Neurons in LNNs have time-dependent states that evolve based on their interactions with other neurons in the reservoir.

Synapses: Adaptive Synapses: Synapses in LNNs can adapt based on the input data, allowing the network to learn temporal patterns.

Network Topologies: Reservoir Computing: LNNs employ a fixed, randomly connected recurrent network (the reservoir) to project input signals into a higher-dimensional space, facilitating the capture of temporal patterns [5].

3.4 Advantages of Liquid Neural Networks

Temporal Dynamics: LNNs naturally handle time-series data and dynamic processes, making them well-suited for tasks such as speech recognition, event detection, and time-dependent predictions [6].

Energy Efficiency: Due to their dynamic nature, LNNs can be more energy-efficient than traditional neural networks, as they maintain a dynamic equilibrium rather than constantly recalculating static weights.

Biological Plausibility: By mimicking the brain's dynamic processing of information, LNNs provide insights into biological neural processes and can be used to study and model neural behavior.

3.5 Challenges and Future Directions

Training Complexity: Training LNNs can be challenging due to the complex dynamics of the reservoir. Researchers are exploring various approaches to optimize training and improve performance [7, 8].

Computational Resources: Although LNNs are theoretically efficient, simulating large-scale LNNs can be computationally intensive. Advances in neuromorphic hardware aim to address these challenges by providing specialized hardware for efficient LNN simulation [9].

4 Case Study

The study focused on the Sieve River basin, situated in the Tuscany region of Italy, with a drainage area of 822 km². The Sieve River, a tributary of the Arno River, extends for 56 km

through predominantly hilly and mountainous terrain. The climate in this basin is temperate and humid.

For this analysis, three months' worth of hourly data on discharge (Q), precipitation (R), and evapotranspiration (E) were available, covering December 1959 to February 1960 and comprising 2,160 data points. This dataset includes a variety of hydrological conditions, with flow rates spanning a wide range.

5 Result and Discussion

This document provides a detailed overview of the implementation of a Fluid Neural Network (FNN) for predicting rainfall-runoff processes. The aim is to forecast runoff for one, three, and six days ahead using historical data. The model leverages PyTorch for the neural network implementation and integrates a dynamic adjustment mechanism to optimize the number of active units in the fluid cells, enhancing its ability to handle varying input data complexity.

5.1 Data Preparation

The dataset includes various hydrological parameters such as precipitation, evapotranspiration, and river discharge. The features (inputs) and target variables (outputs) are extracted and normalized to ensure that all variables contribute equally to the model training process. StandardScaler from Scikit-Learn is used to standardize the features by removing the mean and scaling to unit variance.

5.2 Model Architecture

The core of this approach is the Fluid Neural Network, a variant of the LSTM (Long Short-Term Memory) network designed to dynamically adjust the number of active units based on the input variance. This fluid behavior optimizes the model's performance, especially for time-series data with varying temporal dependencies.

1. **Fluid LSTM Cell:** This cell dynamically adjusts the number of active units based on the variance of the input data. High variance input activates more units, allowing the model to capture complex patterns, while low variance input activates fewer units to prevent overfitting and reduce computational load.
2. **Fluid LSTM Network:** The network consists of multiple layers of Fluid LSTM cells. Each layer processes the sequential data and passes the hidden states to the next layer. Dropout is applied to prevent overfitting.
3. **Fully Connected Layer:** After processing through the Fluid LSTM layers, the final hidden state is passed to a fully connected (linear) layer that maps the high-dimensional output to the desired number of outputs, which in this case are the runoff predictions for one, three, and six days ahead.

5.3 Training the Model

The training process involves the following steps:

1. **Data Loader:** The training data is loaded in batches using PyTorch's DataLoader to facilitate efficient training and allow the use of GPUs for acceleration.
2. **Loss Function and Optimizer:** Mean Squared Error (MSE) is used as the loss function to measure the difference between the predicted and actual runoff values. The Adam optimizer is chosen for its efficiency in handling sparse gradients and adaptive learning rate.
3. **Training Loop:** The model is trained over several epochs. In each epoch, the model processes each batch of data, computes the loss, performs backpropagation to calculate gradients, and updates the model parameters using the optimizer. The average loss per epoch is monitored to track the training progress.

5.4 Model Evaluation and Predictions

After training, the model is evaluated on the test set to measure its performance. The test loss is computed to assess how well the model generalizes to unseen data. Additionally, the trained model is used to make predictions, which are then compared to actual runoff values to validate the model's accuracy.

5.5 Results

The Fluid Neural Network demonstrated superior performance in predicting runoff compared to traditional models, particularly for longer lead times. For the six-day prediction horizon, the model showed significant improvements in accuracy, attributed to its ability to dynamically adjust to the temporal dependencies in the data. Results are presented in Table 1.

6 Discussion and Conclusion

6.1 Discussion

The comparison of the models' performance across different prediction horizons (Day 1, Day 3, and Day 6) reveals significant insights into their efficiency and accuracy.

Artificial Neural Network (ANN):

For short-term predictions (Q_{+1}), ANN demonstrates reasonable accuracy with an RMSE of 5.175 m³/s, an NRMSE of 0.106 m³/s, and a COE of 0.9886.

However, as the prediction horizon extends to Q_{+3} and Q_{+6} , the performance of ANN deteriorates, with RMSE values increasing to 11.353 m³/s and 19.402 m³/s, respectively. Correspondingly, COE values decrease, indicating reduced model efficiency.

M5 Model tree:

The MT model exhibits superior performance compared to ANN for short-term predictions, with an RMSE of 3.612 m³/s, an NRMSE of 0.074 m³/s, and a COE of 0.9944 for Q_{+1} .

For Q_{+3} , the RMSE rises to 12.548 m^3/s , and the COE drops to 0.9331, demonstrating a noticeable decline in performance for medium-term predictions.

For Q_{+6} , the RMSE further increases to 21.547 m^3/s , and the COE falls to 0.8028, indicating significant prediction errors and reduced model reliability for long-term predictions.

Long Short-Term Memory (LSTM):

LSTM models outperform both ANN and MT across all prediction horizons. For Q_{+1} , the RMSE is 3.200 m^3/s , the NRMSE is 0.066 m^3/s , and the COE is 0.9952.

Even for medium-term (Q_{+3}) and long-term (Q_{+6}) predictions, LSTM maintains relatively lower RMSE values of 10.500 m^3/s and 18.000 m^3/s , and higher COE values of 0.9550 and 0.8600, respectively.

Liquid Neural Network (LNN):

The LNN model consistently exhibits the best performance across all metrics and prediction horizons. For Q_{+1} , it achieves an RMSE of 2.800 m^3/s , an NRMSE of 0.058 m^3/s , and a COE of 0.9960.

Table 1: Results

Prediction	ANN:			MT:			LSTM:			LNN:		
	RMSE (m^3/s)	NRMSE (m^3/s)	COE	RMSE (m^3/s)	NRMSE (m^3/s)	COE	RMSE (m^3/s)	NRMSE (m^3/s)	COE	RMSE (m^3/s)	NRMSE (m^3/s)	COE
Q_{+1}	5.175	0.106	0.9886	3.612	0.074	0.9944	3.2	0.066	0.9952	2.8	0.058	0.996
Q_{+3}	11.353	0.234	0.9452	12.548	0.258	0.9331	10.5	0.216	0.955	9.5	0.195	0.96
Q_{+6}	19.402	0.399	0.8401	21.547	0.443	0.8028	18	0.37	0.86	16	0.329	0.88

For Q_{+3} , the RMSE and NRMSE are 9.500 m^3/s and 0.195 m^3/s , respectively, with a COE of 0.9600, demonstrating its robustness in medium-term predictions.

For Q_{+6} , LNN maintains its superior performance with an RMSE of 16.000 m^3/s , an NRMSE of 0.329 m^3/s , and a COE of 0.8800, indicating its effectiveness even in long-term predictions.

6.2 Conclusion

The comparative analysis of the ANN, MT, LSTM, and LNN models reveals that the Liquid Neural Network (LNN) consistently outperforms the other models across all prediction horizons (Day 1, Day 3, and Day 6). LNN achieves the lowest RMSE and NRMSE values and the highest COE values, indicating its superior accuracy and efficiency.

While ANN and MT models demonstrate acceptable performance for short-term predictions, their accuracy significantly declines for medium- and long-term predictions. On the other hand, LSTM models show better resilience and maintain relatively lower error rates and higher efficiency than ANN and MT models. However, LNN models are the most reliable, providing robust predictions with minimal errors and high efficiency across all tested horizons.

In summary, the LNN model's superior performance across all metrics and prediction horizons underscores its potential as the most effective model for time series prediction tasks, particularly in scenarios where both short-term and long-term accuracies are critical.

REFERENCES

- [1] Zhang, Y., Vaze, J., & Chiew, F. H. S. (2018). Comparative study of modeling approaches for predicting hydrological responses to climate change. *Water Resources Research*, 54(1), 337-354.
- [2] Berndtsson, R., Bahremand, A., & Singh, V. P. (2019). Advances in Hydrological Modeling: Application of Soft Computing Techniques. *Water*, 11(5), 971.
- [3] Kratzert, F., Klotz, D., Herrnegger, M., Sampson, A. K., Hochreiter, S., & Nearing, G. S. (2019). Toward Improved Predictions in Ungauged Basins: Exploiting the Power of Machine Learning. *Water Resources Research*, 55(12), 11344-11354.
- [4] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780.
- [5] Maass, W., Natschlag, T., & Markram, H. (2002). Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations. *Neural Computation*, 14(11), 2531-2560.
- [6] Jaeger, H. (2021). Reservoir Computing: Model and Tool for Efficient Time Series Prediction. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 7, 50.
- [7] Lukosevicius, M., & Jaeger, H. (2009). Reservoir computing approaches to recurrent neural network training. *Computer Science Review*, 3(3), 127-149.
- [8] Bellec, G., Scherr, F., Subramoney, A., Hajek, E., Salaj, D., Legenstein, R., & Maass, W. (2018). Biologically inspired alternatives to backpropagation through time for learning in recurrent neural nets. arXiv preprint arXiv:1805.08561.
- [9] Furber, S. B., Galluppi, F., Temple, S., & Plana, L. A. (2014). The SpiNNaker project. *Proceedings of the IEEE*, 102(5), 652-665.

The governance of cultural landscapes in the EU: **A Comparative Analysis of the Nature Restoration Law** **and the LULUCF Regulations**

Richard J. Schenk

MCC Brussels
Brussels, Belgium

richard.schenk@brussels.mcc.hu

Abstract

This paper explores how the EU's evolving climate regime complex impacts cultural landscapes, focusing on the Nature Restoration Law (NRL) and the revised LULUCF Regulation. Using Multi-Level Governance (MLG) and regime complex theory, it analyses how these policies, now legally binding, influence governance across multiple levels. Through case studies on the transformation of the Habitats Directive into the NRL and the 2023 LULUCF revision, the study highlights the decisive role of NGOs in integrating climate, biodiversity, and land-use goals. The findings underscore the ongoing challenges in balancing EU-wide directives with local adaptation needs.

Keywords

EU Climate Policy ; Nature Restoration Law (NRL) ; LULUCF Regulation ; Cultural Landscapes ; Multi-Level Governance (MLG) ; Regime Complex Theory ; Environmental Governance ; NGO Influence ; Biodiversity Conservation ; Sustainable Land Use

1 The change of EU climate policy instruments

In recent decades, the EU moved from climate policies that are more 'symbolic' to legally binding targets. At the European level a range of institutions has developed to deal with climate policies. Today, these institutions oversee a large toolbox of policy instruments [1]. Knodt even identified three modes of European climate governance, ranging from hard to softer governance models [2].

Changes of this magnitude to EU climate policies naturally impact cultural landscapes in the Union. This contribution sheds light on how the changes to EU governance shaped two EU policies: the Nature Restoration Law (NRL) and the Land Use,

Land Use-Change and Forestry (LULUCF) Regulation. These two pieces of legislation are chosen due to their relevance for cultural landscapes across the EU. The NRL can transform the European landscape anew, and certainly in combination with other measures [3]. The LULUCF Regulation not only impacts landscapes and forests in its name, but it also plays a crucial role in the overall timetable of the EU in achieving carbon neutrality [4], [5]. In the case of the NRL, the study specifically refers to the experiences learnt from the older Habitats Directive in the Netherlands. At the same time, the LULUCF is seen as more general in the context of alpine and boreal areas since it is a newer piece of EU legislation. The analytical framework for the analysis is provided by multi-level governance (MLG) theory and regime complex theory. These two frameworks are applied to the two case studies respectively. The contribution ends with a discussion of the findings.

2 The analytical framework: Combining multi-level governance and regime complex theories

The study's analytical framework is divided into a macro and level analysis. On the macro level, MLG deals with the distribution of authority across different levels of government—local, regional, national, and international—where multiple actors and institutions interact to shape policy outcomes. By applying MLG, the study explores how the interplay between various governance levels and overlapping regulatory regimes shapes the two case studies [6], [7]. On the meso level, regime complexes refer to the loosely connected sets of institutions and norms that govern overlapping issue areas in global governance. Unlike a single, cohesive regime, regime complexes are characterised by their fragmented and sometimes conflicting regulations. The concept of regime complexes allows for the better analysis of the role of NGOs as they advocate for specific norms, providing expertise, and mobilizing public opinion, often bridging gaps between different governance levels and regimes [8], [9]. This look at the meso level is necessary as environmental and climate policies display a significant amount of NGO activity [10].

3 Case Study I: The evolution of the EU Habitats Directive into the NRL

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

<https://doi.org/10.70314/is.2024.env.3>

3.1. Multi-Level Governance

The Habitats Directive (92/43/EEC), adopted in 1992, is a cornerstone of EU biodiversity policy, aiming to protect natural habitats and species across Europe. It created the Natura 2000 network, which includes protected areas that member states must manage to conserve habitats and species of European importance. The Directive operates within an MLG framework, requiring coordination between the European Commission, national governments, and local authorities. This necessitates collaboration across multiple levels of governance to ensure that conservation objectives are met while considering national and local contexts. The Habitats Directive is, in this regard, the extension of the global climate policy framework into EU environmental and climate policies [11]. The Directive operates within an MLG framework, requiring coordination between the European Commission, national governments, and local authorities. Over time, it became evident that the Habitats Directive, while foundational, had limitations in addressing emerging environmental challenges. These included habitat degradation outside Natura 2000 sites and the lack of integration with broader land use and agricultural policies.

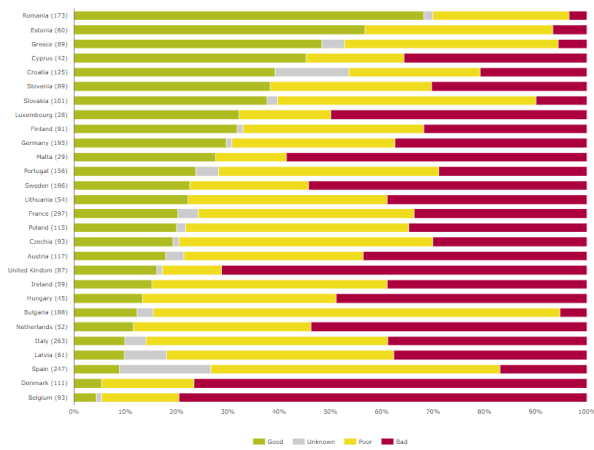


Figure 1: Conservation Status of habitats at Member State level, 2013-18 [12]

As the Figure 1 highlights, particular issues arose in the Low Countries. Especially the Netherlands faced significant issues with nitrogen emissions, largely due to intensive agriculture, which led to widespread habitat degradation. The crisis highlighted the inadequacies of the existing framework, where national policies were often misaligned with the original directive [13]. The Netherlands struggled to reconcile its intensive agricultural sector with the requirements of the Habitats Directive, leading to legal challenges and a halt in construction projects. In response, the Dutch government had to devise a comprehensive nitrogen reduction strategy involving collaboration across multiple governance levels, from local municipalities to the national government and EU institutions [14].

The NRL, proposed by the European Commission in 2022, can be seen as an evolution of the Habitats Directive, driven by the lessons learned from crises like that in the Netherlands. This new law aims to restore degraded ecosystems across the EU, with binding targets for habitat restoration beyond the protections

offered by the Habitats Directive. The development of the NRL reflects an MLG approach, where the European Commission, influenced by member state experiences, proposed a more comprehensive framework. This framework integrates biodiversity restoration into broader land use and agricultural policies, addressing the gaps identified in the previous directive [15].

3.2. Regime Complexes

The regime complex surrounding the Habitats Directive is composed of various overlapping and interconnected regimes, including EU environmental policies (e.g., Habitats and Birds Directives), agricultural policies (e.g., Common Agricultural Policy), legal frameworks, and international biodiversity agreements (e.g., Convention on Biological Diversity).

In the Netherlands, NGOs were instrumental in bringing attention to the nitrogen crisis, particularly its impact on protected habitats under the Habitats Directive. Organisations such as Milieudefensie (Friends of the Earth Netherlands) and the Dutch Association for Nature Conservation (Natuurmonumenten) used legal avenues to challenge the Dutch government's failure to adequately address nitrogen pollution, leading to significant court rulings that halted construction projects and forced policy reconsiderations [16], [17], [18]. In response, the Dutch government revealed a plan to mitigate the impact of the consequences of the nitrogen crisis with the help of 24 billion EUR [19].

The persistent advocacy and legal actions by NGOs in the Netherlands were critical in demonstrating the limitations of the Habitats Directive in addressing complex, cross-sectoral environmental issues like nitrogen pollution. This helped build the case for more comprehensive legislation at the EU level. The Dutch experience provided a clear example how the NGOs could amplify the issues arising from the Habitats Directive, create public pressure and cause huge ramifications for government and society. The leading to the proposal of the NRL. It sets ambitious quantitative targets in terms of both the areas to restore and the timeframe [20].

4 Case Study II: The impact of the EU Green Deal on the LULUCF Regulation

4.1. Multi-Level Governance

The LULUCF Regulation is primarily an EU-level policy designed to align with the EU's overall climate targets, including the European Green Deal and the Fit for 55 package, which aims to reduce net greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030 compared to 1990. Member states are responsible for implementing the LULUCF Regulation. This requires each country to develop national forestry and land-use policies that align with the EU's overarching goals. The 2023 revision introduced more stringent national accounting requirements, including higher carbon removal targets. The implementation at the regional and local levels involves managing forests, agricultural lands, and wetlands to maximise carbon sequestration while balancing economic and environmental

objectives. Local authorities and landowners are crucial in executing these policies, requiring close coordination with national governments.

In 2023, the LULUCF Regulation underwent a major revision to align it with the Green Deal targets. The new LULUCF Regulation introduced rigorous monitoring, reporting, and verification requirements (MRV). Member states must regularly report on their progress toward the targets, and the European Commission monitors compliance. It set binding targets for each member state regarding carbon removals in the LULUCF sector, and to ensure compliance, includes provisions for penalties and corrective actions if member states fail to meet their targets. [4], [5]. This creates a feedback loop where national actions are evaluated at the EU level. This marked a major shift in the vertical integration of LULUCF policies in the EU, including strengthening the compliance mechanism under the LULUCF Regulation by imposing a financial penalty of EUR 375 on Member States for each ton of CO₂eq more than the annual national target in the given year after 2026.[21].

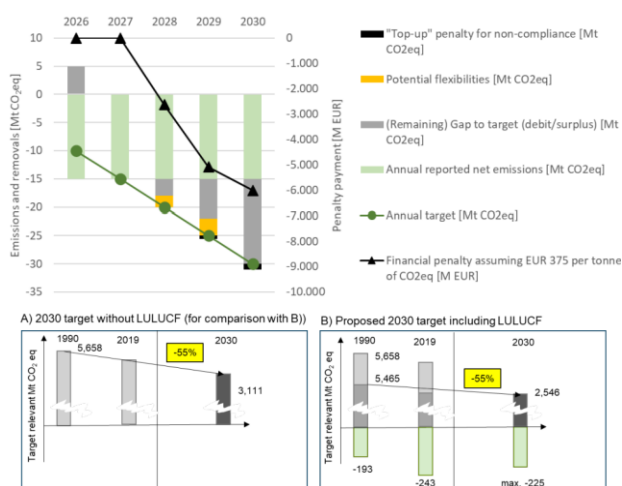


Figure 2: The newly introduced LULUCF compliance mechanism [21]

4.2. Regime Complexes

The LULUCF Regulation is situated at the intersection of several major international and EU regimes, including climate change (e.g., the Paris Agreement), biodiversity (e.g., the Convention on Biological Diversity), and agricultural policy (e.g., the Common Agricultural Policy - CAP). Each of these regimes has its objectives, norms, and governance structures, which sometimes overlap or conflict.

The 2023 revision of the LULUCF Regulation reflects efforts to harmonise these overlapping regimes. It seeks to integrate carbon sequestration goals with biodiversity conservation and sustainable land use, addressing the synergies and tensions between these regimes. NGOs have been instrumental in shaping the LULUCF Regulation by advocating for stronger links between climate and biodiversity regimes. NGOs often act as bridges between regimes, facilitating communication and coordination among different governance structures.

NGOs acted as norm entrepreneurs during the revision process by promoting the idea that land use should be managed

for carbon sequestration and broader ecosystem services, including biodiversity and water regulation. This norm has been increasingly adopted within the LULUCF framework, particularly in the 2023 revision. The organizations lobbied for more stringent monitoring, reporting, and verification (MRV) processes to ensure that member states' contributions to carbon sequestration are transparent and verifiable. NGOs also pushed for accountability measures to address non-compliance, which were incorporated into the revised regulation. NGOs are crucial in monitoring the implementation of the LULUCF Regulation across the EU. Acting as watchdogs ensures that member states adhere to their commitments and that the interactions between different regimes remain aligned with overarching environmental goals. [22].

By acting across multiple regimes—climate, biodiversity, and agriculture—NGOs have helped to transform the LULUCF Regulation into a more comprehensive and coherent policy instrument.

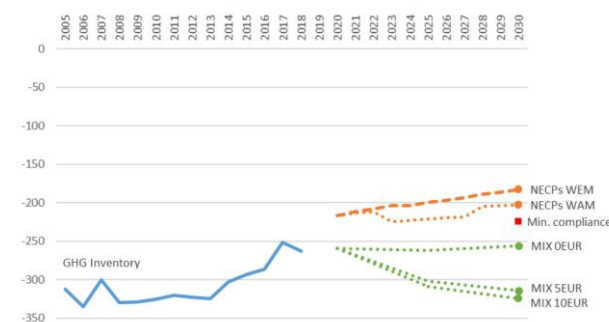


Figure 4 – LULUCF projections from National Energy and Climate Plans (NECPs, orange lines) with existing measures (WEM) or with additional measures (WAM) and from the Commission's Policy scenario (green), without a carbon price (MX 0EUR) and at a carbon price of 5 and 10 EUR/tCO₂ (MX 5EUR and MIX 10 EUR, see annex 10.4.1 for more details). Unit: Mt CO₂eq. The Figure shows that, if Member States carry out the planned policies and measures indicated in their National Energy and Climate Plans, they would collectively not meet the minimum level of removals required by the LULUCF Regulation (-225 MtCO₂eq). However, the Commission's Policy scenario projects that a better performance (above the minimum compliance level) is possible at no additional cost, and an increase of net removals above -300 MtCO₂eq is feasible at a very low carbon price (MX 5EUR and MX 10EUR).

Figure 3: Comparison of different LULUCF Projections [23]

5 Conclusion

The evolution of EU climate policy has shifted from symbolic measures to robust, legally binding targets, exemplified by the NRL and the 2023 revision of the LULUCF Regulation. These policies illustrate how the EU has strengthened its governance framework to address climate change, biodiversity, and land use challenges.

Using Multi-Level Governance (MLG) and regime complex theories, this study highlights the critical role of coordinated governance across multiple levels and the influence of NGOs. The NRL, shaped by the Dutch nitrogen crisis and the LULUCF Regulation, aligned with the European Green Deal, demonstrate how integrated approaches and NGO advocacy have transformed these policies into powerful tools for achieving EU climate and ecological goals. Yet, this transformation inherently curbed the ability of member states and local governments to shape their environmental and climate policies. Meanwhile, meta-studies highlight the necessity of adapting climate and environmental policies to local geography, regional preferences, and the needs of local communities [24].

References

- T. Rayner, K. Szulecki, A. J. Jordan, and S. Oberthür, 'The global importance of EU climate policy: an introduction', in *Handbook on European Union Climate Change Policy and Politics*, T. Rayner, K. Szulecki, A. J. Jordan, and S. Oberthür, Eds., Edward Elgar Publishing, 2023, pp. 1–23. doi: 10.4337/9781789906981.
- [2] M. Knodt, 'Instruments and modes of governance in EU climate and energy policy: from energy union to the European Green Deal', in *Handbook on European Union Climate Change Policy and Politics*, T. Rayner, K. Szulecki, A. J. Jordan, and S. Oberthür, Eds., Edward Elgar Publishing, 2023. doi: 10.4337/9781789906981.
- [3] A. L. R. Jackson, 'Introduction', in *Nature Law and Policy in Europe*, 1st ed., A. L. R. Jackson, Ed., London: Routledge, 2023, pp. 1–9. doi: 10.4324/9780429299100.
- [4] S. Romppanen, 'The LULUCF Regulation: the new role of land and forests in the EU climate and policy framework', *J. Energy Nat. Resour. Law*, vol. 38, no. 3, pp. 261–287, Jul. 2020, doi: 10.1080/02646811.2020.1756622.
- [5] S. Romppanen, 'Targets, timetables and effort sharing as governance tools: emergence, scope and ambition', in *Handbook on European Union Climate Change Policy and Politics*, T. Rayner, K. Szulecki, A. J. Jordan, and S. Oberthür, Eds., Edward Elgar Publishing, 2023, pp. 216–231. doi: 10.4337/9781789906981.
- [6] A. Benz, 'Multilevel Governance', in *Handbuch Governance*, A. Benz, S. Lütz, U. Schimank, and G. Simonis, Eds., Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2007, pp. 297–310. doi: 10.1007/978-3-531-90407-8_22.
- [7] M. Knodt and M. G. Hüttmann, 'Der Multi-Level Governance-Ansatz', in *Theorien der Europäischen Integration*, H.-J. Bieling and M. Lerch, Eds., Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2005, pp. 223–247. doi: 10.1007/978-3-663-11642-4_9.
- [8] L. Gómez-Mera, J.-F. Morin, and T. Van De Graaf, 'Regime Complexes', in *Architectures of Earth System Governance*, 1st ed., F. Biermann and R. E. Kim, Eds., Cambridge University Press, 2020, pp. 137–157. doi: 10.1017/9781108784641.007.
- [9] R. O. Keohane and D. G. Victor, 'The Regime Complex for Climate Change', *Perspect. Polit.*, vol. 9, no. 1, pp. 7–23, Mar. 2011, doi: 10.1017/S1537592710004068.
- [10] J. J. Schoenefeld, 'Interest Groups, NGOs or Civil Society Organisations? The Framing of Non-State Actors in the EU', *Volunt. Int. J. Volunt. Nonprofit Organ.*, vol. 32, no. 3, pp. 585–596, Jun. 2021, doi: 10.1007/s11266-020-00283-w.
- [11] A. Trouwborst, 'Conserving European Biodiversity in a Changing Climate: The Bern Convention, the European Union Birds and Habitats Directives and the Adaptation of Nature to Climate Change', *Rev. Eur. Community Int. Environ. Law*, vol. 20, no. 1, pp. 62–77, Apr. 2011, doi: 10.1111/j.1467-9388.2011.00700.x.
- [12] European Environment Agency, 'Conservation status of habitats under the EU Habitats Directive'. Nov. 18, 2021. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/conservation-status-of-habitats-under?activeAccordion=ecdb3bef-bbe9-4978-b5cf-0b136399d9f8>
- [13] B. H. Jacobsen, U. Latacz-Lohmann, H. Luesink, R. Michels, and L. Ståhl, 'Costs of regulating ammonia emissions from livestock farms near Natura 2000 areas - analyses of case farms from Germany, Netherlands and Denmark', *J. Environ. Manage.*, vol. 246, pp. 897–908, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.106.
- [14] A. M. Collet, *Dissecting misalignment in agri-environmental policy design: The Case of the PAS and the Dutch Nitrogen Crisis*. Enschede: University of Twente, 2023. [Online]. Available: <http://essay.utwente.nl/96165/>
- [15] A. L. R. Jackson, 'Conservation of areas outside the Natura 2000 network: An historical perspective with an eye to the future', in *Nature Law and Policy in Europe*, 1st ed., A. L. R. Jackson, Ed., London: Routledge, 2023, pp. 214–251. doi: 10.4324/9780429299100.
- [16] C. Backes, "'De stikstofcrisis in Nederland is een uniek fenomeen'", Feb. 08, 2023. [Binnenlands Bestuur]. Available: <https://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/de-stikstofcrisis-nederland-een-uniek-fenomeen>
- [17] A. Jaspers, *De stikstofluik: politici in de ban van de ecolobby*. Amsterdam: Uitgeverij Blauwburgwal, 2023.
- [18] K. Mathiesen, 'The chemist vs. the Dutch farmers', *Politico.eu*, Mar. 09, 2023. Accessed: Nov. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.politico.eu/article/johan-vollenbroek-netherlands-nitrogen-pollution-climate-change-farming/>
- [19] C. Vallet, 'In the Netherlands, a drastic plan to reduce nitrogen emissions angers farmers'. *Le Monde*, Jul. 14, 2022. [Online]. Available: https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2022/07/14/in-the-netherlands-a-drastic-plan-to-reduce-nitrogen-provokes-farmers-anger_5990080_114.html
- [20] D. Hering et al., 'Securing success for the Nature Restoration Law', *Science*, vol. 382, no. 6676, pp. 1248–1250, Dec. 2023, doi: 10.1126/science.adk1658.
- [21] H. Böttcher, S. Gores, K. Hennenberg, J. Reise, and A. Graf, 'Analysis of the European Commission proposal for revising the EU LULUCF Regulation'. Öko-Institut e.V., Jan. 27, 2022. [Online]. Available: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Assumptions_LULUCF_Proposal.pdf
- [22] A. Savaresi, L. Perugini, and M. V. Chiriaco, 'Making sense of the LULUCF Regulation: Much ado about nothing?', *Rev. Eur. Comp. Int. Environ. Law*, vol. 29, no. 2, pp. 212–220, Jul. 2020, doi: 10.1111/reel.12332.
- [23] European Commission, 'COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT REPORT Accompanying the document Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council amending Regulations (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the compliance rules, setting out the targets of the Member States for 2030 and committing to the collective achievement of climate neutrality by 2035 in the land use, forestry and agriculture sector, and (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review'. Jul. 17, 2021. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021SC0609>

Resne napake v oceni toplogrednega učinka ozračja

Serious Errors in the Assessment of the Atmospheric Greenhouse Effect

Erik Margan

Oddelek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev
Institut Jožef Stefan
Ljubljana, Slovenija
<erik.margan@ijs.si>

POVZETEK

Toplogredni učinek ozračja je osnovni proces na katerem Medvladni odbor za podnebne spremembe (*Intergovernmental Panel for Climate Change*, IPCC) v svojih poročilih (*Assessment Reports*, AR) analizira izhodiščno stanje in napoveduje pričakovane podnebne spremembe, ter njihove posledice. Po njihovih ugotovitvah je segrevanje ozračja, ki ga beležimo v zadnjih 150 letih pretežno posledica človekovih dejavnosti, predvsem izpustov toplogrednih plinov v ozračje. Na osnovi pričakovanih sprememb IPCC pripravlja priporočila vladam s katerimi ukrepi bi omilili podnebne spremembe in blažili njihove posledice, ter ustrezno prilagodili zakonodajo za uveljavljanje in izvajanje teh ukrepov, čemur so se s svojimi podpisi Pariškega sporazuma zavezale skoraj vse države članice Organizacije združenih narodov. Metodologija, ki jo uporablja IPCC za svoje analize in napovedi vsebuje vrsto napak. V tem prispevku se bomo omejili na nekaj resnih napak v oceni toplogrednega učinka v dokumentih IPCC, kar vzbuja močan dvom v pravilnost njihovih ugotovitev. Zaradi tega je človeški vpliv na podnebne spremembe in njihove pričakovane posledice močno precenjen, kar posledično zmanjšuje nujnost ukrepanja in sprejetja raznih predlaganih omejevalnih zakonov.

KLJUČNE BESEDE

Toplogredni učinek ozračja, podnebne spremembe, Stefan-Boltzmannov zakon, sevalno ravnovesje, povprečna globalna temperatura ozračja, vsebnost toplogrednih plinov.

ABSTRACT

The atmospheric greenhouse effect is the basis on which the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) in their Assessment Reports analyse the current climate and predict the expected climate changes and their consequences. In their estimate the atmospheric warming experienced during the last 150 years has been caused dominantly by human activities,

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

DOI <https://doi.org/10.70314/is.2024.env.04>

mainly by greenhouse gases emissions. Following the expected changes the IPCC prepares recommendations to governments to mitigate the climate changes and reduce their consequences, as well as adapt their legislation to implement those measures in accordance with the Paris Agreement signed by almost all countries members of the United Nations Organization. The methodology used by the IPCC for their analyses and predictions contains a number of errors. Here we show only some serious errors in the way the greenhouse effect has been presented in the IPCC documents, which rises a strong doubt in the correctness of their analysis. Because of those errors the human influence on climate is overestimated, as are their expected consequences, therefore the relevance and the necessity to mitigate them is reduced, as well as the urgency to adopt the proposed restrictive legislation.

KEYWORDS

Atmospheric greenhouse effect, climate change, Stefan-Boltzmann law, radiative balance, average global air temperature, concentration of greenhouse gases.

1 Uvod v fizikalno ozadje

Termodinamika je področje fizike, ki opisuje procese prenosa toplote med obravnavanimi telesi in njeni zakoni veljajo tako na molekularni kot na makroskopski ravni. Toplotna energija se manifestira v elektromagnetnih interakcijah med obravnavanimi telesi, kar pomeni, da obstajajo tesne povezave med notranjo energijo teles (v obliki kinetične energije, ki se izmenjuje ob trkih, ali pa kot lastne oscilacije in resonance zaradi vezalne energije med posameznimi atomi), ter absorbiranim ali emitiranim elektromagnetnim sevanjem, katerega energija (oziroma pripadajoča frekvenca) mora ustrezati določenemu molekularnemu rotacijsko-vibracijskemu kvantnemu stanju.

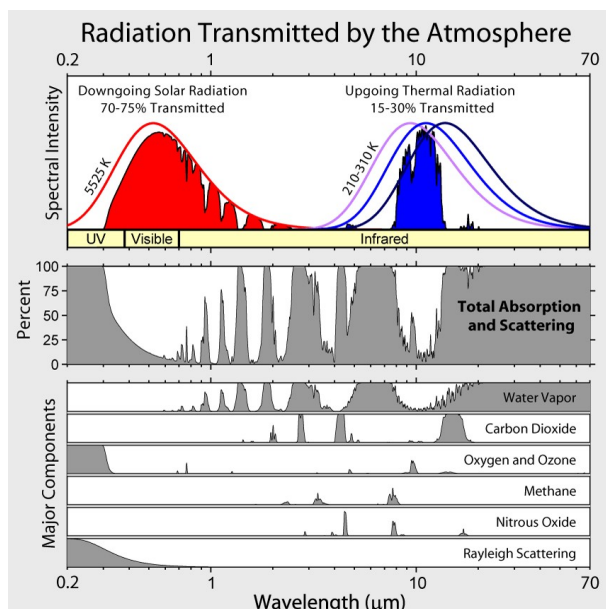
Za lažje razumevanje termodinamičnih procesov v ozračju je pomembno imeti v mislih dve spoznanji. Prvo je, da je energija fotonov (kvantov elektromagnetnega sevanja) kvantizirana in ustreza produktu Planckove konstante h in frekvence ν :

$$E = h\nu \quad (1)$$

Pri tem lahko molekula lahko absorbira sevanje na ustrezni frekvenci le, če pripadajoče kvantno stanje ni zasedeno. Absorbirano energijo pa molekula čez čas spontano emitira spet v obliki fotona z enako frekvenco, če pred tem ni bila izpostavljena drugim interakcijam.

Za absorpcijo je tudi pomembna nesimetrična oblika molekule, ker s tem zunanemu polju izkazuje električni dipolni moment. Dvoatomske molekule v ozračju (N_2 , O_2) so vedno simetrične in zato nimajo nizko-energijskih interakcij s sevanjem. Drugače pa je s triatomske molekule. Na pr., pri vodni molekuli, H_2O , tvorita atoma vodika glede na atom kisika kot 105° , zato je polje molekularnega naboja elektronskih orbital nesimetrično. Molekula ogljikovega dioksida, CO_2 , pa ima simetrično obliko, atoma kisika tvorita z atomom ogljika dvojne vezi pod kotom 180° : $O=C=O$. Zato molekula CO_2 v osnovnem energijskem stanju nima dipolnega momenta in ne prihaja do interakcije s sevanjem. Po trku z neko drugo molekulo v ozračju pa se lahko del kinetične energije porazdeli med obe molekuli in se zaradi tega lahko vzbudi ena od možnih nihalnih in rotacijskih resonanc, odvisno od razpoložljive količine energije ob trku. Zaradi nihanja kisikovih atomov glede na ogljikov atom dobi molekula CO_2 za kratek čas nesimetrično obliko in nek določen dipolni moment in lahko absorbira foton ustrezne frekvence.

Na splošno imajo triatomske molekule več načinov nihanja, zato tudi več različnih resonančnih frekvenc, ki tvorijo karakteristični spekter posamezne molekule. V odvisnosti od rotacijskih osi pa resonance preidejo v ožji ali širši frekvenčni pas v okolici resonančne frekvence. Zato lahko te molekule zajamejo ali oddajo fotone z malenkostno drugačno frekvenco od osnovne. **Slika 1** prikazuje spektre molekul, ki jih vsebuje ozračje v različnih koncentracijah, v primerjavi s sevalnim spektrom sončevega in zemeljskega sevanja.



Slika 1: Absorpcijski spektri posameznih molekul v ozračju v primerjavi s sončnim in zemeljskim sevalnim spektrom.

Slika 1 je morda nekoliko zavajajoča, ker so spektri prikazani v odvisnosti od valovne dolžine. Energija sevanja pa je sorazmerna frekvenci in obratno sorazmerna valovni dolžini. Poleg tega pa je lestvica valovnih dolžin logaritemska, zato zgleda, kot da dolge valovne dolžine (nizke frekvence) nosijo več energije, v resnici pa je ravno obratno. Težava pa je tudi v tem, da so vsi prikazani spektri normirani na svoje maksimume, ki predstavljajo 100% učinka pri vrhu posameznega območja valovnih dolžin. Zato je primerjava učinkov med molekulami nekoliko otežena. Tretja težava pa nastopi zaradi različnih koncentracij molekul v ozračju, saj je verjetnost zajetja fotona odvisna tudi od koncentracije. Vse to je treba imeti v mislih kadar primerjamo posamezne spektre.

Poseben primer predstavlja vodna para, saj se posamezne molekule vode lahko povezujejo v različno velike aglomerate, od dveh molekul pa do makroskopskih kapljic. Posledično ima vodna para mnogo širši spekter in veliko število resonanc, mnogo večje od osnovnih šest za posamezno vodno molekulo.

Molekule CO_2 pa se med seboj ne povezujejo, ima pa ta molekula štiri izrazite resonance in sicer pri $1,9 \mu m$, $2,8 \mu m$, $4,2 \mu m$, ter $15 \mu m$. Prve tri se nahajajo v območju kjer je tako sončevo kot zemeljsko sevanje majhno, pa še delno se prekrivajo s spektrom vodne pare, katere koncentracija v nižjih plasteh ozračja je od 25 do 100 krat večja, zato je tam učinek CO_2 na segrevanje ozračja majhen. Dominanten učinek CO_2 je pri resonanci v območju okoli $15 \mu m$, ki je tudi delno prekrito s spektrom vodne pare.

Drugo pomembno spoznanje za razumevanje termodinamičnih procesov je v verjetnosti zajetja ali izsevanja fotonov in pogostosti trkov med posameznimi molekulami.

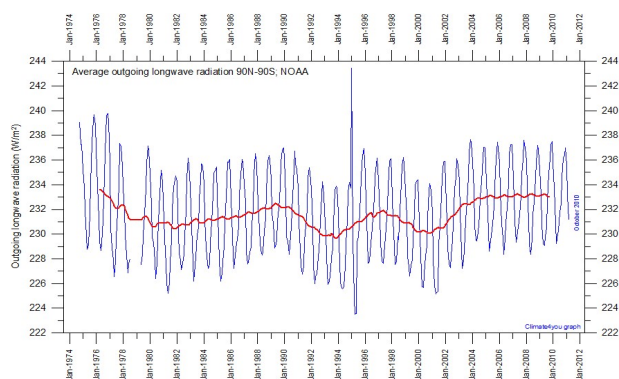
Če neka molekula zajame foton, ne more več zajeti drugega z enako frekvenco dokler se bodisi spontano ne znebi presežka energije z izsevanjem fotona z enako frekvenco, bodisi pa trči z neko drugo molekulo in se celotna energija obeh molekul porazdeli drugače, zaradi česar se prejšnje resonančno kvantno stanje sprosti. S tem pa tudi energija zajetega fotona preide v kinetično energijo molekul, kar pomeni povečano temperaturo ozračja, ponovna emisija fotona z enako frekvenco pa ni več možna. Tako zajeta energija ostane v ozračju dalj časa, saj se kinetična energija teh dveh molekul z nadaljnjimi trki porazdeli na vedno večje število molekul, nazadnje pa uide v vesolje kot sevanje pri valovnih dolžinah daljših od $50 \mu m$.

Če pa molekula zajame foton in ga kmalu zatem spet odda, se v ozračju ni spremenilo nič bistvenega, le energija je na svoji poti proti vesolju imela zamudo za delček sekunde.

Ozračje ni enakomerno gosto, saj gostota pada z nadmorsko višino, prav tako tudi pritisk in temperatura, zato je verjetnost da pride do trka z drugo molekulo zelo velika v spodnjih plasteh ozračja, z višino pa se verjetnost trka zmanjšuje. Zaradi tega je tudi verjetnost zajetja in oddaje fotona v spodnjih plasteh ozračja majhna, toplotna energija se prenaša pretežno s trki in premikanjem zraka. V bližini tal je povprečna prosta pot fotona v območju IR sevanja okoli 22 m. Pri svetlobni hitrosti to pomeni povprečno življenjsko dobo okoli 65 ns.

Po drugi strani pa je povprečna hitrost molekul enaka zvočni hitrosti, okoli 340 m/s. Pri normalni gostoti zraka $1,2 \text{ kg/m}^3$, ter povprečni molarni masi 28,8 vsebuje en kubični meter zraka okoli $2,5 \times 10^{25}$ molekul, katerih povprečna razdalja znaša okoli 10^{-8} m in je povprečni čas med trki $3 \times 10^{-11} \text{ s}$. To pomeni, da molekule le redko zajamejo foton, saj jih pri tem moti velika pogostost medsebojnih trkov. Teoretično izračunana verjetnost, da molekula odda odvečno energijo s sevanjem in ne s trkom je okoli 4%. Torej se toplotna energija v nizkih plasteh ozračja prenaša pretežno z molekularnimi trki.

Z višino se gostota zraka zmanjšuje, tudi pritisk in temperatura (hitrost, oziroma kinetična energija molekul), kar pomeni, da se postopoma povečuje verjetnost da molekula zajame foton, prav tako pa, da foton odda pred trkom z drugo molekulo. Približno na polovici gostote ozračja, to je na višini okoli 5,6 km, so razmere takšne, da je verjetnost spontane oddaje fotona približno enaka verjetnosti trka s drugo molekulo. Tam je povprečna prosta pot fotonov že okoli 2 km, kar pomeni da od tam fotoni lahko hitro uidejo izven ozračja. Zato s te višine tudi zaznamo največje število fotonov, oziroma največjo sevalno gostoto moči, kar merimo s sateliti kot sevanje Zemlje, **Slika 2**. To sevanje ima gostoto moči od okoli 232 W/m^2 , temu pa po Stefan-Boltzmannovem zakonu ustreza absolutna temperatura okoli 253 K (ali -20°C), kot bomo videli v nadaljevanju.



Slika 2: Satelitske meritve gostote moči povprečnega dolgovalovnega izstopnega sevanja Zemlje med letoma 1974 in 2012. Sezonska nihanja so znatna, v dolgoročnem povprečju pa ni trenda. Vir podatki: NOAA, po <http://climate4you.com>.

Z opisanim smo si ustvarili sliko, ki bo osnova za razumevanje problema učinka tople grede.

2 Toplogredni učinek ozračja

Običajno se kot idejni oče toplogrednega učinka ozračja navaja francoski matematik *Jean Baptiste Joseph de Fourier* (1768 – 1830). Kot topniški general v Napoleonovi vojski se je zanimal za izboljšanje natančnosti streljanja s topovi in zato tudi za vpliv temperature na širjenje materiala. Kasneje pa je svoje raziskave razširil še na druge materiale in pojave. Tako je med drugim pri opisu toplogrednega učinka zapisal [1]:

»... če preprečimo segretemu zraku, da se dviga in širi, ...«

Potem pa v nadaljevanju:

»Hkrati lahko opazimo zmanjšanje zajete stopnje toplote nad površino zemlje. Hitro gibanje zraka v vseh smereh, ki se tudi dviguje kadar se segreje, ter infra-rdeče sevanje v zraku, bosta zmanjšali intenziteto učinka, ki sicer nastane pod prozorno in gosto atmosfero, vendar to ne bo povsem izničilo tega učinka.«

Iz tega je očitno, da je Fourieru bilo povsem jasno, da v odprtem ozračju toplogredni učinek ne more biti enako močan, kot je denimo pod steklenim pokrovom zaprte posode. Žal so kasneje drugi raziskovalci (*J. Tyndall*, *S. Arrhenius*, in drugi) to njegovo sporočilo nekako spregledali.

Tako danes obravnavamo toplogredni učinek ozračja kot posledico zakona o ohranitvi energije, ter temu primernege sevalnega ravnovesja [2]: vstopno sončno sevanje, zmanjšano za delež, ki se odbija z vrhov oblakov in poledenelih površin, ter nekaj malega z ostalih površin, segreva površje, to pa potem segreva ozračje, ozračje pa potem seva proti vesolju. Dolgoročno povprečje vstopnega in izstopnega sevanja mora biti enako, razlika nastane lahko le zaradi slabše prepustnosti ozračja za sevanje, pri čemur se temperatura spreminja dokler se ne vzpostavi novo ravnovesje.

Sončno sevanje, izmerjeno s sateliti v zemeljski orbiti znaša povprečno $S_0 = 1361 \text{ W/m}^2$, kar imenujemo solarna konstanta, pa čeprav ni povsem konstanta. Zaradi sončeve aktivnosti se osončenost Zemlje spreminja v približno 11-letnih ciklih za okoli 0,2% (rekonstrukcija sončne aktivnosti zadnjih 400 let na podlagi sprememb koncentracije radioizotopov ^{14}C in ^{10}Be se zelo dobro ujema z zabeleženim številom sončnih peg); zaradi ekscentričnosti zemeljske orbite se spreminja za okoli 1,7%; zaradi premikanja težišča sončnega sistema glede na Sonce se spreminja za okoli 1%. Skupno znaša velikost sprememb blizu 3%, vendar se običajno domneva, da se vpliv večjih dveh sprememb v teku leta izravna. To pa ne drži povsem, saj je sprememba težišča odvisna predvsem od velikih planetov (Jupiter, Saturn), njuni orbitalni periodi pa se ne ujemata časovno z zemeljskim letom, posledično je ta vpliv s periodo 62 let odvisen od trenutne nagnjenosti Zemeljske rotacijske osi, saj južna polobla ima mnogo več oceanov kot severna, oceani pa veliko bolj absorbirajo toploto kot kopno.

Zato je neposreden vpliv spremembe v osončenosti na globalno povprečno temperaturo najbrž majhen, pa čeprav imamo zgodovinske dokaze, da nekakšen vpliv vendarle obstaja (srednjeveško toplo obdobje, mala ledena doba, predvsem pa Maunderjev in Daltonov minimum sončne aktivnosti se dobro ujemajo z zgodovinskimi podatki o lokalni klimi v Evropi).

Obstaja pa verjetnost, da Sonce vpliva na Zemljo posredno prek sprememb v sončevem magnetnem polju. Ob večji sončni aktivnosti je magnetno polje močnejše in bolj odklanja visokoenergetske kozmične delce, zaradi česar je v zemeljskem ozračju manj ionov in manj kondenzacijskih jeder okoli katerih se oblikujejo večje vodne kapljice oblakov. To teorijo zastopajo nekateri znani fiziki (*H. Svensmark*, Nobelovec *J. Clauser*, in drugi). Dejstvo je, da že zgolj 2% spremembe v oblačnosti ima podoben učinek kot učinek celotne količine CO_2 v ozračju (ne le človeškega deleža). Vendar ti vplivi niso tema tega članka in se z njimi tu ne bomo ukvarjali.

Kar pa nas tu zanima je način izračuna globalne povprečne temperature Zemlje. Zakonitost med sevanjem in temperaturo idealnega črnega telesa je prvi odkril fizik slovenskega rodu *Jožef Stefan* (1835 – 1893); ugotovil je, da je površinska gostota sevalne moči j^* sorazmerna četrti potenci absolutne temperature T (v Kelvinih), pomnoženi s Stefanovo konstanto σ :

$$j^* = \sigma T^4 \quad (2)$$

Pri tem je $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$, kar je bilo sprva empirično določeno, kasneje pa je Stefanov učenec in sodelavec *Ludwig Boltzmann* (1844 – 1906) izpeljal to konstanto teoretično iz drugih osnovnih fizikalnih konstant:

$$\sigma = 2\pi^5 k^4 / (15c^2 h^3) \quad (3)$$

kjer je Boltzmannova konstanta $k = 1,38 \times 10^{-24} \text{ Ws/K}$, svetlobna hitrost v vakuumu $c = 299792458 \text{ m/s}$ in Planckova konstanta $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Ws/Hz}$.

Izraz (2) je zato znan kot Stefan-Boltzmannov zakon sevanja. Pripomniti je treba, da ta zakon velja za idealno črno telo segreto na temperaturo T , kar modeliramo kot sevanje majhne odprtine v veliki kavitaciji v termodinamičnem ravnovesju, tako da lahko izgubo energije skozi odprtino lahko zanemarimo. *Johann Heinrich Lambert* (1728 – 1777) je že leta 1760 ugotovil, da je gostota sevanja odvisna od kosinusa kota glede na normalo na določen površinski odsek, kar pomeni, da je sevanje maksimalno v smeri navpično na površino in nič v smeri vzporedno s površino. To je pomembno, ker sevanje po Stefan-Boltzmannovem zakonu računamo v pol-krogelnem prostorskem kotu 2π steradiana, za razliko od Planckovega zakona sevanja, ki ga ponavadi normiramo na kot enega steradiana. Dejansko je Stefan-Boltzmannov zakon integral Planckovega zakona po vseh možnih frekvencah. Planckov zakon nam podaja spektralno odvisnost sevanja (kot na **Sliki 1**).

Obrazec (2) nam omogoča izračun efektivnega sevanja zemeljskega površja, saj temperaturo lahko izračunamo iz povprečja meritev vseh svetovnih meteoroloških postaj v daljšem časovnem obdobju (Mednarodna meteorološka organizacija definira klimo kot povprečje vremena za najmanj 30 let). To povprečje znaša okoli 15°C , oziroma 288 K (kar je sicer zgolj statistični konstrukt, vendar sledimo metodi IPCC). Torej bo površinska gostota sevalne moči:

$$j^* = 5,67 \times 10^{-8} \times 288^4 = 390 \text{ W/m}^2 \quad (4)$$

Ta vrednost se močno razlikuje od vrednosti izmerjene s sateliti (**Slika 2**), kar pomeni, da se v ozračju del energije porabi za druge procese.

Če pa želimo določiti sevalno ravnovesje planeta, moramo upoštevati, da se del sončevega sevanja prav tako izgubi na svoji poti do tal. Znatno del sevanja se odbije od vrhnjih plasti oblakov in poledenelih površin (te imajo visoko odbojnost, *albedo*, za širok frekvenčni pas sončevega spektra), del pa se absorbira v ozračju (aerosoli, vodna para, itd.). Ocenjena povprečna vrednost albeda je 30%, oziroma $\alpha = 0,3$.

Poleg tega pa se del sevanja izgubi zaradi manjše emisivnosti tal. Vendar se za emisivnost večine snovi pri običajnih temperaturah jemlje vrednost med 0,95 in 1, zato naj bi ta vpliv bil majhen in se običajno ne upošteva (kar pa ni prav, saj je emisivnost odvisna tudi od razlike temperatur sosednih snovi).

Dnevna osončenost tal pa je seveda odvisna tudi od geometrije, saj imamo opravka s krogelno simetrijo planeta. Za kroglo pa je po Lambertu potrebno upoštevati kot sevanja v smeri sever-jug in vzhod-zahod, zato bomo imeli kvadrat kosinusa vpadnega kota. Če funkcijo $\cos^2\theta$ integriramo v pol-krogelnem območju kotov med $\pm 90^\circ$, dobimo rezultat $\frac{1}{2}$. Druga polkrogla planeta pa je v temi, zato imamo dodaten faktor $\frac{1}{2}$. Skupno torej v dolgoročnem povprečju celotno površje Zemlje dobi $\frac{1}{4}$ sončevega sevanja, zmanjšane za albedo. Za vstopno sevanje torej velja naslednja enačba:

$$j^* = S_0(1-\alpha)/4 \quad (5)$$

Ker pa mora veljati zakon o ohranitvi energije, lahko izraza (2) in (5) izenačimo in iz tega izračunamo teoretično povprečno temperaturo planeta:

$$T = [S_0(1-\alpha)/4\sigma]^{1/4} \quad (6)$$

Ko vstavimo ustrezne številke, dobimo $T = 255 \text{ K}$, ali -18°C . To pa je zelo blizu vrednosti izmerjene s sateliti za sevalno območje na nadmorski višini 5,6 km, kjer smo ob **Sliki 2** izračunali -20°C . Lahko rečemo da gre le za višinsko razliko okoli 300m.

Iz tega pa pri IPCC izvlečejo naslednji (vprašljiv!) sklep: če je temperatura tal 288 K in sevalna temperatura planeta 255 K pomeni, da mora biti toplogredni učinek ozračja 33 K. Iz tega potem sledi, da mora biti klimatska občutljivost na vsebnost toplogrednih plinov zelo velika. Za to občutljivost (znano kot *equilibrium climate sensitivity*, ECS) ocenjujejo, da mora biti najverjetneje v območju med 2 in 5°C za vsako podvojitve koncentracije toplogrednih plinov.

Vendar pa laboratorijske meritve optične prepustnosti CO_2 v okolici dominantne resonance $15 \mu\text{m}$ valovne dolžine kažejo na le $1,1^\circ\text{C}$ za vsako podvojitve koncentracije CO_2 . Gre za logaritično zakonitost, ki je bila empirično določena in ustreza relaciji $\Delta F = 5,35 \ln(C/C_0)$, kjer je ΔF sevalno »siljenje« (*forcing*, kar je pomanjkljivo imenovano, saj znak Δ pomeni spremembo), \ln pa je naravni logaritem (po bazi $e = 2,71828\dots$) razmerja med novo koncentracijo C in začetno koncentracijo C_0 ; za podvojitve koncentracije pa velja $C/C_0 = 2$, torej bo:

$$\Delta F = 5,35 \ln(2) = 5,35 \times 0,693 = 3,7 \text{ W/m}^2 \quad (7)$$

Posledično za spremembo temperature velja relacija:

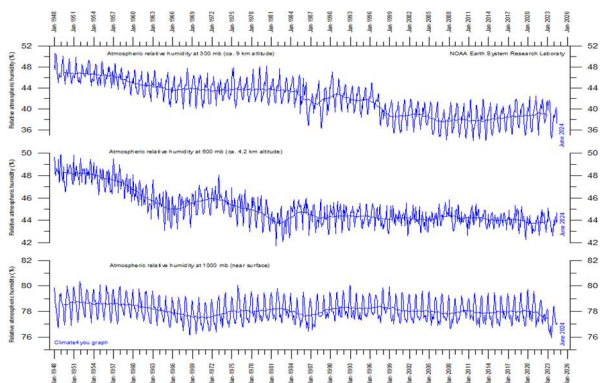
$$\Delta T_p = \Delta F \{T_p / [S_0(1-\alpha)]\} \quad (8)$$

kjer je temperatura površja $T_p = 288 \text{ K}$. Zato je sprememba temperature za podvojitve koncentracije CO_2 enaka le $1,1^\circ\text{C}$.

Ker se vrednosti za območje ECS ne ujemajo s ΔT_p , si pri IPCC pomagajo z domnevo o obstoju pozitivne povratne zanke prek

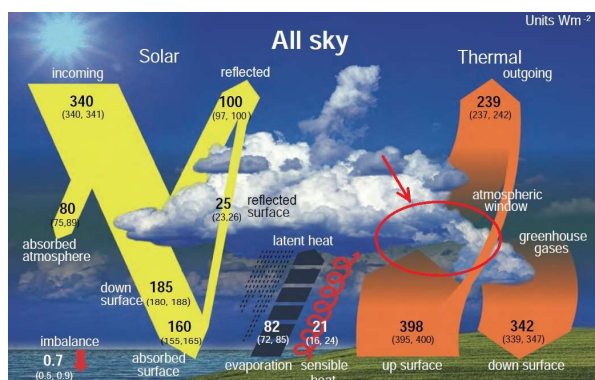
vodne pare, ki naj bi ojačala učinek CO₂ za približni faktor 3×. Razlaga gre nekako takole: ozračje, segrejo zaradi povečanja vsebnosti CO₂, lahko sprejme več vlage (7% več za vsako 1°C po Clausius-Clapeyronovi relaciji), zato se zrak še bolj segreje, ter lahko sprejme še več vlage, in tako v krog, dokler se ne vzpostavi novo sevalno ravnovesje.

Vendar meritve zračne vlažnosti (relativne in absolutne) ne potrjujejo te domneve, kot je razvidno na **Sliki 3**, na kar je leta 2023 opozoril tudi Nobelovec John Clauser, pa je takoj doživel hude kritike z vseh strani, a povsem neupravičeno.



Slika 3: Satelitske meritve zračne vlažnosti na različnih višinah med januarjem 1948 in junijem 2024. Vir podatkov NOAA, povzeto po <<http://climate4you.com>>.

Na podlagi vseh predstavljenih formul so pri IPCC konstruirali sicer dokaj zapleten fizikalni model procesov v ozračju, kar pa zelo poenostavljeno prikazuje **Slika 4**:



Slika 4: Pretoki sevalne moči v zemeljskem ozračju. Številke predstavljajo gostote sevalnih moči posameznih procesov v enotah W/m². Vendar v območju označenem z rdečo elipso manjka pomemben podatek! Vir: IPCC AR6 [3].

Parametre modela določa 12 števil (v oklepajih so navedene meje območja zanesljivosti), pri čemur vpadno kratkovalovno sončno sevanje na levi in izstopno dolgovalovno zemeljsko sevanje na desni približno ustrežata prej izračunanim številkam: četrtnina sončnega sevanja ($1361/4 = 340,25 \text{ W/m}^2$) zmanjšana za albedo, ter nekaj absorpcije v ozračju, segreva tla s kakšnih 160 W/m^2 , zemeljsko površje izseva okoli 398 W/m^2 (mi smo izračunali 390), ozračje pa izseva kakšnih 239 W/m^2 v vesolje (sateliti sicer izmerijo le 232 W/m^2).

Dopustimo lahko, da senzorji satelitov ne zajemajo celotnega frekvenčnega območja, zato lahko nastopi znatna razlika med 232 W/m^2 na **Sliki 2** in 239 W/m^2 na **Sliki 4**. Precej nelogično pa se zdi, da se v sistemu pretaka veliko več energije kot v sistem vstopa in izstopa, saj zglada kakor da bi hladno osrednje ozračje, ki je pri -18°C , z dobrimi 342 W/m^2 dodatno segrevalo tla, ki so na $+15^\circ\text{C}$, pa čeprav efektivni pretok navzgor ustreza razliki med 398 in 342 W/m^2 . Matematično se sicer številke ujemajo, toda fizikalno je nesmiselno, če sistem, ki naj bi bil v termodinamičnem ravnovesju z okolico, vsebuje precej več energije kot vanj priteka in odteka. To nakazuje, da z načinom izračuna, oziroma ocenami posameznih parametrov sistema, kot jih privzema IPCC, mora biti nekaj hudo narobe.

Vendar to ni edina težava. V **Sliki 4** na mestu označenem z rdečo elipso manjka trinajsti (nesrečni?) podatek. Označba *greenhouse gases*, oziroma toplogredni plini sicer naznanja, da se tam dogaja nekaj pomembnega in da ti plini sevajo nazaj proti tlom 342 W/m^2 , ni pa podatka o razliki med sevanjem tal in sevanjem višjih plasteh ozračja proti vesolju, kar je dejansko **definicija toplogrednega učinka!**

Seveda to lahko izračuna vsakdo sam iz podatkov na **Sliki 4**: $398 - 239 = 159 \text{ W/m}^2$. Vendar te oznake v grafu ni, ker bi se kdo spraševal kako lahko $398 + 80 - 342 = 136 \text{ W/m}^2$ ustreza 159 W/m^2 ? Ker se namreč tistih 82 in 21 W/m^2 v resnici porabi za mehansko delo, transport toplega in vlažnega zraka navzgor.

Nekakšno razlago vendarle najdemo v besedilu poročila IPCC AR6 in sicer v poglavju 7.4.2.1 Planck Response, **Slika 5**:

7.4.2.1 Planck Response

The Planck response represents the additional thermal or longwave (LW) emission to space arising from vertically uniform warming of the surface and the atmosphere. The Planck response α_p , often called the Planck feedback, plays a fundamental stabilizing role in Earth's climate and has a value that is strongly negative: a warmer planet radiates more energy to space. A crude estimate of α_p can be made using the normalized greenhouse effect \tilde{g} , defined as the ratio between the greenhouse effect G and the upwelling LW flux at the surface (Raval and Ramanathan, 1989). Current estimates (Section 7.2, Figure 7.2) give $G = 159 \text{ W m}^{-2}$ and $\tilde{g} \approx 0.4$. Assuming \tilde{g} is constant, one obtains for a surface temperature $T_s = 288 \text{ K}$, $\alpha_p = (g - 1) 4 \sigma T_s^3 \approx -3.3 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, where σ is the Stefan-Boltzmann constant. This parameter α_p is estimated more accurately using kernels obtained from meteorological reanalysis or climate

Simbol G

**Vrednost
159 W/m²**

**Prva omemba
SBZ**

Slika 5: Iz poročila IPCC AR6, leta 2021; vir [4].

Kot opozarja prof. *Howard Hayden* [4], je to prvič po več kot 30 letih delovanja IPCC, da so toplogrednemu učinku dali simbol G , mu določili vrednost, $G = 159 \text{ W/m}^2$, ter prvič eksplicitno omenili Stefan-Boltzmannov zakon!

Pa poglejmo kako se izide izračun sevalnega ravnovesja. Ta določa, da mora biti izstopno sevanje zemlje, j_z , enako vstopnemu sončnemu sevanju j_s :

$$j_z = j_s \quad (9)$$

Hkrati pa mora biti izstopno sevanje j_z enako razliki med sevanjem površine tal j_p , in toplogrednim učinkom G :

$$j_z = j_p - G \quad (10)$$

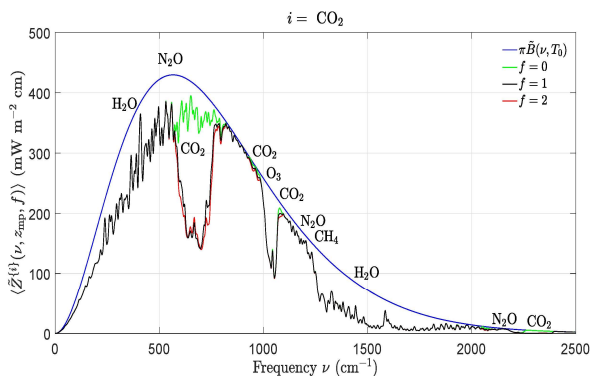
Iz (9) in (10) sledi, da mora biti tudi vstopno sončevo sevanje enako razliki med sevanjem tal in toplogrednim učinkom:

$$j_s = j_p - G \quad (11)$$

To pa si lahko predstavimo tudi grafično s Planckovimi spektri. Planckov spekter sevanja tal je mogoče teoretično izračunati s pomočjo Planckove relacije za odvisnost od valovne dolžine, kjer namesto frekvence uporabimo $\lambda = c/v$:

$$j_p(\lambda, T) = (2hc^2\lambda^{-5}) / (e^{hc/\lambda kT} - 1) \quad (12)$$

Povprečno globalno temperaturo tal smo že določili: $T = 288$ K. Za valovne dolžine pa vzamemo območje med 1 in 100 μm , kar je območje znotraj katerega je sevalni maksimum za to temperaturo (pri okoli 10 μm). Dovolj dobro ločljivost dobimo, če za korak pri valovnih dolžinah vzamemo $d\lambda = 0,1$ μm . Potem spektralna funkcija zgleda kot modra krivulja na **Sliki 6**:

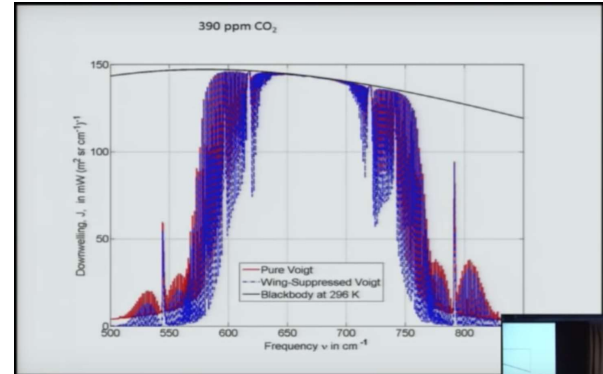


Slika 6: Spekter sevanja tal (modra krivulja) za temperaturo $T = 288$ K po enačbi (12), v primerjavi s spektralno absorpcijo ozračja: črna krivulja je skupni spekter plinov ob sedanji vsebnosti CO_2 , zelena krivulja je za primer brez CO_2 , rdeča krivulja pa predstavlja učinek podvojitve vsebnosti CO_2 . Na horizontalni osi je prostorska frekvenca v številu valov na cm.

Spekter izstopnega sevanja planeta pa je mogoče bodisi izmeriti s sateliti, bodisi izračunati na podlagi empiričnih podatkov za posamezne pline v ozračju, ki so zbranih v podatkovni zbirki HITRAN, kot sta to naredila van Wijngaarden in Happer [5]. Črna krivulja na **Sliki 6** iz njihove študije velja za sedanjo vsebnost CO_2 v ozračju. Površina pod posamezno krivuljo je enaka izračunanim gostotam sevalne moči za sevalne gostote iz enačbe (11).

Iz **Slike 6** je razvidno, da podvojitve današnje koncentracije CO_2 ne bo privedla do večjih sprememb globalne povprečne temperature, saj je razlika med rdečo in črno krivuljo zelo majhna, znaša manj kot 2% celotnega absorbiranega sevanja v okolici dominantne resonance CO_2 , ki je pri 15 μm , oziroma v okolici 666 valov na cm na horizontalni lestvici. To je posledica dejstva, da je spekter CO_2 že pri sedanji koncentraciji nasičen, ker preprosto ni več fotonov, ki bi jih lahko pri povečani

koncentraciji zajel. To je razvidno na bolj podrobnem prikazu spektra na **Sliki 7**, kjer je vrh ostro omejen z gostoto sevanja tal, oscilacije pa so prisotne le na robovih spektra. Pri podvojeni koncentraciji bi se povečala le strmina robov, ker je pač absorpcijska energija kvantizirana z jakostjo medatomskih vezi CO_2 , in spekter nima možnosti, da bi se še bolj razširil.



Slika 7: Podrobnejši prikaz spektra CO_2 v območju okoli dominantne resonance pri 15 μm , oziroma 666 valov na cm.

Vendar pa imamo še en pomembnejši dokaz, da so pri IPCC napačno ocenili učinek toplogrednih plinov. S pomočjo **Slike 6** in enačbe (11) lahko to nazorno pokažemo.

$$j_s = j_p - G$$

Figure 8: A graphical representation of the equation $j_s = j_p - G$. It shows three yellow-filled plots: the first is j_s , the second is j_p , and the third is G . The equation is written above the plots, and the plots are arranged to visually demonstrate that j_s is equal to j_p minus G .

Slika 8: Prikaz enačbe (11) v grafični obliki.

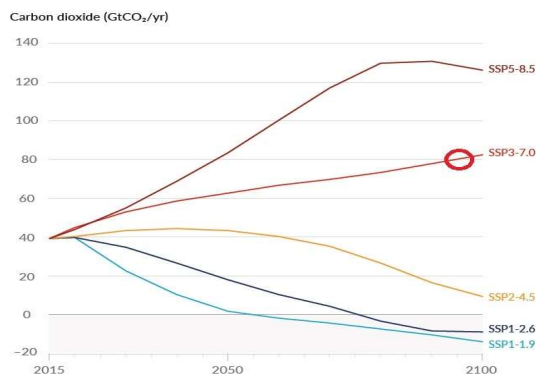
Ker se vstopno sončevo sevanje j_s skoraj konstantno, se tudi izstopno sevanje j_z dolgoročno ne spreminja s koncentracijo CO_2 (kot potrjuje tudi **Slika 2**). To pomeni, da mora biti sprememba G natančno enaka spremembi sevanja površine, j_p . Za podvojitve koncentracije CO_2 smo že z enačbo (7) izračunali spremembo gostote sevalne moči, ta prispeva 3,7 W/m^2 . Za toliko bi se v teh okoliščinah povečal tudi toplogredni učinek G .

Vendar pri IPCC podajajo drugačno oceno, pravzaprav več različnih ocen odvisno od posameznega scenarija znižanja izpustov toplogrednih plinov. Ti scenariji se v AR6 imenujejo *Shared Socio-economic Pathways*, SSP. Vsakemu SSP scenariju so dodelili drugačno stopnjo znižanja izpustov, učinek pa so potem označili z dvema številoma, prvo število pomeni predvideni porast temperature, drugo število pa je pripadajoče povečanje gostote sevalne moči.

Za zgled vzemimo SSP3-7.0, (**Slika 9** in **Slika 10**) ki v AR6 predstavlja primer, ko bi se izpusti še naprej povečevali po sedanji stopnji in za njihovo zmanjševanje ne bi naredili ničesar (temu scenariju pravijo *Business As Usual*). Predvidevajo da bi se v tem primeru količina izpustov CO_2 podvojila leta 2095.

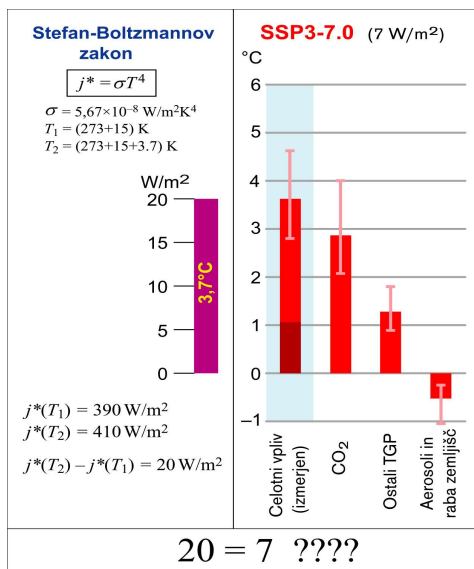
Torej bi se od leta 2015 do leta 2095 izpusti povečali s sedanjih 40 na 80 milijard ton na leto. Ta prirast pomeni vsako leto

od dodatnih 0,5 milijarde ton CO₂. Toda meritve vsebnosti CO₂ zadnjih 60 let kažejo, da ta narašča za polovico počasneje kot naraščajo izpusti, saj polovico sproti posrkajo naravni ponori (oceani in fitoplankton, kopenske rastline in bakterije v tleh). Sedanja celotna količina CO₂ v ozračju znaša 3200 milijard ton. Če torej vsako leto v ozračju ostaja dodatnih 0,25 milijarde ton, bi ob sedanjih stopnji rasti izpustov skupno količino CO₂ podvojili v 65 letih od leta 2015, oziroma že leta 2080.



Slika 9: Predvideni scenariji zmanjševanja izpustov po IPCC. Scenarij SSP3-7.0 predvideva nadaljnje povečevanje izpustov po sedanjih letnih stopnjah, kar naj bi leta 2095 privedlo do podvojitve letne količine izpustov (rdeči krogec).

Kako verjetni so ostali scenariji najbrž nima smisla razpravljati. Poglejmo bilanco sevalne moči za SSP3-7.0 po oceni IPCC. Predvideva se najverjetnejši porast temperature za 2,6°C (oziroma najverjetneje v območju med 2 in 5°C) nad sedanjo temperaturo, ki je že za 1,1°C višja od temperature leta 1850, skupno torej 3,7°C; to pa naj bi ustrezalo povečani gostoti sevalne moči za 7 W/m², **Slika 10:**



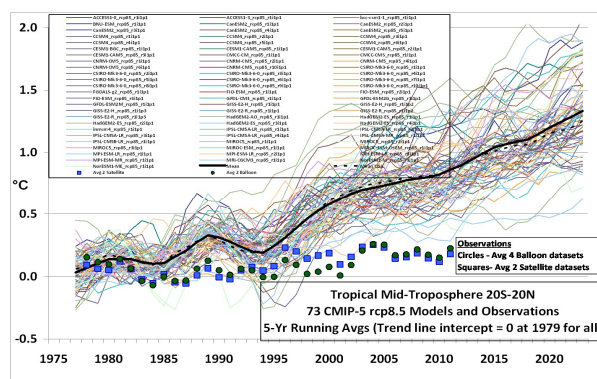
Slika 10: Na desni polovici slike je scenarij SSP3-7.0, povzet po AR6, str. 13 [6]. Na levi pa je izračun gostote sevalne moči za predvideno temperaturno razliko po Stefan-Boltzmannovem zakonu. Številke se ne ujemajo.

Kot vidimo na desni strani **Slike 10**, znaša izmerjeno povečanje povprečne globalne temperature od leta 1850 do danes okoli 1,1°C, nad tem pa je dodano najverjetneje povečanje v primeru podvojitve celotne količine CO₂ v ozračju, kar je ocenjeno na 2,6°C, skupno torej 3,7°C. Od tega odpade samo na CO₂ okoli 2,9°C, ostali toplogredni plini prispevajo še 1,3°C, izpusti aerosolov pa ohladijo ozračje za okoli 0,5°C. Po scenariju SSP3-7.0 se to povišanje temperature zgodi zaradi povečanega toplogrednega učinka za 7 W/m².

Toda po Stefan-Boltzmannovem zakonu povišanju temperature za 3,7°C ustreza povečanje gostote sevalne moči za 20 W/m².

Kako je lahko 20 = 7? Na to vprašanje ni odgovora. Sklepamo lahko le, da pri IPCC že v osnovi niso pravilno zastavili problema in je model na **Sliki 4** vsaj pomanjkljiv, če že ne povsem napačen, pa tudi to, da se nihče ni potrudil preveriti kako se sedanje sevalno ravnovesje planeta ujema s tistim predvidenim za primer podvojitve vsebnosti CO₂ v ozračju.

Dodatna težava je, da je ta napaka v klimatski občutljivosti za faktor 3× vgrajena v vse računalniške klimatske modele in so posledično vse napovedi rasti temperature do konca tega stoletja močno pretirane. To dejstvo je bilo očitno že leta 2010, ko sta dr. Roy Spencer in dr. John Christy zbrala in objavila napovedi rasti temperature 73 računalniških klimatskih modelov, ter jih primerjala s temperaturami izmerjenimi do leta 2010 s sateliti in meteorološkimi baloni, **Slika 11:**



Slika 11: Napovedi rasti globalne temperature 73 računalniških klimatskih modelov od leta 1978 do leta 2023 v primerjavi z izmerjenimi temperaturami do leta 2010 (tenke črte so napovedi potekov temperatur posameznih modelov, debelejša črna črta je njihovo 5-letno povprečje, modri kvadratici predstavljajo letna povprečja satelitskih meritev, črni krogi pa so meritve z meteorološkimi baloni).

Žal ta napaka ni brez posledic tudi v realnem svetu, gre namreč za verjetno najdražjo računsko napako v zgodovini človeštva. Zaradi te napake je bilo do sedaj na svetovni ravni po nepotrebnem zapravljeno po grobi oceni več kot 18 bilijonov ameriških dolarjev (samo v Nemčiji je bilo za njihov program *Energiewende* v 15 letih porabljenih okoli 600 milijard evrov, v ZDA pa 3800 milijard dolarjev). Posredna škoda pa je še mnogo večja, saj je zaradi tega bilo po svetu ustavljenih veliko investicij v energetske, industrijske in kmetijske razvoj, kar bi prineslo velik

družbeni napredek, še zlasti v državah v razvoju bi to v veliki meri pripomoglo k zmanjšanju revščine in lakote.

3 Zaključek

Izračuni s katerimi IPCC, za njimi pa pretežni del svetovne politike in množičnih medijev ustrahujejo prebivalstvo s posledicami prihodnjih podnebnih sprememb in posledično upravičujejo uvajanja raznih omejitvenih ukrepov s ciljem zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov, vsebujejo številne napake. Nekaj najbolj resnih je opisanih v tem članku, izračuni dokazujejo, da je ocenjen vpliv toplogrednih plinov na podnebje prevelik vsaj za faktor $3\times$. Zaskrbljujoče je, da se o teh napakah ne govori niti v znanstvenih krogih, pa je ravno znanost tista, ki bi morala vse tovrstne teoretične predpostavke in na njih zasnovane izračune sproti temeljito preverjati in morebitne napake odpravljati. Da se to ne dogaja je najbrž posledica dejstva, da so tudi mnogi znanstveniki podlegli političnim pritiskom in grožnjam z omejevanjem financiranja znanstvenih raziskav tako samim znanstvenikom kot njihovim institucijam, če bi javno dajali izjave, ki ne soglašajo z uradnimi političnimi opredelitvami do problemov vpliva na podnebje. To seveda ne pomeni, da vpliva človeških dejavnosti na podnebje ni. Vendar bi morali biti ti vplivi realno ocenjeni, morebitni nujni omejevalni ukrepi pa temeljito pretehtani in sorazmerni, predvsem pa naj ne bi povzročali več škode kot koristi.

ZAHVALA

Avtor se zahvaljuje Vladimirju Alkalaju in Rafaelu Mihaliču za pomoč pri strokovnem pregledu in preverjanju besedila.

IZJAVA

Avtor za ta članek ni prejel nobene finančne ali kakršne koli druge podpore javnih institucij ali privatnih organizacij. Stališča in strokovne ugotovitve izražene v članku so izključno sad avtorjevih izračunov na podlagi javno dostopnih izmerjenih podatkov in pregledovanja svetovne literature na tem področju in ne izražajo uradnih stališč ali opredelitev ustanove v kateri je avtor zaposlen.

VIRI

- [1] J. Fourier, 1827: MEMOIRE sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires; (prevod v angleščino: W. M. Connolley) <http://www.wmconnolley.org.uk/sci/fourier_1827/fourier_1827.html>
- [2] S. Manabe, F. Möller: On the Radiative Equilibrium and Heat Balance of the Atmosphere, Monthly Weather Review, Vol. 89, Num. 12, Dec. 1961 <<http://docs.lib.noaa.gov/rescue/mwr/089/mwr-089-12-0503.pdf>>
- [3] Šesto poročilo IPCC: AR6, Ch.7, Figure 7.2, str. 934 (2021), <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>>
- [4] Howard Hayden, Ph.D.: The Magic Trick of Climate Science. <<https://www.youtube.com/watch?v=klWJQBY-xnE>>
- [5] W. A. van Wijngaarden, W. Happer: Dependence of Earth's Thermal Radiation on Five Most Abundant Greenhouse Gases, June 8, 2020, <<https://arxiv.org/pdf/2006.03098.pdf>>
- [6] Šesto poročilo IPCC: AR6, SPM, Figure SPM.4, str. 13 (2021), <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>>

Vrednost električne energije intermitirajočih virov in kanibalizem na trgu z električno energijo

Value of Electricity From Intermittent Sources and Electricity Market Cannibalism

Rafael Mihalič
UL, Fakulteta za elektrotehniko
Tržaška 25
Ljubljana, Slovenija
rafael.mihalic@fe.uni-lj.si

POVZETEK

Intermitirajoči viri električne energije (OVE), predvsem vetrne (VE) in sončne elektrarne (SE), prevzemajo vedno večji delež v proizvodnji električne energije. V Sloveniji je rast količine SE eksplozivna. Ta razvoj lahko pripišemo subvencijam in privilegirani položaju na trgu. Če naj bi bila "veter in sonce zastoj" in subvencije kljub temu potrebne, se lahko upravičeno vprašamo: "Koliko pa je na trgu sploh vredna električna energija iz OVE?"

V članku smo zato za Nemčijo in Slovenijo analizirali tržno vrednost proizvodnje OVE za leto 2023 in prvo polovico leta 2024. Izračuni so temeljili na javno dostopnih podatkih.

Izkazalo se je, da zaradi lastnosti OVE in obratovalnih značilnosti elektroenergetskega sistema (EES) tako v Nemčiji, kakor Sloveniji, pride do izrazitega tako imenovanega kanibalskega učinka na trgu. V Sloveniji omenjeni učinek zmanjša tržno vrednost energije iz SE v letu 2024 na nekaj nad polovico tiste, ki bi jo pričakovali, če v EES ne bi bilo SE. Ta vrednost je le malo nad tisto v Nemčiji, čeprav je relativni delež energije iz SE približno 2 x manjši, kot v Nemčiji. Sklepamo, lahko, da zaradi povezanosti Entso-e sistema Nemci problem kanibalizma cen deloma "izvažajo", mi pa "uvažamo".

Pri vsem tem nismo upoštevali stroškov obratovanja in nadgradnje EES zaradi OVE. Že samo "redispatching" potisne vrednost energije iz Nemških SE navzdol proti ¼ pričakovane vrednosti (tiste brez SE v EES).

Brez slabe vesti lahko torej trdimo, da se bo dejanska tržna vrednost energije bodočih OVE ob trenutnem trendu rasti hitro bližala vrednosti 0. In to ne upoštevajoč dodatnih stroškov EES zaradi OVE.

ABSTRACT

Intermittent electricity sources (RES), in particular wind power (WT) and solar energy (SE), are accounting for an increasingly large share of electricity generation. In Slovenia, the growth of SE is explosive. This development is due to subsidies and a privileged position on the market. If 'wind and sun are free'

and subsidies are nevertheless necessary, one can rightly ask: 'How much is electricity from renewable energies worth on the market?'

In this article, we have therefore analysed the market value of renewable energy generation for Germany and Slovenia for 2023 and the first half of 2024. The calculations are based on publicly available data.

It turns out that due to the characteristics of RES and the operating characteristics of the electric power system (EPS), there is a pronounced so-called cannibal effect on the market in both Germany and Slovenia. In Slovenia, this effect reduces the market value of energy from SE in 2024 to just over half of what would be expected if there were no renewables in the EPS. This value is only slightly higher than in Germany, although the relative share of energy from SE is only about half as high as in Germany. From this we can conclude that, due to the interconnectedness of the Entso-e system, the Germans are partly 'exporting' the problem of price cannibalism, while we are 'importing' it.

None of this takes into account the costs of operating and upgrading the EPS for renewable energies. Redispatching alone reduces the value of energy from German SE to ¼ of the expected value (that without renewables in the EPS).

It is therefore safe to say that the real market value of energy from future RES will quickly approach 0 given the current growth trend.

KLJUČNE BESEDE

Obnovljivi viri energije, OVE, cene električne energije, elektroenergetski trg, tržna vrednost električne energije, kanibalski učinek

KEYWORDS

Renewables, RES, Electricity prices, Electricity market. Market value of electric power, Cannibalisation effect

1 UVOD

V predhodnem prispevku (na istem mestu pred enim letom) [1] smo analizirali problem ovrednotenja investicij v obnovljive vire energije (OVE). Kakor je bilo izpostavljeno, splošno sprejeta metodologija izrazito favorizira izgradnjo OVE in ne upošteva vrste dejavnikov in potrebnih investicij v prilagoditev celotnega elektroenergetskega sistema (EES).

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

Hkrati odpira vrsto ne le ekonomskih, pač pa splošnih družbenih dilem povezanih s pojmovanjem enakopravnosti ljudi v družbi v smislu "*quod licet iovi non licet bovi*" (pomensko: "Kar je dovoljeno nekaterim, ni dovoljeno drugim!"). Dodatno gre pri tem za politično pogojeno prerazporeditev premoženja ljudi, če uporabimo blagi izraz.

Izkazalo se je tudi, da v primeru "nekega zmernega" deleža OVE v določenem EES kakih večjih problemov in v prispevku izpostavljenih dilem ni oz. so zanemarljive in problemi tehnično obvladljivi z obstoječim EES. Kakor pa delež OVE zraste nad omenjeni "zmerni delež" in se začne bližati politično sprejetim in ekonomsko in tehnično nerazumnim mejam, pa problemi (in stroški) eskalirajo. Kje je meja tega "zmernega deleža" je vprašanje za milijon dolarjev in je skoraj ni moč izračunati. Pogojena je s strukturo EES, lastnostmi in vrsto virov električne energije, lastnostmi porabnikov itd. Pa tudi, če bi bila znana, to za politiko, za religiozno prepričane ljudi in oportuniste ne bi pomenilo veliko. Pač v smislu "*après nous, le déluge*" (za nami potop).

Za neko družbo oz. državo, kot celoto, torej velja, da omenjenega "zmernega deleža" ni smiselno preseči. Še zdaleč pa ne velja za akterje na trgu, ki v taki situaciji lahko pridobijo velike ekonomske koristi. V tržnem gospodarstvu s tem sicer ni nič narobe, problem pa je, da so te koristi pogojene s siromašenjem tihe večine in z "zdravo konkurenco" nimajo veliko opraviti. Zlobneži bi to pospremili s pripombo o "ribarjenju v kalnem" in na situacijo lahko v določeni meri gledamo tudi s tega stališča, saj večini ljudi niti približno ni jasno, kako zadeve potekajo in za kaj gre. Edino, kar opazijo je, da se vse draži, plače capljajo bolj ali manj na mestu ali zelo obotavljivo in z velikim časovni zamikom skušajo slediti inflaciji, na sosednjih vilah so "en, dva, tri" zrasle sončne elektrarne preko celih streh in prizidkov, njim pa "elektro" ne dovoli postaviti par panelov na uti, ker so "kapacitete omrežja izčrpane".

V tržnem gospodarstvu pač razvoj družbe diktirajo pravila trga, zato si v nadaljevanju pogledjmo, kakšno vlogo na njem igrajo intermitirajoči OVE (sončne, vetrne elektrarne) in kakšna je dejanska tržna vrednost njihove električne energije. Z drugimi besedami; zanima nas, koliko bi bila na trgu vredna električna energija OVE, če bi za vse nove OVE elektrarne ta trenutek ukiniteli njihov privilegirani položaj na trgu z električno energijo in bi bile te povsem izenačene s "klasičnimi" viri.

Pri analizi smo pod drobnogled vzeli zadnje leto in pol dogajanja na nemški in slovenski borzi z električno energijo. Omenjeno časovno obdobje smo izbrali, ker podatki zaradi pretresa in spremembe funkcioniranja celotne družbe med "obdobjem covid" niso relevantni, po drugi strani pa je večanje instalirane moči in s tem deleža OVE pri proizvodnji električne energije tako hiter, da analiza stanja pred letom 2020 ne bi imela nobenega smisla.

Nemčija je bila izbrana, ker gre za državo, ki je po eni strani sinonim za "*Energiewende*" (energijski preobrat) in zaradi njene ekonomske in politične teže v veliki meri diktira evropsko politiko na tem področju, po drugi strani pa ima odličen sistem javno dostopnih podatkov povezanih s proizvodnjo virov električne energije (recimo [2, 3]). Pri Sloveniji smo se seveda omejili le na sončne elektrarne (SE), saj je prispevek vetrnih elektrarn (VE) zanemarljiv.

2 OSNOVE TRGA ELEKTRIČNE ENERGIJE "ZA TELEBANE"

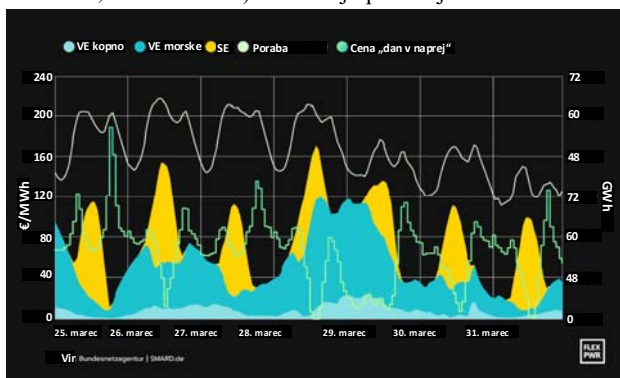
Principi trgovanja z električno energijo v Evropi so relativno zapleteni in so za povprečnega prebivalca Evrope prej, kot ne, španska vas. Tudi elektrotehniki na področju elektroenergetike, ki se z omenjenim trgom (v nadaljevanju označujemo s "trg" dejavnosti povezane s trgovanjem z električno energijo) ne ukvarjamo neposredno, se večinoma ne moremo pohvaliti z ekspertnim znanjem na tem področju. Ker pa razvoj EES v veliki meri diktira prav trg, je potrebno poznati vsaj njegove osnove, saj sicer ni mogoče niti razumeti, niti predvideti, niti načrtovati prihodnjega razvoja EES. Zlasti slednje dejstvo pa je ključnega pomena za zanesljivo dobavo električne energije in ga opisuje znana krilatica: "Ko se v EES pojavijo problemi, je že 10 let prepozno." Torej si v nadaljevanju oglejmo nekaj osnovnih dejstev v smislu serije knjig "Za telebane", ki se jih nekoliko izkušenejši še dobro spomnimo in so predstavljale pravo odrešitev za povprečne uporabnike česarkoli že.

Trg z električno energijo v EU so začeli uvajati ob koncu prejšnjega stoletja in se od tedaj neprestano razvija. Že v 80-tih je Evropska komisija začela zagovarjati tako imenovani prosti evropski trg z električno energijo. Prej so bili namreč EES bolj ali manj omejeni na posamezne države. Povezovanje EES med seboj in vzpostavljanje velikega sinhrono delujočega sistema je tehnično in regulatorno izjemno kompleksna naloga in lahko traja reda desetletja, kakor kaže praksa pri priključitvi dežel vzhodnega bloka po padcu železne zaves. Ima pa velik, povezan EES, velike prednosti pred majhnim in omogoča zanesljivejše in cenejše obratovanje. Ker gre za tehnično zelo zapleten sistem, pri katerem je, zato da sploh lahko stabilno obratuje, potrebno zagotavljati določene tehnične pogoje in upoštevati tehnične omejitve, mora biti tudi trg z električno energijo z jasnimi pravili in omejitvami zasnovan tako, da je skladen s tehničnimi pogoji za varno obratovanje EES. Električna je namreč izrazito neprimerno blago za trgovanje in lahko bi rekli, da zanjo prosti trg ni ustrezna rešitev. Problem pa je, da zaenkrat v družbenem sistemu, v katerem živimo, boljše rešitve ne poznamo.

Osnova obratovanja EES je dejstvo, da se ta mora sprosti prilagajati (zagotavljati energijo) porabi, ki se tekom vsake minute, ure, dneva, tedna, sezone ves čas spreminja. Skratka proizvodnja in poraba morata biti ves čas v ravnotežju. To ravnotežje pa zagotavljajo elektrarne z neprestanim prilagajanjem proizvodnje. Različne elektrarne pa imajo različne obratovalne karakteristike, različno sposobnost prilagajanja proizvodnje, različne načine in čase zagona, različne investicijske stroške, različne tekoče stroške (cena primarnega energenta, na primer goriva), različne stroške zagona, različne dinamične lastnosti, različne možnosti zaustavitve (pri npr. jedrskih elektrarnah sta zaustavitve in ponoven zagon kompleksen in dolgotrajen, več dni trajajoč proces, povezan z velikimi stroški), pa še kaj bi se našlo. Stohastični OVE (VE, SE) dandanes nimajo sposobnosti prilagajanja potrebam EES, kar sicer ne pomeni, da je tehnično ne bi mogle imeti, vendar za ceno manjših dobičkov, v kolikor to ne bi bilo podprto s še dodatnimi subvencijami. Ker torej OVE nimajo ene od osnovnih lastnosti, ki jih elektrarne *morajo* imeti, jih pravzaprav ne moremo imenovati "elektrarne". To so stohastični viri električne energije in kar "narava da", pač proizvedejo. Tu pa se že nakazuje, kam pes taco moli. Razliko med proizvodnjo in porabo (ki se ves čas

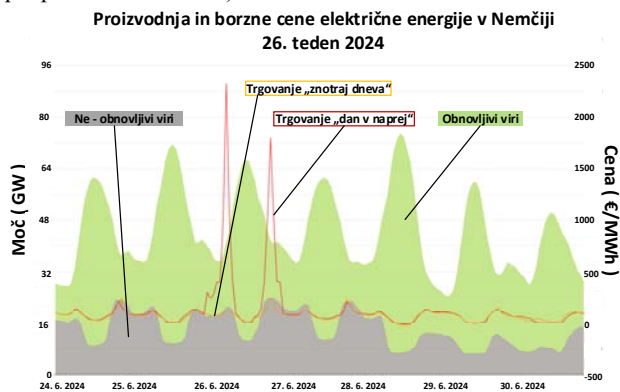
spreminja) morajo izravnati "klasični" viri (ali v prihodnosti shranjevalniki električne energije, ki pa so zaenkrat za resno sistemsko shranjevanje za red velikosti predragi, razen tega pri današnji tehnologiji na Zemlji še zdaleč niti ni dovolj surovin zanje). Seveda obstaja tudi možnost prilagajanja porabnikov (prostovoljnega ali prisilnega – beri izklopi), ampak s tem je razkošja kadarkoli dostopne elektrike za ljudi konec in znamenite redukcije iz 80-tih let v katerih ne bi uživali verjetno niti največji nostalgiki, lahko doživijo renesanso.

Omenjeni problemi so tem večji, čim večji je delež OVE. Kljub posebnostim trga z električno energijo, pa na njem vendarle še vedno veljajo klasična tržna pravila, torej če je blaga veliko, je poceni, če ga je malo, pa je drago. Ker je električna energija za funkcioniranje družbe nujna, zato lahko ob pomanjkanju doseže neverjetne cenovne skoke (v J. Avstraliji npr. v nekaj urah skoraj 300+ - kratnik, torej 30 000 % dolgoletnega povprečja [4]). Še zanimivejša je situacija, ko je elektrike preveč. Nekaterih elektrarn in tisočev SE namreč ni moč poljubno izklapljati. Takrat doseže električna energija na borzi vrednosti blizu nič ali celo negativne vrednosti (V smislu: "Plačamo, samo vzemi!"). Ilustracijo prikazuje slika 1.



Slika 1: Proizvodnja OVE in cena na borzi EPEX (Nemčija) zadnji teden marca [5]

Jasno je razvidno, da sta cena na borzi in proizvodnja OVE obratno korelirani. Še bolj zanimiva je situacija na isti borzi junija in julija, kjer je cena v 12 urah skočila iz vrednosti malo nad 0 na skoraj 2500 €/MWh in nazaj na 0 ter v naslednjih 12 urah podobno – slika 2, 14. junija pa je bila cena okrog poldneva negativna, približno -150 €/MWh (negativen trikratnik neke povprečne borzne cene).



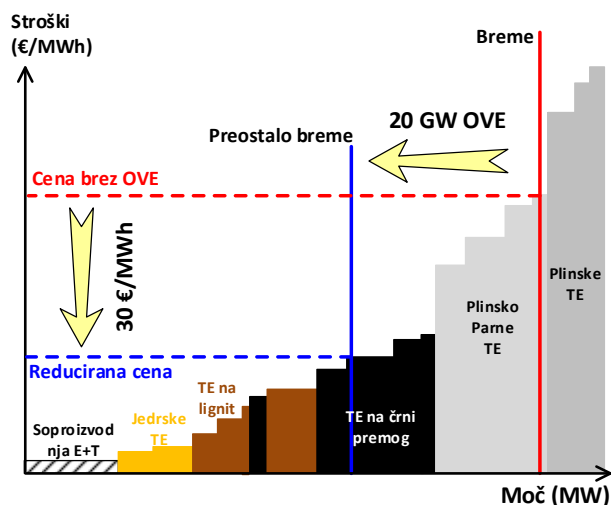
Slika 2: Proizvodnja OVE in cena na borzi EPEX (Nemčija) zadnji teden junija [1]

Mesec dni kasneje, 14. julija, je bila cena negativna med 8. uro zjutraj in 17. uro.

Ob tem se lahko upravičeno vprašamo, kak smisel sploh ima graditi recimo dodatne SE, če je pa takrat, ko proizvajajo največ, cena elektrike skoraj nič, in kako se obstoječim izide račun. Kratek odgovor je: "Ker so subvencionirane in njihov dohodek ni odvisen le od tržne cene." Torej lastnikov kaj dosti ne motijo negativne cene na borzi. Seveda pa to vpliva na vse udeležence na borzi. Problematične so zlasti elektrarne, ki rabijo dolgo časa (beri: je drago) za zagon in tiste, ki imajo sicer nizke stroške obratovanja in velike stalne stroške (beri: velika investicija) in torej za rentabilnost potrebujejo veliko obratovalnih ur. Tipično gre za jedrske elektrarne, dobre premogovne elektrarne z visokim izkoristkom, plinsko-parne elektrarne, lahko tudi za pretočne hidroelektrarne oz. elektrarne z majhno akumulacijo (ravno včeraj, 5. 7. sem iz prve roke izvedel, da hidroelektrarne na Savi že ves mesec po malem prelivajo vodo, ker je elektrike čez dan preveč in je sistem ne more absorbirati).

V takih razmerah se elektrarn z nizko ceno primarnega energenta in visokimi investicijskimi stroški (beri: dobrih, energetsko učinkovitih elektrarn) ne izplača graditi. Ob nespremenjenem trendu bi količina OVE narasla do meje, ko bi ob ugodnih naravnih danostih proizvajali velike presežke električne energije, ki bi jih bodisi na nek način "metali v stran" (recimo s prelivanjem vode v hidroelektrarnah in/ali zaustavitvijo jedrskih elektrarn) ali shranjevali v hranilnikih električne energije. Problem je, da so za shranjevanje na sistemskem nivoju ti pri obstoječi tehnologiji za red velikosti predragi, razen tega zanje na Zemlji ni dovolj surovin. Na OVE in hranilnikih temelječ EES je sicer tehnično teoretično mogoče izgraditi, vendar njegove cene niti najbogatejša družba ne bi mogla plačati.

Ob tem še enkrat poudarimo, da pri dosednji razpravi o ceni elektrike gre za ceno, ki bi jo dosegla na borzi dodatna elektrarna (marginalna cena), in da ne moremo celotne količine električne energije iz OVE ovrednotiti po tej ceni (marginalni). To bi veljalo le za ta trenutek dodano dodatno elektrarno. Če bi namreč odvzeli vso električno energijo OVE, bi se cene drastično spremenile. Logiko ponazarja slika 3.



Slika 3: Logika določanja cene na borzi Vir: prirejeno po[6]

Na sliki 3 je obrazložena logika določanja borzne cene po obstoječih pravilih. Na abscisni osi je potrebna moč porabe in/ali proizvodnje, predvidena za npr. določeno uro prihodnjega dneva, na abscisi pa je cena za 1 MWh električne energije. Višina bar diagramov predstavlja minimalno ceno, ki jo lahko na trgu ponudijo posamezne elektrarne (na MWh). V bistvu gre za lastno ceno proizvodnje, pod katero bi proizvajale izgubo. Cena zadnje elektrarne, ki je potrebna za zadovoljitev porabe (recimo stičišče polne in črtkane rdeče črte) potem velja (toliko dobijo plačano) za vse elektrarne na levi strani. Problem te logike je, da se OVE privzeto postavijo s ceno 0 na začetek tega diagrama. Na ta način imajo zagotovljen odjem, kar je po "zdravi kmečki logiki" povsem ustrezno. Na ta način se poraba iz "klasičnih" elektrarn zmanjša (na sliki 3 konkretno za 20 GW), saj jo pokrijejo OVE. Posledično se "rdeča črta" pomakne v diagramu proti izhodišču na območje cenejših elektrarn (modra črta).

To ima dve, pravzaprav tri posledice. Prva posledica je, da dobre plinsko – parne elektrarne in elektrarne na črni premost ostanejo "brez posla" – glej sliko. Če se to dogaja pogosto, postanejo nerentabilne in bankrotirajo. Druga posledica je, da vse elektrarne levo od modre črte zaslužijo manj. Za fiksno subvencionirane OVE (tudi t. i. "net-metering" lahko štejemo v to skupino) to ni tak problem, za ostale pa je. Tretja posledica pa je pravzaprav posledica prvih dveh in pomeni, da nihče ne bo več investiral denarja v dobre elektrarne z dobrim izkoristkom, ki pa jih je praviloma problematično pogosto zaganjati/ugašati oz. jim močno variirati obremenitev. Po tej logiki se bo izplačalo graditi le poceni elektrarne s slabim izkoristkom in zelo dragim primarnim energentom. Slednje ni ovira, saj ko OVE "presahnejo", je cena samo nebo ("sky is the limit") – glej npr. sliko 2.

Še opomba; na sliki 3 nas ne sme zavesti nizka cena jedrskih elektrarn. Gre za spremenljive stroške, ki so pri njej zelo nizki. Če bi upoštevali investicijo, pri tej ceni ne bi bila nikoli rentabilna. To dejstvo je seveda odločilno za investicije v nove objekte.

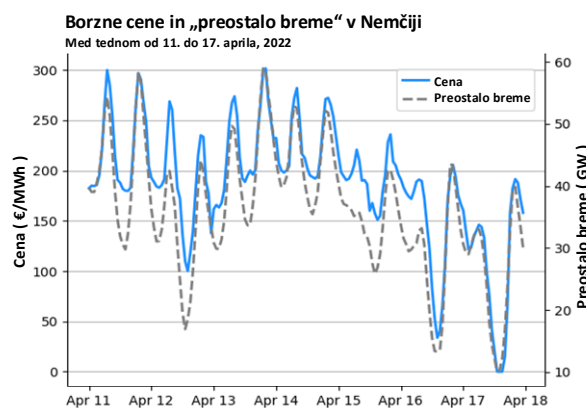
Na ta način pa se tudi dejanska tržna vrednost proizvodnje OVE zmanjša. Več je OVE, bolj je ta pojav izrazit, bolj se niža tržna cena drugim elektrarnam in tudi samim OVE. Govorimo o tako imenovanem učinku kanibalizma ("cannibalisation effect").

Omenjena razlaga opisuje osnovni princip, obstaja še kup dodatnih mehanizmov, ki tehnično omogočajo, da EES stabilno obratuje in lahko ceno potisnejo tudi v negativne vrednosti (kar po opisani logiki ni mogoče).

Podrobnejši ekonomski izračuni so razmeroma kompleksni in podrobneje razložijo, zakaj z večanjem subvencioniranih SE in VE privede do padca vrednosti njihove električne energije na borzi proti ali celo pod 0.

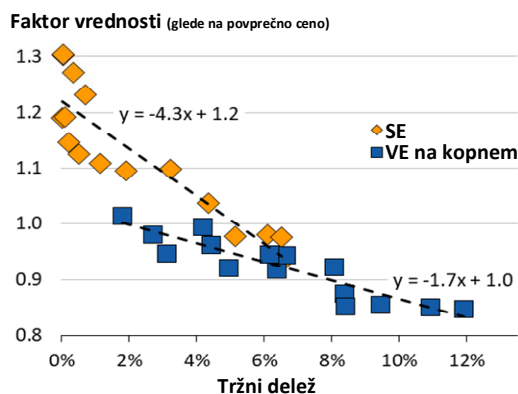
Pri zelo majhnem deležu OVE v EES cena oz. vrednost električne energije sledi logiki, ki smo jo poznali pred desetletji. Ponoči in med dela prostimi dnevi, ko večina ljudi in industrije rabi manj elektrike, je cena nizka, podnevi pa je poraba bistveno višja in temu ustrezno tudi cena. Zato je vloga SE v začetku za obratovanje EES pozitivna. Slika pa se diametralno spremeni, če recimo SE v nekem EES proizvedejo reda 10 ali 15 % elektrike. Majhni omenjeni številki sta lahko zavajajoči in delež SE lahko pomeni za EES veliko večji problem, kot bi lahko sklepali iz njiju. Namreč, SE imajo v Sloveniji obratovne ure, ali bolj po domače, izkoriščenost (koliko dejansko proizvedejo v primerjavi z njihovim teoretičnim maksimumom = maksimalna osončenost

24 ur na dan), nekje okrog 10%. To pomeni, da je pri 10% deležu proizvodnje vgrajena moč SE okrog povprečne proizvodnje sistema. Ko torej sonce zasi je opoldne povsod "na polno" (se zgodi tu in tam), SE praktično pokrijejo porabo. Kam pa z viški iz elektrarn, ki jih ni moč zaustaviti? Možnosti je sicer več, a nobena ni ravno poceni. Nemci npr. v takih primerih izvažajo elektriko skoraj zastoj, zvečer (ko SE "ugasnejo") pa jo po zelo visoki ceni uvažajo. In potem se ljudje čudijo, da se elektrika draži, in da ima Nemčija skoraj najdražjo elektriko na svetu?! Ilustracija je na sliki 4, ki prikazuje ceno elektrike (modra krivulja) v odvisnosti od t. i. preostalega bremena (residual load), se pravi bremena, ki ga ni moč pokriti z OVE (modra vertikalna črta na sliki 3), pač pa s klasičnimi elektrarnami (ali uvozom). Če OVE pokrijejo skoraj vsa porabo, je seveda preostalo breme majhno (slika 3 – modra črta gre levo, črtkana modra črta pa se pomika navzdol) in cena pade, v skrajnem primeru na 0.



Slika 4: Kanibalska logika; več OVE, manjša cena [7]

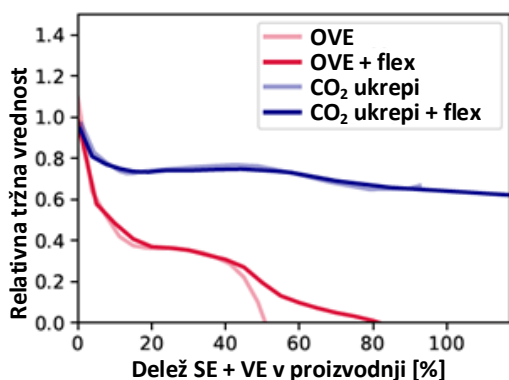
Konkretne izračune so za Nemčijo na podlagi borznih podatkov izvedli v [5] – glej sliko 5 (vsak kvadrataček predstavlja eno leto)! Čeprav so podatki stari in delež OVE še relativno majhen, je logika nedvoumna. Hkrati potrjuje tudi omenjeno premiso, da majhen delež SE na obratovanje EES vpliva blagodejno, saj SE proizvajajo podnevi, ko je poraba (in cena) električne energija višja. Zato je tudi "faktor vrednosti" na začetku okrog 1,3 (130 % povprečne cene) in je nekako do 5 % deleža proizvodnje iz SE nad 1.



Slika 5: Kanibalska logika – dolgoročni trend [6]

Opisana logika je v ekonomiji že dolgo znana in nekaj avtorjev se je problema lotila znanstveno, pri čemer so upoštevali zakonitosti trga v EU, karakteristike EES, možnosti prenašanja

energije po EE omrežju itd. Gre za relativno obsežne izračune, za ilustracijo pa podajamo sliko 6. Avtor prispevka [7] je analiziral scenarije razvoja vrednosti električne energije OVE v odvisnosti od večanja njihovega deleža v proizvodnji EES. Pri tem je ugotovil, da samo s subvencijami, brez posebnih dodatnih ukrepov, vrednost njihove proizvodnje pri 50 % deležu pade proti 0. S povečanjem fleksibilnosti EES v smislu možnosti shranjevanja električne energije in prilagajanja porabnikov (oznaka "flex") je sicer mogoče nekaj narediti, vendar se pri višjem deležu OVE cena še vedno giblje blizu ničle. "Rešitev" je našel v spremembi regulative in drastičnem povečanju cene izpustov CO₂. Kaj si o vsem skupaj mislim, kot davkoplačevalec, ni za objavo.



Slika 6: Ničvrednost energije iz OVE in "Dekanibalizacija" po ekonomistično [7]

3 IN MEDIAS RES ALI KAJ PRAVIJO ŠTEVILKE

Kot je bilo že omenjeno, je vsak EES specifičen glede strukture, lastnosti in razporeditve virov, možnosti prenašanja energije, lastnosti porabnikov itd. Zato kvantitativna analiza scenarijev nekega EES, povezanih bodisi s tehničnimi lastnostmi ali ekonomskimi kazalci, v splošnem ne velja za nek drug EES ali, zlasti pri velikih EES (kar evropski EES je), ne velja niti za druga območja istega EES. Zato smo si zastavili vprašanje: "Kje na teh grafih iz prejšnjega poglavja pa se nahaja Nemčija in kje Slovenija. V uvodu smo navedli razloge za izbiro Nemčije, kot neke reference.

Na podlagi javno dostopnih podatkov torej pogledimo, koliko bi bila na trgu vredna električna energija OVE, če bi za vse nove OVE elektrarne ta trenutek ukinili njihov privilegirani položaj na trgu z električno energijo in bi bile te po logiki iz Slike 3 povsem izenačene s "klasičnimi" viri. Kot rečeno smo v analizi upoštevali zadnje leto in pol dogajanja na nemški in slovenski borzi z električno energijo.

Kljub dobri dostopnosti do podatkov [2, 3], je bilo treba nekatere faktorje privzeti. Zlasti to velja za podatke proizvodnje slovenskih SE. Pred leti so na strani ELES, kjer prikazujejo trenutne in historične podatke o proizvodnji in porabi [9] podajali tudi proizvodnjo SE, vendar so to kasneje ukinili. Pridobivanje teh podatkov namreč ni preprosto. Če je veliko SE na nizki napetosti (hišne SE), bi bilo potrebno sproti zbirati podatke za vsako gospodinjstvo s SE posebej. Zbiranje podatkov na nivoju nizkonapetostnega izvoda ali celo na srednji napetostni strani

namreč ne pove mnogo, saj ni mogoče gotovo ločiti med visoko proizvodnjo SE in hkratno visoko porabo ter nizko proizvodnjo SE in hkratno nizko porabo. Podoben problem velja za lastnike SE s tako imenovanim net-meteringom.

Na omenjeni ELES-ovi strani imajo za podatke proizvodnje SE v Sloveniji preusmeritev na ustrezno stran Entso-e [10] in uporabljeni podatki izvirajo od tam. Borzne cene smo povzeli po [11], podatke o količini instaliranih SE v Sloveniji pa po [12] in [13].

Pri analizi podatkov pa sta se pojavila dva problema. Prvi je bil ta, da so bili nam dostopni podatki o instalirani moči sončnih elektrarn samo za trenutek ob koncu leta. Za natančne izračune, koliko je v bistvu celoten sistem SE izkoriščen, bi potrebovali ta podatek za vsako uro. Ker je bil prirast instalirane moči SE leta 2023 v Sloveniji izjemno visok (več od 400 MW - od manj od 700 MW na več, kot 1100 MW), tudi povprečna vrednost ne bi dala sprejemljivih rezultatov. Razen tega (med analizo) ni bilo mogoče najti podatka o instalirani moči elektrarn na polovici leta 2024. Zato smo privzeli linearno rast instalirane moči SE skozi časovni točki 31. 12. 2022 in 31. 12. 2023 za celotno študirano obdobje. Kasneje je ELES v sporočilu za javnost [14] objavil, da bo uvedel na svoji spletni strani tudi sproti spremljanje proizvodnje in količine obnovljivih virov v Sloveniji. Na žalost za naše obravnavano obdobje to ne pomaga veliko, smo pa imeli priložnost narediti preizkus za eno časovno točko in primerjati ELES-ove nove podatke z našimi predpostavljanimi (ekstrapolacija v letu 2024). Izkazalo se je, da so se skoraj povsem skladajo. To sicer ni dokaz, je pa dober indic, da so naše predpostavke blizu dejanskemu stanju, če zaupamo ELES-ovi oceni trenutnega dejanskega stanja.

Drug problem so predstavljali podatki o urni proizvodnji slovenskih SE na strani Entso-e. Pri analizi se je namreč izkazalo, da je skupna letna proizvodnja (preprost seštevek urnih podatkov) veliko manjša, kot bi jo pričakovali iz podatkov o instalirani moči SE glede na nek tipičen faktor izkoriščenosti (kot rečeno okrog 10 %) in tudi bistveno manjša od podatka na [12]. Špekuliramo lahko, da je slovenski operater pošiljal Entso-e le podatke, do katerih je imel dostop (nekaj več kot polovica ocenjene dejanske energije SE). Zato smo urne podatke o proizvodnji SE v Sloveniji normirali tako, da je na koncu leta bila energija enaka objavljeni letni proizvodnji [12]. Tak pristop je smiseln, ker dejanski poslani podatki, čeprav niso kompletni, podajo časovno razporeditev proizvodnje, z drugimi besedami, kakor je osončena polovica SE, približno tako je po vsej verjetnosti osončena tudi druga polovica. V prejšnjem odstavku omenjeni test je to predpostavko povsem potrdil.

Menimo, da je nekoliko daljši uvod s pojasnilom glede uporabljenih podatkov nujen, ker leži izvirni greh množice študij in prispevkov (zlasti na področju tako imenovane podnebne politike in energetike, ki "dokazujejo" potrebo po neskončnem plačevanju t. i. zelenega prehoda) v prirejenih ali selekcioniranih podatkih (Dokazov in analiz na to temo je veliko, a zaradi nebitvenosti referenc na tem mestu ne navajamo). V nadaljevanju torej pogledimo, kaj so pokazali izračuni.

3.1 Situacija v Nemčiji

Izračuni za leto 2023 in prvo polovico leta 2024 za razmere v Nemčiji so predstavljeni v nadaljevanju.

Tabela 1: izračuni za Nemčijo

Izračunana vrednost ↓ / Leto →	2023	2024
Povprečna cena na borzi [€/MWh]	95	68
Povprečen zaslužek 1 MW VE na uro [€/h]	19,4	14,6
Povprečen zaslužek 1 MW SE na uro [€/h]	6,7	4,3
Vrednost proizvodnje VE glede na povprečno ceno na borzi [%]	85	87
Vrednost proizvodnje SE glede na povprečno ceno na borzi [%]	77	64
Delež VE v proizvodnji D [%]	32	29
Delež SE v proizvodnji D [%]	12	13
Strošek redispatchinga [Mrd €]	2,35	1,175*
Vrednost proizvodnje VE obremenjene za delež redispatchinga na instalirano moč** glede na povprečno ceno na borzi [%]	63	60
Vrednost proizvodnje SE obremenjene za delež redispatchinga na instalirano moč** glede na povprečno ceno na borzi [%]	54	37

* - privzeto

** - v Nemčiji konkretno delitev med VE in SE ca. pol – pol.

Preurejanje predhodno dogovorjene proizvodnje (redispatching) lahko v veliki meri pripišemo volatilnosti proizvodnje OVE. Seveda podatkov, kdo je za posamezen primer "odgovoren" ni in tega velikokrat niti ni moč nedvoumno ugotoviti. Menimo, da razdelitev med VE in SE glede na njihovo instalirano moč predstavlja sprejemljiv kompromis, ki poda vsaj dobro oceno za ta del stroškov implementacije OVE v EES.

3.2 Situacija v Sloveniji

Adekvatno izračunom za Nemčijo smo izvedli te tudi za Slovenijo. Osnovna razlika med naboroma je v tem, da v Sloveniji nismo upoštevali VE, ker je njihov delež zanemarljiv.

Tabela 2: izračuni za Slovenijo

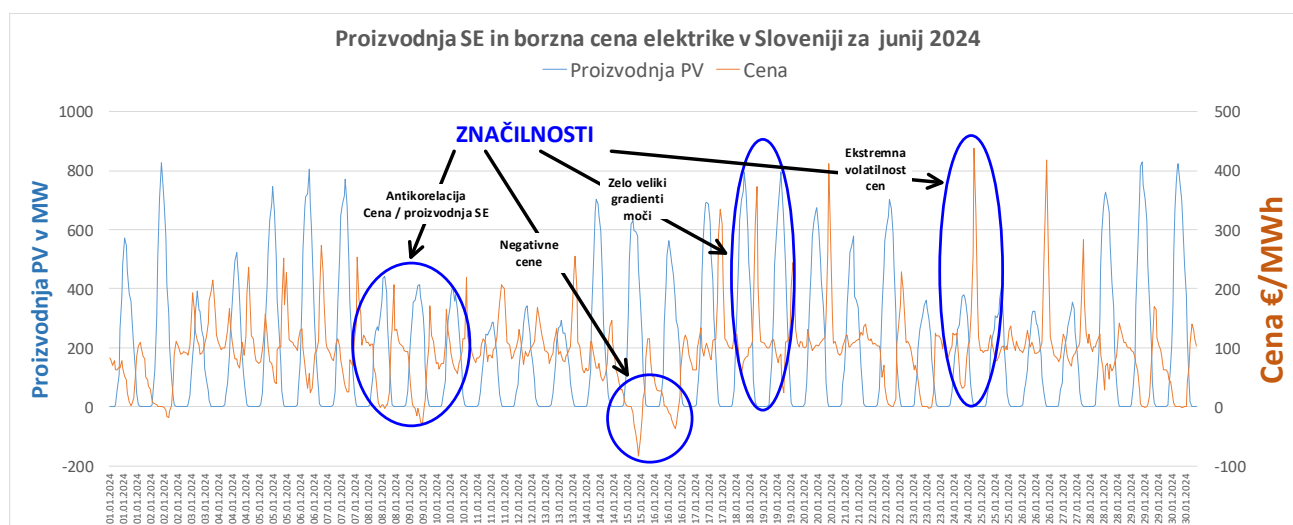
Izračunana vrednost ↓ / Leto →	2023	2024
Povprečna cena na borzi [€/MWh]	104	73
Povprečen zaslužek 1 MW SE na uro [€/h]	6,6	5,1
Vrednost proizvodnje SE glede na povprečno ceno na borzi [%]	83	70
Delež SE v proizvodnji RS [%]	4,6	7,7

Poglejmo, kaj nam povedo navedene številke.

3.3 Diskusija

Preden začnemo z interpretacijo rezultatov velja omeniti, da pri analizi nemških in slovenskih razmer v EES (proizvodnja, poraba) in dogajanja na ustreznih borzah [1, 11] ne gre za dva različna EES, temveč za en povezan EES in dve različni področji. Različne borzne cene nastajajo le zaradi omejenih možnosti prenosa energije. Ker sta obe področji vpleti v skupen sistem (Entso-e), se sistemski učinki OVE na obravnavanih področjih ne odražajo na borzne cene enako, kot bi se, če bi imeli opravka z električnimi otokoma. Vpliv je "mekkejši", ker se različna področja do neke mere dopolnjujejo in tudi o tem govorimo, ko izpostavljamo prednosti povezave v velik EES.

Neglede na to pa je možno potegniti vzporednice med predstavljenimi ekonomskimi izračuni iz literature (Slike 4, 5, 6) in med obravnavanima deloma Entso-e. V Nemčiji je vrednost elektrike iz OVE (zmanjšana za ca. 15 % pri VE in med 40 % in 50 % povprečne cene pri SE – ne pozabimo faktor vrednosti za VE se začne pri ca. 100 % in za SE pri ca. 130 % Glej Sliko 5), tudi ob upoštevanju redispatchinga (zmanjšanje za ca. 40 % pri VE in za ca 60 % pri SE), nekoliko višja, kakor bi sklepali recimo iz Slike 6. Razliko lahko pripišemo omenjenemu "omehčanju" kanibalskega učinka zaradi možnosti izmenjave energije z drugimi področji. Električna okolica Nemčije namreč po prispevku OVE za njo zaostaja in blaži omenjeni učinek.



Slika 7: Učinek proizvodnje SE na borzo "Southpool" Vir: lastni izračuni

V Sloveniji je prispevek OVE med 5 in 10 x manjši, kakor v Nemčiji, zato je smiselno primerjati rezultate s tistimi na Sliki 5. Izkaže se, da je kanibalski učinek v Sloveniji (zmanjšanje vrednosti za reda 50 % povprečne cene – zopet ne pozabimo, primerjalna vrednost je 130%) precej večji od tistega, ki bi ga razbrali iz Slike 5, se pa precej dobro sklada s Sliko 6. Sklepamo lahko, da je v električni okolici Slovenije odstotek proizvodnje iz SE večji, kakor v Sloveniji, kar pomeni, da Slovenija v bistvu "uvaža" kanibalski učinek SE, saj je relativno majhen trg. Omenjeno dejstvo do neke mere potrjuje dogajanje na borzi "Southpool". Močna volatilitnost cene (nihanje, skoki) namreč ne morejo biti povzročeni z nihanjem proizvodnje le slovenskih SE – glej Sliko 7 – so pa kvalitativno gledano razmere identične dogajanju na drugih (recimo nemški) borzah.

4 SKLEP

"Veter in sonce sta zastoj!" je krilatica, ki jo pogosto slišimo bodisi od ljudi, ki ne vedo veliko o realnosti, bodisi od tistih, ki namerno zavajajo. Resnica skoraj ne bi mogla biti bolj drugačna. V [1] smo pokazali, kaj vgradnja OVE (recimo SE in/ali VE) dejansko "potegne za sabo" in kake indirektno stroške povzroči v EES.

V tem prispevku pa nas je zanimalo, koliko je resnična tržna cena elektrike iz OVE (SE in VE) v Nemčiji in Sloveniji. Teh podatkov namreč v javnosti ni zaslediti, saj ne skladajo z uradno politiko "zelenega prehoda". Njihovo objavljeno je torej "politično nezaželeno."

Analizirali smo zadnje leto in pol dogajanja v Nemčiji in Sloveniji. Zakaj poleg Slovenije še Nemčijo in zakaj to obdobje pojasnimo v Uvodu. Zaradi narave proizvodnje iz OVE, lastnosti obratovanja EES in značilnosti porabnikov prihaja z naraščanjem deleža proizvodnje iz OVE do tako imenovanega kanibalskega učinka na trgu z električno energijo. To pomeni, da po eni strani OVE sami sebi zbijajo tržno ceno elektrike in po drugi strani ekonomsko onemogočajo najboljše elektrarne (dobre premogovne elektrarne z visokim izkoristkom, neamortizirane jedrske elektrarne in plinsko-parne elektrarne z visokim izkoristkom). Prvo dejstvo za same OVE niti ni tako tragično, saj ekonomsko preživijo s subvencijami in/ali privilegiranim položajem. Bankrot in zapiranje (in seveda ustavitev gradnje česar koli, kar ni subvencionirano, razen poceni plinskih elektrarn z odprtim ciklom, slabim izkoristkom in zelo drago elektriko) omenjenih klasičnih elektrarn pa lahko obratovanje EES pripelje v nemogočo situacijo, cene elektrike na borzi pa do nepredstavljenih skokov.

Izkazalo se je, da je s kanibalskim učinkom povezano relativno znižanje cene VE v Nemčiji nekje 15 %, SE pa za ca. 50 % povprečne tržne cene. Če omenjenim VE in SE "naprtimo" še stroške "redispatchinga", se ti številki povečata na ca. 40 oz. 90 %. Glede na ekonomske izračune v literaturi jo OVE v Nemčiji zaradi podpore sosednjih sistemov (beri: "parazitiranja" nemškega) še dobro odnesejo.

Za razliko od nemškega je situacija v Sloveniji nekoliko slabša, kot bi pričakovali glede na literaturo. Cena energije SE je za več kot 50 % povprečne borzne cene nižja od tiste, ki bi jo pričakovali, če bi v EES bilo le malo SE (pade iz 130 % na 70 % povprečne borzne cene). Kanibalski učinek Slovenija v bistvu "uvaža" in elektrika iz njenih SE je na trgu še manj vredna, kakor bi pričakovali "iz teorije". V razmerah, kjer bi bili akterji na trgu

izenačeni, ne bi imele nove SE nobene možnosti ekonomskega preživetja. In to, brez da bi jim "naprtili" stroške "redispatchinga", kaj šele morebitnih shranjevalnikov.

In nauk zgodbe? Morda bi krilatico "Veter in sonce sta zastoj!" veljalo zamenjati z: "Veter in sonce kmalu ne bosta vredna nič." Pa še retorično vprašanje: "Kdo bo vse to plačal?"

ZAKAJ ŽE, PRAVZAPRAV ???

REFERENCE

- [1] MIHALIČ, Rafael. Kako poceni je električna energija iz obnovljivih virov = How cheap is electricity from renewable sources. V: OGRIN, Tomaž (ur.), MIHALIČ, Rafael (ur.). Miti in resnice o varovanju okolja = Myths and Truths about Environmental Protection : Informacijska družba - IS 2023 = Information Society - IS 2023 : zbornik 26. mednarodne multikonference = proceedings of the 26th International Multiconference : zvezek D = volume D : 11. oktober 2023, 11 October 2023, Ljubljana, Slovenia. Ljubljana: Institut "Jožef Stefan", 2023.
- [2] <https://www.stromdaten.info/>
- [3] <https://energy-charts.info/?l=de&c=DE>
- [4] <https://eike-klima-energie.eu/2024/08/09/hoelle-mit-erneuerbaren-energien-in-australien-in-beiden-groessten-bundesstaaten-steigen-die-strompreise-morgens-und-abends-auf-bis-zu-16-000-us-dollar/> Bundesnetzagentur | SMARD
- [5] <http://open-electricity-economics.org/book/text/07.html>
- [6] <https://flex-power.energy/school-of-flex/market-value-of-renewables/>
- [7] T. Brown, L. Reichenberg: Decreasing market value of variable renewables can be avoided by policy action Energy Economics, Volume 100, August 2021
- [8] <https://www.eles.si/prevzem-in-proizvodnja>
- [9] <https://transparency.entsoe.eu/>
- [10] <https://www.bsp-southpool.com/rezultati-trgovanja-slovenija.html>
- [11] [http://pv.fe.uni-lj.si/sl/](https://pv.fe.uni-lj.si/sl/)
- [12] <https://www.gov.si/novice/2024-01-17-izjemna-rast-kapacitet-postavljenih-soncnih-elektrarn-v-letu-2023/>
- [13] <https://www.eles.si/medijsko-sredisce/sporocila-za-javnost-in-obvestila/sporocila-za-javnost/ArticleID/21273/Proizvodnja-iz-obnovljivih-virov-energije-%C2%BBv-%C5%BEivo%C2%AB>
- [14]

Kako razumeti ogljični odtis?

prof. dr. Gregor Radonjč
University of Maribor
Faculty of Economics and Business
Dept. of technology and environment protection
gregor.radonjic@um.si

Povzetek

Ogljični odtis, ki pomeni vsoto neposredno in posredno povzročenih emisij toplogrednih plinov s strani organizacije, izdelka, storitve, dogodka ali posameznika je postal eden od najpomembnejših okoljskih indikatorjev oz. indikatorjev trajnosti. Kljub njegovi popularnosti in razširjeni uporabi pa je ogljični odtis povezan z različnimi metodološkimi ter konceptualnimi pomanjkljivostmi. Predvsem je preveliko osredotočanje na ogljični odtis v majhni državi kot je Slovenija, ki v bilanco emisij toplogrednih plinov prispeva minorni delež v primerjavi z velikimi državami, problematično zato, ker se posledično pozablja na nekatere ključne okoljevarstvene probleme, ki so vitalnega pomena za kakovost življenja oz. bivanja.

Ključne besede

ogljčni odtis, toplogredni plini, metoda LCA

1 Uvod

Emisije toplogrednih plinov (TGP) veljajo v splošnem v gospodarstvu in politiki za ključni okoljski problem in prioriteto, o katerem se v primerjavi z drugimi okoljskimi problemi neproporcionalno več razpravlja ter se mu namenja medijskega in političnega prostora. Pojmi kot so nizko- in brezogljčna družba, nizko- in brezogljčno gospodarstvo, razogljčenje, ogljična nevtralnost ter z njimi povezani ukrepi so v vrhu prioritet vladnih ukrepov in trajnostnih politik podjetij [1-3]. Za določene organizacije oz. podjetja je poročanje o emisijah TGP postalo tudi obvezno [4]. Za upravljanje 'ogljčnih politik' so zato potrebni kvantitativni podatki o emisijah TGP, s pomočjo katerih se spremlja tako trenutno stanje glede emisij TGP kot tudi učinkovitost ukrepov v zvezi z njihovim zmanjševanjem. Vlogo takšnega kvantitativnega indikatorja je prevzel ogljični odtis, ki predstavlja glavni kvantitativni indikator za izvajanje in spremljanje podnebnih politik (predvsem zmanjševanja emisij

*Article Title Footnote needs to be captured as Title Note

†Author Footnote to be captured as Author Note

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

<http://doi.org/10.70314/is.2024.env.6>

CO₂), tako na nivoju podjetij kot tudi občinskih ter državnih ustanov.

Namen prispevka je prikazati nekatere vidike v povezavi z ogljičnim odtisom (s poudarkom na ogljičnem odtisu izdelkov), ki so praviloma spregledani oz. neupoštevani v gospodarski praksi in družbenih diskusijah ter opozoriti na njegove metodološke in konceptualne pomanjkljivosti.

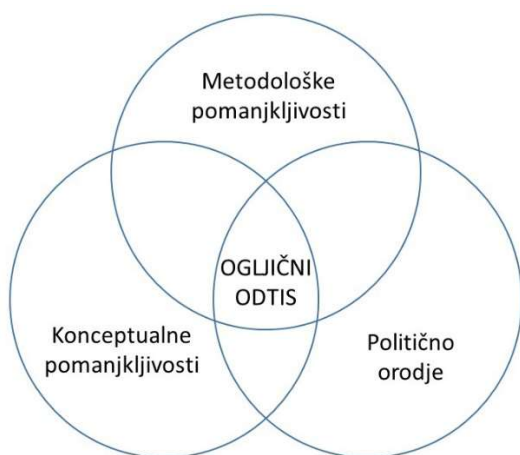
2 Metodološke in konceptualne pomanjkljivosti ogljičnega odtisa

Ogljični odtis ima pomembne metodološke in konceptualne pomanjkljivosti pri ugotavljanju dejanskih vplivov izdelkov, storitev in podjetij na okolje [5-6]. Gospodarsko, politično in medijsko osredotočanje izključno na ogljični odtis namreč daje zavajajoč občutek glede celovitih vplivov izdelkov, storitev in organizacij na okolje, saj se pozablja na številne druge vplive, ki jih povzročajo podjetja oz. njihovi izdelki ali storitve [7-9]. Posledica tega je, da predstavniki gospodarstva pogosto zgled za svojo "zeleno" naravnost prikazujejo izključno z osredotočanjem na zmanjšanje ogljičnega odtisa, pri tem pa kot po pravilu pozablja na številne druge vplive na okolje (ali pa se jih sploh ne zavedajo), ki so prav tako posledica njihove dejavnosti ali proizvodnje ter uporabe izdelkov [10]. Ob tem velja poudariti, da poleg ogljičnega odtisa obstaja še več pomembnih "odtisov", kot sta na primer vodni in ekološki odtis, za katera velja, da nikakor ne bi smela biti v senci ogljičnega odtisa.

Poleg omenjenih konceptualnih pomanjkljivosti ogljičnega odtisa ne gre spregledati tudi številnih metodoloških pomanjkljivosti njegovega določevanja. Še posebej je ta problem prisoten pri določevanju ogljičnega odtisa izdelkov zaradi njihovih kompleksnih okoljskih življenjskih ciklov. Takšno določevanje ni enostavno, saj mora temeljiti na njihovih velikokrat kompleksnih okoljskih življenjskih ciklih. Le-ti vključujejo številne faze: pridobivanje surovin za materialno in energijsko proizvodnjo, transport, proizvodnjo materialov, kemikalij, sestavnih delov, embalaže, proizvodnjo končnih izdelkov, vplive med uporabo ter pri ravnanju z odpadki. Metodološke pomanjkljivosti določevanja ogljičnih odtisov izdelkov, li lahko močno vplivajo na končno vrednost ogljičnega odtisa, tako zajemajo upoštevanje različnih meja življenjskih ciklov, vpliv energijskih mešanice različnih držav, dostopnost do verodostojnih podatkov o emisijah TGP v fazah pridobivanja

surovin in tehnoloških postopkov ravnanja z odpadki, izbor pravih emisijskih faktorjev ter potencialov globalnega segrevanja (GWP koeficienti) in upoštevanje oz. izvzete biogenega CO₂ v izračunih [6]. Vse to lahko vodi do neprimerljivosti vrednosti ogljičnih odtisov. Rezultati so torej odvisni od številnih spremenljivk in predpostavk, a tudi poenostavitve, kar praviloma onemogoča neposredno primerjavo rezultatov izračunov in posledično otežuje pravilno komunikacijo z javnostjo [11-12].

Kljub omenjenim metodološkim in konceptualnim pomanjkljivostim sedanji koncept ogljičnega odtisa že pomeni osnovo za nove zakonodajne ter administrativne ukrepe v gospodarstvu (politične zahteve po ogljični nevtralnosti, obdavčitve, poročanje). Pojavljajo pa se tudi konkretni predlogi, da bi sedanji koncept ogljičnega odtisa morebiti uporabil kot mehanizem dodatnega pritiska oz. kontrole državljanov v okviru ideje o določitvi ogljičnih kreditov posameznika (kreditnih točk) kot del ideje o socialnem točkovanju obnašanja oz. aktivnosti ljudi v povezavi z neposredno in posredno povzročenimi emisijami CO₂ [13-15]. In to ne glede na dejstvo, da odstotek globalne elite s svojimi poslovnimi odločitvami ter načinom življenja povzroča vrtoglave količine emisij TGP [16]. Medsebojni preplet omenjenih vidikov shematsko prikazuje slika 1.



Slika 1: Ogljični odtis – preplet različnih vidikov za njegovo razumevanje

3 Metoda LCA – alternative ogljičnemu odtisu

Zaradi omenjenih metodoloških in konceptualnih pomanjkljivosti se je potrebno v takih primerih poslužiti drugih, celovitejših metod vplivov izdelkov, storitev ali organizacij na okolje kot je npr. metoda LCA ('Life Cycle Assessment'). S to kompleksno analitsko metodo določamo vplive izdelkov v njihovih celotnih okoljskih življenjskih ciklih, ki zajemajo pridobivanje surovin, pridobivanje energijskih virov, proizvodnjo in distribucijo potrebne energije, proizvodnjo polizdelkov, izdelkov ter stranskih izdelkov, transport in distribucijo, učinke med uporabo in alternativne možnosti

ravnanja z izdelki po uporabi. Vključuje vse snovne in energijske tokove, tudi take, ki bi bili z uporabo drugih metod lahko prezrti. V obravnavanje življenjskega okoljskega cikla nekega proizvoda je vedno vključeno tudi pridobivanje energije, potrebne za pridobivanje surovin, za njegovo predelavo, proizvodnjo, transport, distribucijo, uporabo itn., ki se prične prav tako s pridobivanjem potrebnih energijskih virov. Vendar z metodo LCA masne in energijske vtoke ter iztoke ne le kvantificiramo, ampak jih povežemo z njihovim dejanskim škodljivim učinkom na okolje ter zdravje. LCA analiza lahko vključuje tudi do 20 različnih okoljskih kategorij, kot so npr. ogljični odtis, razgradnja ozonskega sloja, kisli dež, evtrofikacija, emisije trdnih delcev, ekotoksičnost, raba vode, izčrpavanje mineralnih surovin idr. Kar je posebej pomembno, je dejstvo, da so za ovrednotenje oz. preračun vplivov emisij in drugih snovi na okolje ter zdravje uporabljeni najnovejši in znanstveno podprti modeli, kar daje metodi LCA dodatno veljavo glede verodostojnosti rezultatov. Zato s pomočjo metode LCA podjetja ne pridobijo le podatkov, kakšni so vplivi v posameznih fazah življenjskih ciklov, ampak tudi podatke o vplivih na okolje, ki se jih z drugimi metodami ne da določiti.

Ker metoda LCA temelji na okoljskem življenjskem ciklu, se lahko s celostnim pristopom obravnavanja vplivov proizvoda na okolje v večji meri zagotovi, da se identificirajo najbolj relevantni vplivi na okolje v celotnem proizvodno-distribucijskem sistemu in ne nazadnje, da se prepreči, da bi se okoljski vplivi "prestavljali" iz ene faze življenjskega cikla v drugo in obratno (npr. pri menjavi materialov, sestavnih delov, energentov idr.), saj lahko spremembe z izračunom preverimo vnaprej. Poudariti velja, da je metoda LCA edina mednarodno standardizirana metoda za ovrednotenje vplivov izdelkov na okolje, njen metodološki okvir pa definirajo mednarodni standardi družine ISO 14040 [17].

Ogljični odtis je vselej del LCA analiz, kar pomeni, da ima določevanje vplivov izdelkov in storitev na okolje s pomočjo LCA metode številne prednosti pred določevanjem samo ogljičnega odtisa, kar žal počnejo slovenska podjetja in v kar jih z zakonskimi in podzakonskimi akti sili politika. Ogljični odtis izdelka dobi v okviru LCA analiz povsem drugo perspektivo, saj ga primerjamo z ostalimi okoljskimi indikatorji oz. vplivi na okolje. In prav analize LCA nam dokazujejo, da ogljični odtis ni vedno nujno najbolj vplivni okoljski indikatorji v življenjskih ciklih izdelkov v primerjavi z drugimi okoljskimi indikatorji [9,18]. Če se upošteva celotni okoljski življenjski cikel izdelkov in ne le faza uporabe, se tudi zelo spremenijo okoljski profili e-vozil ter tehnologij za pridobivanje energije iz obnovljivih virov (na primer biogoriv) [19] ali solarnih panelov [20].

A vendarle se je potrebno zavedati, da imajo tudi programska orodja, s katerimi modeliramo življenjske cikle v okviru LCA analiz, vgrajene določene modelne spremenljivke ter poenostavitve, s čimer je možno vplivati na končne rezultate, zato takšne študije zahtevajo izkušene in poštene izvajalce, ki uporabljajo najsodobnejšo programsko opremo ter podatkovne baze.

Zaradi vsega navedenega je lahko uporaba izključno ogljičnega odtisa v promocijske namene tudi sredstvo okoljskega zavajanja

(t.i. "greenwashing") (ANEC/BEUC/ECOS/EEB, 2009; Radonjič, 2016).

4 Zaključek

Za Slovenijo je velika popularnost ogljičnega odtisa in intenzivno osredotočanje politike, medijev ter gospodarstva nanj problematično tudi zato, ker bi tudi v primeru popolne ogljične nevtralnosti države to predstavljalo le minoren prispevek h globalni bilanci toplogrednih plinov (še posebej, če k temu prištejemo enormne emisije ogljikovega dioksida ter mnogih škodljivih plinov in delcev zaradi vojaških aktivnosti v svetu) ob istočasnem ignoriranju ali vsaj manjši pozornosti okoljskih problemov, ki pa jih resnično lahko in moramo sami obvladovati, ker neposredno vplivajo na kakovost okolja in zdravja v Sloveniji. S tem je mišljen predvsem odnos do naših sladkih in morskih voda, do uporabe kemikalij v kmetijstvu, izpostavljenosti kemikalijam v izdelkih, varovanje rodovitnih kmetijskih površin, odnos do gozdov, učinkovito ravnanje z odpadki in zmanjševanje tistih izpustov v zrak, ki imajo lokalne ali regionalne škodljive učinke, bodisi zaradi lokalne industrijske proizvodnje, bodisi zaradi transporta. Razumeti ogljični odtis v okviru okoljskih politik zato pomeni razumeti tako njegove metodološke kot konceptualne pomanjkljivosti.

Reference / Literatura

- [1] Uradni list Republike Slovenije. 2021. Resolucija o dolgoročni podnebni strategiji Republike Slovenije do leta 2050. Št.119/2021.
- [2] European Commission. 2023. Climate Action – Progress Report 2023. Brussels.
- [3] European Commission. 2024. Commission sets out how to sustainably capture, store and use carbon to reach climate neutrality by 2050
- [4] European Commission. 2023. Corporate Sustainability Reporting Directive. Dostopno: <https://finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/>
- [5] ANEC/BEUC/ECOS/EEB (2009) *Sizing Up Product Carbon Footprinting – Joint Position*. European Consumer Voice in Standardization, Brussels.
- [6] Radonjič, G. 2015. Reliability of carbon footprint as a decision-making tool for product development - a critical review. *International journal of environmental technology and management*. Vol. 18, no. 2, str. 99-115.
- [7] Laurent A., Olsen, S. I., & Hauschild, M. Z. (2012). Limitations of carbon footprint as indicator of environmental sustainability. *Environmental Science & Technology*, 46, 4100 - 4108.
- [8] Radonjič, Gregor. 2016. The adequacy of product labelling by carbon footprint labels. V: *Proceedings of IAC-MEM 2016, International Academic Conference on Management, Economics and Marketing in Bratislava, Slovakia, July 6 - 7, 2016*. Vestec: Czech Institute of Academic Education, 2016. Str. 57-72
- [9] Poore, J. in T. Nemecek. 2018. Reducing food's environmental impact through producers and consumers. *Science*, Vol. 360, June 1st 2018.
- [10] Volfand, J. 2022. Praksa različno, trg že zahteva poročanje o ogljičnem odtisu. *ESG Revija za trajnostni razvoj*, št. 174/175, december 2022.
- [11] Marriott, J., Scott Matthews, H. and Hendrickson, C. T. 2010. Impact of Power Generation Mix on Life Cycle Assessment and Carbon Footprint Greenhouse Gas Results. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 14, pp.919-928
- [12] Rööf, E., Sundberg, C. and Hansson, P. A. 2010. Uncertainties in the Carbon Footprint of Food Products: A Case Study of Table Potatoes', *International Journal of LCA*, Vol. 15, pp.478-488
- [13] Wintour, P. 2006. *Miliband plans carbon trading 'credit cards' for individuals*. The Guardian, 11. December 5 2006. Dostopno:
- [14] World Economic Forum. 2022. *'My Carbon': An approach for inclusive and sustainable cities*. Dostopno: <https://www.weforum.org/agenda/2022/09/my-carbon-an-approach-for-inclusive-and-sustainable-cities/>
- [15] Peters, T. 2022. Alibaba Group creating a 'individual carbon footprint tracker'. Dostopno: www.rebelnews.com
- [16] Oxfam. 2022. *Carbon Billionaires. The investment emissions of the world's richest people*. Oxfam International, Oxford.
- [17] SIST EN ISO 14040:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [18] DeMonte, M., Padoana, E., & Pozzetto, D. 2005. Alternative coffee packaging: an analysis from life cycle point of view. *Journal of Food Engineering*, 66, 405 – 411.
- [19] Smith, James. 2010. *Biofuels and the Globalization of Risk*. Zed Books. London, New York.
- [20] Kleijn, R., E. van der Voet, G. R. Kramer, L. van Oers, C. van der Giesen. 2011. Metal requirements of low-carbon power generation. *Energy*, Vol. 36, 5640 – 5648.

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.com

POVZETEK

Za živinorejo so značilni veliki izpusti metana. Metan uvrščamo med kratko obstojne toplogredne pline. Za razliko od CO₂, ki se v ozračju zadrži več stoletij, se metan po navedbah zadnjega (šestega) ocenjevalnega poročila Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC) oksidira v približno 12 letih. Za poročanje Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) uporabljamo metodo potencialnega globalnega segrevanja za stoletni časovni horizont (GWP₁₀₀). V zadnjem času se vse pogosteje pojavljajo kritike, da metoda GWP₁₀₀ 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 GWP₁₀₀. S primerjavo obeh metod je bilo ugotovljeno, da metoda GWP₁₀₀ 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. Unlike CO₂, which remains in the atmosphere for centuries, methane oxidizes in about 12 years, according to the latest (sixth) assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). For reporting to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), we use the 100-year global warming potential (GWP₁₀₀) method. Recently, there has been increasing criticism that the GWP₁₀₀ method is not the most appropriate method to assess the cumulative

DOI: <https://doi.org/10.70314/is.2024.env.7>

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).
Information Society 2023, 9–13 October 2023, Ljubljana, Slovenia
© 2023 Copyright held by the owner/author(s).

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 GWP₁₀₀. When comparing the two methods, it was found that the GWP₁₀₀ 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) in da je odgovorna za 18 % izpustov, kar presega izpuste iz prometa. Ob tem sporočilu so bile izražene kritike intenzivne evropske živinoreje, zamolčano 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. Zamolčan 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-CO₂ 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, GWP₁₀₀). 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 GWP₁₀₀ 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 GWP₁₀₀ slabo oceni odziv temperature na kumulativne izpuste kratko obstojnih toplogrednih plinov, med katerimi je tudi metan. Za razliko od CO₂, ki ostane v ozračju več stoletij, se metan relativno hitro oksidira (približno 12 let) [6]. Koncept GWP₁₀₀ 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 obstojne 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 obstojnega 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 GWP₁₀₀ 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 GWP₁₀₀, ki jo uporabljamo za poročanje Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC), ni najbolj primerna za oceno kumulativnega učinka trajnih izpustov kratko obstojnih 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 GWP₁₀₀ dodatno poročajo tudi na podlagi alternativnih metod, kot je GWP* [12].

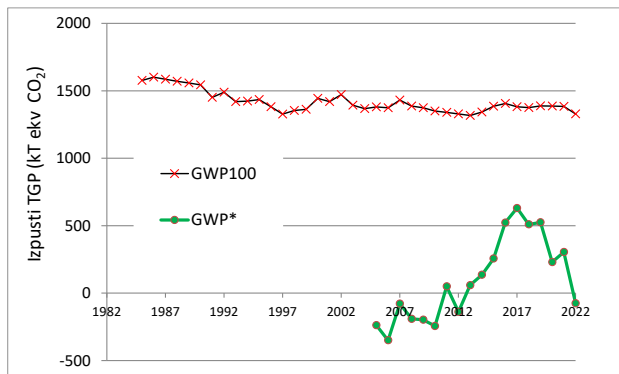
Namen tega prispevka je prikazati, kakšen je prispevek slovenske živinoreje k izpustom toplogrednih plinov, če le tega ocenimo z metodo, ki upošteva obstojnost metana v ozračju (GWP*). Rezultate smo primerjali z rezultati po metodi, ki je splošno uveljavljena za poročanje UNFCCC (GWP₁₀₀).

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 CO₂ ob upoštevanju potencialov globalnega segrevanja za stoletno časovno obdobje (GWP₁₀₀), 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 CO₂ tudi z alternativno metodo GWP*. Pri tem smo za didušikov oksid uporabili enak postopek kot za GWP₁₀₀, 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 GWP₁₀₀ 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 GWP₁₀₀ zelo precenjen. V obdobju 2005-2022 so se izpusti gibali od 1318 do 1432 kT ekv CO₂. 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 GWP₁₀₀ precenjuje prispevek slovenske živinoreje k segrevanju podnebja za 4,6 krat (izpusti po GWP₁₀₀ in GWP* so bili v povprečju 1373 in 299 kT ekv CO₂ na leto). Metoda preračunavanja posameznih TGP zelo vpliva tudi na strukturo izpustov. Po metodi GWP₁₀₀ 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 hitrega povečevanja izpustov namreč ocene po GWP* presega ocene po GWP₁₀₀. V Sloveniji na to kaže primer reje drobnice, kjer so bili v obdobju 2005-2015 izpusti po GWP* dva do trikrat večji kot po GWP₁₀₀ [14].



Graf 1: Primerjava metod GWP₁₀₀ in GWP* za preračun izpustov toplogrednih plinov v slovenski živinoreji v ekvivalente CO₂. Prikaz zajema tako izpuste metana kot didušikovega 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 GWP₁₀₀. 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.

Uporaba metode GWP* je deležna precej pozornosti tako v znanstveni in strokovni literaturi, kot tudi v javnih medijih. Ob izpostavljanju njenih prednosti je deležna tudi kritik glede pravičnosti in poštenosti [17] in zlorab v smislu prikazovanja podnebne nevtralnosti živinoreje [18]. Do držav, ki so v preteklosti izkazovale velike izpuste in so te izpuste v zadnjih 20 letih zmanjšale, je metodika GWP* kljub velikim izpustom metana na prebivalca zelo prizanesljiva [17]. To sicer velja tudi za GWP₁₀₀ saj so praktično vse mednarodne zaveze na področju blaženja podnebnih sprememb določene v % glede na izhodiščno leto. Res pa je, da pride zaradi kratke obstojnosti in s tem specifičnega izračuna GWP*, vsako zmanjšanje izpustov metana bolj do izraza, kot kažejo absolutne vrednosti izpustov. Pri morebitnem omenjanju podnebne nevtralnosti živinoreje moramo biti precizni in navesti, ali se le ta nanaša le na metan, ali pa tudi na didušikov oksid (kot na grafu 1) ali pa tudi na druge z živinorejo povezane toplogredne pline, ki jih UNFCCC ne poročamo v sklopu sektorja živinoreja.

Sklenemo lahko, da splošno uveljavljena metoda obračunavanja ekvivalentov CO₂ 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 ZAHVALA

Prispevek je bil pripravljen v sklopu projekta V5-2366 »Ovrednotenje dejavnikov za učinkovito zniževanje emisij toplogrednih plinov«, ki ga sofinancirata Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS) in Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo Republike Slovenije (MOPE) in v sklopu raziskovalnega programa »Trajnostno kmetijstvo« (P4-0133), ki ga sofinancira Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS) iz državnega proračuna.

5 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, didušikovega 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 Yelekci, 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 CO₂-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/abfc99>.
- [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 Khourdajie, 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
- [14] Jože Verbič, Marko Bizjak and Mojca Simčič, 2023. Izpusti toplogrednih plinov pri reji drobnice in možnosti za njihovo zmanjšanje. Marjana Cvirn 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 Kleinen, Paul B. Krummel, Ray L. Langenfelds, Goulven 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, Qiuhan 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>.
- [17] Joeri Rogelj and Carl-Friedrich Schleussner, 2019. Unintentional unfairness when applying new greenhouse gas emissions metrics at country level. *Environ. Res. Lett.* 14, 114039, (Nov. 2019). DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4928>
- [18] Caspar L Donnison and Donal Murphy-Bokern, 2024. Are climate neutrality claims in the livestock sector too good to be true? *Environ. Res. Lett.* 19, 011001, (Dec. 2023). DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad0175>

Oblikovanje specifičnih habitatov kot ukrepanje za zmanjšanje vplivov hidroelektrarn na okolje

Design of specific habitats as a measure to reduce the impacts of hydropower plants on the environment

Andraž Hribar

Služba za gradbeništvo in okolje
HESS, d. o. o., Brežice, Slovenija
andraz.hribar@he-ss.si

Povzetek

Zajezba na vodotoku je tisti del vsake hidroelektrarne, ki predstavlja največjo spremembo v prostoru in ima velik vpliv na okolje v času obratovanja HE. Sodobni pristopi k umeščanju akumulacij zahtevajo celovit in multidisciplinaren pristop ter vključitev različnih deležnikov. Vključevanje širokega kroga strokovnjakov iz različnih področij po eni strani odpre veliko vprašanj, po drugi strani pa omogoči takšno ukrepanje, ki zmanjša vpliv ob umestitvi objekta in tudi v času obratovanja. Primer iz prakse so pretočne akumulacije na spodnji Savi, kjer so se v času gradnje uredili nadomestni habitat, v času obratovanja pa se na podlagi monitoringov in sodelovanja s strokovnjaki s področja ekologije, biologije in drugih naravoslovnih ved zbirajo podatki in oblikujejo nova znanja o prostoru. To omogoča prilagajanje spremembam v naravi, ki so neizbežne: ravno narava je tista, ki daje prostoru dinamiko. Statični objekti, kakršne naj bi bile hidroelektrarne, se morajo prilagajati tej dinamiki z novimi ukrepi, ki ne nasprotujejo naravi temveč sprejemajo nove naravne danosti in gradijo na prednostih, ki jih pretočne akumulacije nudijo. Vzdrževanje hidroelektrarn naj bi bila načeloma rutinska aktivnost. Vendar nova spoznanja v migracijah organizmov (na primer ribe), prihod novih vrst v prostor (na primer bober), širjenje novih tujerodnih vrst (trikotna ladjica), spremembe v hidrološkem režimu reke (prehod Save iz snežno-dežnega režima v dežni režim) in klimatske spremembe zahtevajo razvoj in prilagajanje. Vsi novi ukrepi se dandanes morajo izpeljati po načelih krožnega gospodarstva, upoštevati pa je potrebno tudi spremljanje ogljičnega odtisa, kar je pri aktivnostih vezanih na sedimente vse pomembnejše vprašanje. V družbi HESS imamo postavljen dvojni sistem: spremljanje stanja pretočnih akumulacij v našem upravljanju na eni strani in oblikovanje nabora zaželenih ukrepov za povečanje okoljske in družbene vrednosti. Sistem omogoča primerjavo obeh sklopov in ukrepanje na način, da se ob vsaki sanaciji ali modifikaciji doseže dodana vrednost. Primerov tovrstnega ukrepanja na spodnji Savi

je veliko, trenutno v fazi realizacije je projekt ureditve brežine Kompolje an pretočni akumulaciji HE Boštanj.

Ključne besede

Zmanjšanje vplivov energetskega objekta, večanje okoljske vrednosti, vzdrževanje z dodano vrednostjo, ekološka gradnja, sonaraven razvoj

Abstract

Basin of each Hydropower plant represents the biggest spatial change and has the biggest impact on the environment during the operation of the HPP. Modern approaches to the implementation of the basin require a comprehensive and multidisciplinary approach and the involvement of various stakeholders. The involvement of a wide range of experts from different fields opens up many questions. On the other hand it enables such action that minimizes the impact while building the HPP and also during operation. On the lower Sava several examples of good practice can be seen. During construction substitute habitats were arranged and during operation data is collected and new knowledge about ecosystem is developed based on monitoring and cooperation with experts in the field of ecology, biology and other natural sciences. This is the basis of adaptation to the changes in nature, which are imminent. Facilities, such as HPP are designed to be static but that is not how nature works. We must adapt to dynamic dictated by nature with new measures that do not oppose but accept new natural conditions and build on the advantages that HPP basins offer. Maintenance of hydroelectric power plants is supposed to be a routine activity in principle. However, new findings in the migration of organisms (for example different fish species), the arrival of new species in the area (for example beaver), the spread of new non-native species (triangle boat), changes in the hydrological regime of the river (the transition of the Sava from a snow-rain regime to a rain regime) and climate change requires development and adaptation. All new measures nowadays must be carried out according to the principles of the circular economy, also the carbon footprint must be taken into account, which is an increasingly important issue for activities related to sediments. At HESS, we have a dual system when designing modifications of the HPP basins: on the one hand, monitoring of the basins. On the other hand creating a set of desirable measures to increase environmental and social value. This enables the comparison of the two data sets and achieving added value with each renovation or modification.

* <https://doi.org/10.70314/is.2024.env.8>

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).
Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

There are many examples of good practices on the lower Sava river developed by this principle. Currently the project to improve the bank of Kompolje at the Boštanj HPP is in the phase of development.

Keywords

Reducing the impact of energy facilities, increasing the environmental value, maintenance with added value, eco-development, sustainable development

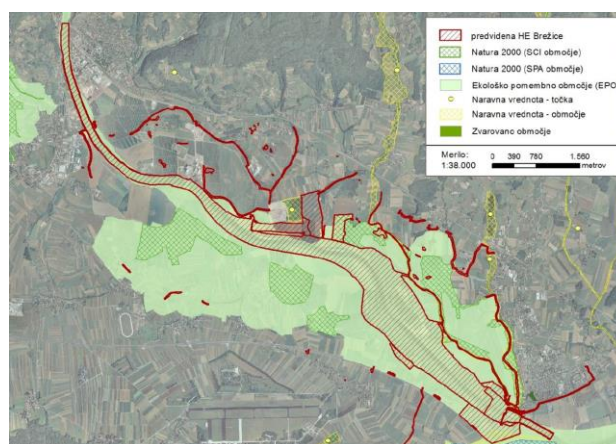
1 Uvod

Razmišljanje o varovanju narave ob umeščanju novega objekta ali nove ureditve v prostor je dejansko primerjava med tistim, kar je, in tistim, kar bo. Zatakne se že pri prvem delu: tistim, kar je, oziroma povedano drugače, stanje, v katerem je narava v tem trenutku. Ali je stanje v tem trenutku res tisto, kar želimo ohranjati? Če govorimo o rekah, varstveniki v Srednji Evropi pogosto štejejo, da je bilo »optimalno naravno« stanje rek v obdobju med 1800 in 1850, ko je bila »dosežena« največja vrstna pestrost v biološkem smislu [1], [2]. Če upoštevamo podatek, da je po ocenah v Srednji Evropi tako ali drugače degradiranih 95% vodotokov, se dandanes torej neizogibno že v štartu vedno pogovarjamo zgolj o tem, kako zelo je stanje degradirano. Ali pri spreminjanju (umeščanju novega objekta oz. ureditve) torej resnično želimo ohraniti to, kar je, se pravi degradirano stanje? Vsaj nekateri bodo rekli, da ne. Želimo si več, nekaj boljšega. Tudi ostali, bolj previdni, se bodo verjetno strinjali, da je nekaj boljšega vsekakor zaželeno.

Drugi del uvodnega stavka »kar bo« se nanaša na načrtovanje in predvidevanje, v kakšnem stanju bo narava po izgradnji oz. po ureditvi. Sodobni pristop je vključevanje širokega nabora strok in znanj, s ciljem nedvoumno zapisati kaj in kako mora biti. Nesporno danes vemo veliko. Znanstveni pristop je temelj današnjega razvoja, zato naj bi mu sledili vsi naravoslovni strokovnjaki (tako inženirji kot biologi). Vendar znanstveni pristop od nas zahteva tudi pogled na celotno sliko (ne spreglejmo gozda pri proučevanju listov). Zanimiv primer je širjenje pristanišča v Singapurju. Habitati in z njimi celoten ekosistem so seveda popolnoma drugačni kot v Sloveniji, posegi in posledice kot proces ter kvaliteta in strokovnost napovedi pa so poučne. Singapur s pristaniščem je eno najhitreje razvijajočih se območij na svetu in je v direktni koliziji s koralnim grebenom, ki je nekoč pokrival več kot 100 km². Niti nasprotniki uničevanja koralnega grebena niti strokovnjaki na investitorjevi strani pa niso pričakovali, da se bodo korale in z njimi celotni koralni ekosistem pojavil na podvodnih pilotih pomolov [3]. Ko so ugotovili razcvet narave na podvodne stebre, je bilo retrospektivno logično, da se bo to zgodilo: gre za ogromno novih površin, točno na globini z dobro osvetljenostjo in pod vplivom neurij, ter za zaščiteni območje, na katero plovba ne vpliva (pod pomoli). Nekaj, kar je iz retrospektivnega vidika samoumevno, ni znal (pred tem) nihče napovedati. Znanstveno se je vprašati: Česa vse še ne vemo?

2 Primeri »naravnih« habitatov

Preselimo se bližje nam, v Slovenijo, na spodnjo Savo. V trenutku umeščanja HE Brežice v prostor so strokovnjaki ustvarjali rešitve (prostorske ureditve), ki bi v naravi ustvarile določene pogoje in prostor za življenje določenih organizmov. Pri tem so se strokovnjaki v veliki meri naslanjali na elemente, ki jih je ustvarila narava in so (bili) domovanje številnih organizmov: Poplavni gozd imenovan Vrbina pri Brežicah, gramozne jame, suhi travniki, mlake in jezera. Pa jih je res ustvarila narava?

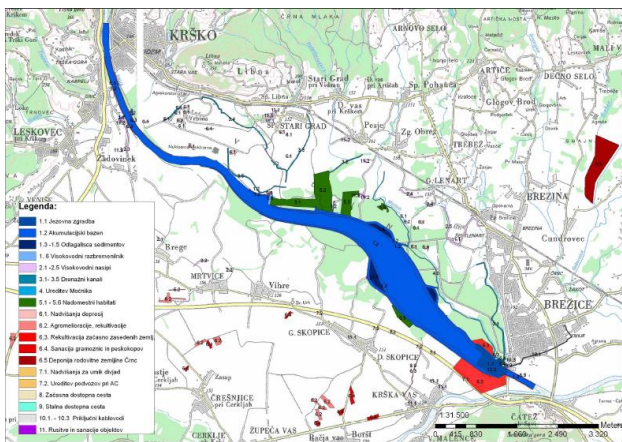


Slika 1: Varovana območja in prikaz infrastrukturnih ureditev HE Brežice [5]

V poplavnem gozdu Vrbina pri Brežicah rastejo v večini topoli, ki so jih zasejali od leta 1952 naprej za potrebe proizvodnje papirja v Tovarni papirja Krško. Gre za vrste zasajene topole, celoten nasad, na začetku velik 17 ha, v letih največjega obsega pa je pokrival 555 ha. Razdeljen je bil v kvadrante in ločen s pravokotnimi gozdnimi cestami. Posamezne kvadrante so izsekavali z golosekom, ko je bila lesna masa zrela, in zasajevali s sadikami, ki so jih gojili v bližnji drevesnici. Da so ustvarili prostor za nasad topolov, so izkrčili dotedanji poplavni gozd, ki ga je pred tem sestavljal dob (vrsta hrasta). Dob je veličastno drevo, visoko do 40m in s premerom debla tudi več kot 2m. Topol je hitro rastoče drevo, ki hitro nabira lesno maso in je po 8-10 letih pri debelini debla 20 cm že primerno za posek [4]. Sprememba iz naravnega dobovega poplavnega gozda v topolov nasad je nedvomno pomenila izredno osiromašenje ekosistema. Šlo je za industrijski poseg brez okoljevarstvenega razmisleka. Zadnje zasaditve so se izvajale leta 2009, od takrat naprej pa nasad »propada«. Propada seveda le z vidika industrije in proizvodnje lesne mase, z vidika naravovarstva pa se je takrat pričelo uravnoteženje ekosistema z naravnim procesom naseljevanja drugih organizmov in upadanjem monokulture (topola), ki je z vidika narave nevzdržna. V teh razmerah so se na območju naselili nekateri organizmi, med drugimi tudi hrošč škrlatni kuku, ki je v odmirajočem lubju dreves našel zanj bogat življenjski prostor. Rezime: Pri gradnji HE Brežice smo varovali umetno ustvarjen habitat, za katerega se ob nastanku ni smatralo, da bo imel kakšno naravovarstveno vrednost (nasad monokulture), pri čemer se varuje takšno stanje habitata, ki je iz naravnega vidika nevzdržno (naravno nevzdržna prevlada enega

tipa habitata, ki je na kratek rok povzročil ekspanzijo določenega tipa organizma).

Reka Sava je pred izgradnjo HE Brežice predstavljala cca 90m široko strugo v obliki trapeznega korita z utrjenimi brežinami in poplavnim območjem okoli struge. Poplavno območje je bilo ponekod omejeno z varovalnimi nasipi, kjer ni bilo ogroženih objektov, pa se je prosto razlivala. Gramozne jame oz. gramoznice so jame, iz katerih se izkopava gramoz. Ker segajo pod gladino podtalnice, gre v naravi za jezera. Navadno se gramoznica širi v eno stran, tako da se fronta izkopa premika, preostale brežine pa se sčasoma zarastejo in postanejo domovanje za številne organizme. Umetna jama torej s časoma ustvari različne tipe habitatov; od strmih brežin do položnejših, od golih do zaraščenih, od čiste prodnate obale do korenin in mulja v plitvini. S poplavljanjem reke se v ta vodna telesa naselijo ribe, poplavno premeščanje sedimenta pa premesti tudi organizme iz dna vodotoka, ki predstavljajo hrano ribam in dvoživkam. Dvoživke s selitvijo najdejo nove vodne površine, ptiči in mrčes se naselijo še hitreje. Osredotočimo se na ptice, posebej ogrožene vrste lastovke breguljke in čebelarje. Te ptice vsako leto ob selitvi iz Afrike poiščejo sveže erodirano območje ob reki, kjer je voda ob zadnjih spomladanskih poplavih odnesla breg in ustvarila strmo prodnato brežino. V brežini izkopljejo rov v produ, strma brežina nad vodo pa jih varuje, da do gnezd ne pridejo kače in lisice. Reka Sava je prenehala odnašati brežine zaradi stoletja ukalupljanja v trapezoidno strugo z utrjenimi brežinami. Klimaks ukalupljanja se je odvil med leti 1850 in 1950 z gradnjo južne avstroogrske železnice (odsek Zidani Most – Sisak), z gradnjo cest (ob spodnji Savi je potekala že rimska cesta med Celeio (Celje) in Nevidunum (Drnovo pri Krškem, kjer je bilo pomembno пристanišče), s širitvijo mest in razvojem industrije (Radeče, Sevnica, Krško), ne gre pa zanemariti niti vpliva širjenja obdelovalnih površin. Tudi v času Jugoslavije se je ukalupljanje nadaljevalo, kar je lepo razvidno iz katastra vodnogospodarskih ureditev. Rezultat ukalupljanja pa je fiksirana brežina, ki je voda ne erodira in ne ustvarja novih golih strmih brežin, ki jih potrebujejo breguljke in čebelar. Zato so ptice našle nove lokacije vedno novih primernih brežin – v gramoznicah, točno na fronti odkopa, kjer je vsako leto sveža brežina.



Slika 2: Prostorski prikaz posegov ob gradnji HE Brežice [5]; opis nekaterih oznak, za pojasnilo opisov v članku: 5.1, 5.2 in 5.5 so Nadomestni Habitati (NH) 1, 2 in 5, ki

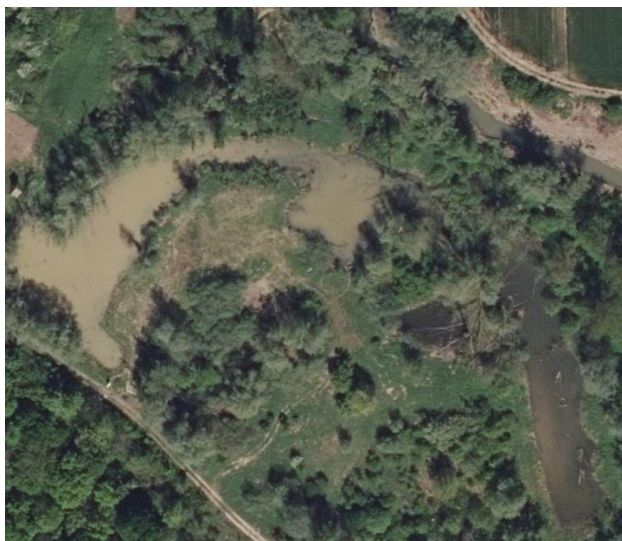
predstavljajo nove vodne površine kot nadomestilo za nekdanje gramoznice. 5.3 je NH3, ki v južnem delu predstavlja nove gozdne površine, v severnem delu pa novi suhi travnik. 5.6 je NH6, kjer se nahaja jezero/mlaka za želvo sklednico.

Rezime: Gramoznica je škrbina v okolju (za vsako gramoznico se mora v sklopu pridobitve koncesije izdelati tudi projekt sanacije). Ob podeljevanju koncesij za izkop se gramoznice obravnavajo kot poseg v okolje brez kakršne koli ekološke vrednosti. V primeru gradnje pretočne akumulacije HE Brežice, s katero se je potopilo nekaj gramoznic, pa se je te "škrbine" moralo nadomestiti, tako da so se zgradile nove, nadomestne prodne stene nad vodno površino, s katerimi se je simuliralo habitate v gramoznicah.

3 Primeri »umetnih« habitatov

Je habitat lahko umeten? Habitat je življenjski prostor, torej nekaj naravnega. Če ga zgradi človek, je lahko to naravno? Bistvo narave so procesi, procesi ustvarjajo spremembe, ravno spremembe pa so tista dinamika, ki ustvarja pestrost habitatov, kot na primer različne globine vode, različne brežine gramoznic, različna kvaliteta prsti, različna granulacija sedimenta. Te razlike omogočajo različnim organizmom lokalne pogoje za življenje, zato je ta dinamika tako pomembna. Ko gradi človek, navadno gradi nekaj fiksnega, nekaj, kar bo stalo čvrsto skozi celotno življenjsko dobo. Vsak objekt mora izpolnjevati bistvene lastnosti. Je to združljivo z naravo?

V prejšnjem poglavju opisano ukalupljanje reke je Savi onemogočilo premikanje struge. Kot že omenjeno, je bila reka Sava pred izgradnjo HE Brežice široka cca 90m. Kartografski arhivi avstro-ogrskih katastrov pa na območju Brežic prikazujejo reko, katere glavna struga je široka 500m, zraven nje pa več stranskih strug, rokavov, meandrov in drugih oblik (okljuki, zalivi, mrtvice, jezera...). Vse te oblike nastajajo, ko reka ob poplavih ustvarja novo glavno strugo, stara struga pa se postopoma zamulji, preide v rokav, nato jezero, nato mrtvico, mlako, močvirje in na koncu v suha (občasno poplavljen) tla. Takšne reke od 19. stoletja pri Brežicah ni več, še vedno pa so ostanki nekdanjih strug in drugih vodnih oblik. Tovrstne mlake in močvirja so (bila) pester habitat in zato se je ob gradnji HE Brežice zgradilo nove tovrstne oblike. V prostor se je torej želelo umestiti nekaj, kar je izgubil že več desetletij nazaj. Ni se zgolj ohranjalo stanje reke pred izgradnjo HE Brežice, temveč se je želelo »izboljšati« trenutno stanje narave. Primer takšnega ukrepa je habitat imenovan NH6, ki je bil prioriteten namenjen želvi sklednici. Habitat se je zasnoval kot napol jezero in napol mlaka, z dinamično brežino in globinami ter dovolj golega, prodnatega prostora ob vodi, kjer si lahko želve ustvarjajo gnezda in se sončijo. Vsi podatki po izgradnji so kazali na uspeh. Po nekaj letih »obratovanja« habitata pa so se zgodile določene spremembe: ker ni tekoče vode, ki bi občasno poplavlila prodišče, se slednje zarašča in želve izgubljajo prostor za sončenje. Iz bližnjega potoka je bober skopal kanal do mlake in si v mlaki zgradil gnezdo. Po kanalu dostopa do tekoče vode in preko nje do prostora za hranjenje. Narava gre svojo pot. Potekajo naravni procesi, s katerim pa izgubljam prvoten namen habitata. Ali je ta objekt uspešno zgrajen? Ali uspešno »obratuje«?



Slika 3: Nadomestni habitat 6 (NH6), namenjen želvi sklednici, cca 2 leti po izgradnji. Vidne so prvotno gole površine proda, ki se postopoma zaraščajo. Na desni je vidno porušeno drevje, kjer je aktiven bober [8].

Suhi travniki so nastajali na območjih, kjer je reka nasipala prod. Takšna neugodna rastišča so najprej naselile pionirske rastline, ki so ustvarile tanek sloj humusa, slednji pa je omogočal razrast nezahtevni rastlin. Večje rastline je ob poplavi odneslo in s tem je nastal specifičen travniški habitat s pestrim ekosistemom rož, med katerimi je 25 ogroženih vrst [5]. Ob umeščanju HE Brežice v prostor se je rezerviral tudi prostor za tovrstne habitate, imenuje se NH3. Pred pripravo so se tla in simulirali pogoji, kakršni majdemo na naravnih suhih travnikih. Tako kot vsaka naravna oblika, tudi suhi travniki preidejo v naslednji stadij, saj večanje debeline humusa tudi večjim rastlinam omogoči, da ustvarijo dovolj bogat koreninski sistem, ki zdrži poplave. S časoma tako travnik preide v gozd. Če se ta naravni proces odvije na zgrajenem habitatu, kateremu je dodeljen namen, ali je projekt uspešen? Ali habitat obratuje uspešno, ali se bo okrivilo tistega, ki je zadolžen za vzdrževanje, da ni ohranjal ustreznih pogojev (ni ohranjal tal dovolj siromašnih)?

4 Ima naravni habitat fazo obratovanja?

Na spodnji Savi trenutno obratuje 5 HE s pripadajočo vplivno površino. Ukrepi, izvedeni v času gradnje posamezne HE, so predani različnim upravljalcem. To še posebej velja za HE Brežice. Pri gradnji prejšnjih elektrarn se je malo ali delno dajala pozornost naravi, HE Brežice pa je pilotni projekt v Sloveniji, celo v svetu, glede pozornosti, ki se je namenila naravi. V prvi vrsti se je opredelilo vse naravne vrednosti, nato razmišljalo o možnih ukrepih, se ukrepe zasnovalo ali sprojektiralo in na koncu so se objekti in ureditve zgradili, aktivnosti in procesi pa pričeli, pri čemer se je določil tudi izvajalec teh aktivnosti. Na primer, obratovanje prehoda za vodne organizme za premostitev višinske razlike v gladinah vode nad in pod jezovno zgradbo, v katerem se mora ohranjati ustrezna vodnatost/pretočnost ne glede na hidrološko-hidravlične pogoje v reki Savi. Drug primer je že omenjena brežina za breguljke in čebelarje; ker ni vode, ki

bi erodirala, niti ni izkopa gramoza, ki bi ustvarjal svež izkop, je potrebno ohranjati strmo brežino na način, da se odkoplje tisti material, ki ga padavine erodirajo. Tam, kjer je predpisano navodilo za vzdrževanje, torej lahko govorimo o obratovanju, tudi če gre za naravovarstveno ureditev. Ribe namreč plavajo skozi prehod za vodne organizme, celo veliko jih je, in ptice tudi kopljejo vsako leto nova gnezda v umetno zgrajenih brežinah. Kjer je naravna oblika ustvarjena, pa je ocenjevanje uspešnosti nesmiselno. Narava je namreč vedno uspešna, vprašanje je samo, ali je ljudem njena rešitev všeč. Obratovanje torej ne obstaja, saj je obratovanje po definiciji ponavljajoč proces. Gonilo narave pa je sprememba.

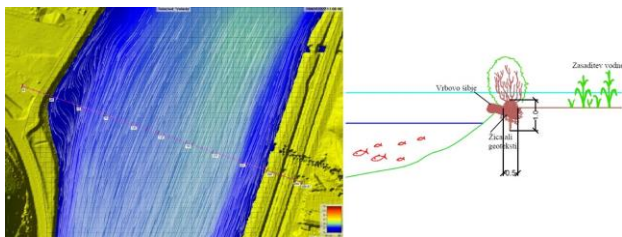
5 Pristop k izgradnji novega naravnega habitata

Sedaj znamo pristopati znanstveno in multidisciplinarno, zavedamo se, kako »deluje« narava, razumemo spremembe v naravi, poznamo pomen naravnih oblik in opremljeni smo z znanjem (tako tehničnim kot biološkim), kako oblikovati prostor na način, da bo primeren za izbrane organizme.



Slika 4: Otok nanosa (sedimenta) na pretočni akumulaciji HE Boštanj na reki Savi [6].

Na pretočni akumulaciji HE Boštanj se v bližini naselja Kopolje nahaja zožitev struge. Pred zožitvijo ob desnem bregu voda zaradi hidravličnih razmer zastaja in odlaga nanos (imenovan tudi sediment). Ker voda v pretočni akumulaciji dnevno niha zaradi proizvodnje električne energije in ker je odloženega že toliko nanosa, je tam pogosto viden otok. Ker je nanos, ki ga nosi reka Sava, v glavnem zelo drobnozrnat in z veliko organskimi primesmi, otok izgleda kot kup mulja. Fizikalne lastnosti tega materiala so takšne, da zadržuje vodo. Ker je lahek, se ne posede, ne konsolidira in zaradi tega tudi ne more ustvariti dovolj čvrste podlage, na kateri bi se lahko naselile rastline, čeprav je semen v vodi vse polno, kakor pričajo različna testiranja, ki smo jih opravili. Ideja je torej, da ne obnovimo brežine v osnovno obliko trapeznega korita, utrjenega s skalometom, temveč da uporabimo lokalne hidravlične razmere in omogočimo naravi njen razvoj. Po pogovorih z ZRSVN smo prišli do zaključka, da bi bilo na območju HE Boštanj koristno ustvariti boljše pogoje za vidro. Zato je ideja, da to lokacijo, ki trenutno nima bistvene ekološke vrednosti, preuredimo na način, da bo vsaj sprva tu našla svoj življenjski prostor vidra, kasnejši naravni razvoj pa bo pokazal, kakšne načrte ima narava.



Slika 5: Rezultati študije ureditve brežine [7]. Levo: Prikaz rezultatov hidravličnih izračunov. Desno: Prikaz idejne rešitve ureditve brežine.

Hidravlična analiza je pokazala, da ni ovire za ureditev brežine, ki bo ustvarila kombinacijo čvrste površine in vodnih lagun, saj tudi ob najvišjih pretokih reka Sava na tem mestu ne bi odnašala materiala. Izdelali smo idejno zasnovo brežine in sedaj pristopamo k izdelavi projekta za izvedbo nove brežine. Ustvarili bomo lepšo brežino, ki ne bo kazila podobo reke Save, na in ob kateri poteka rekreacija in turizem. Vpliv na proizvodnjo je zanemarljivo majhen, saj že sedaj otok zmanjšuje prostornino vode, ki se uporablja za proizvodnjo električne energije. Stroški vzdrževanja bodo manjši, saj ne bo potrebno čiščenje in ohranjanje osnovne utrjene brežine. Narava pa bo dobila nov prostor.

6 Prihodnost sodelovanja z naravo

Je z naravo možno sodelovati? Je narava pripravljena sodelovati? Vse, kar lahko naredimo, je, da se zavedamo naravnih procesov, jih poskušamo čim bolj razumeti in spoznati njihovo kompleksnost ter povezanost. Elektro energetske objekti se ne umeščajo, ker bi bili sami sebi namen, umeščajo se z razlogom. Ker jih potrebujemo. Hkrati je smiselna določena doza samokritičnosti pri »predpisovanju« naravnih procesov in pri napovedovanju, kaj bo narava naredila ali kaj glede okolja lahko pričakujemo v prihodnosti. Dejstvo je, da ne vemo vsega, kompleksnost narave pa je osupljiva, zato je smiselna določena doza ponižnosti. Človek potrebuje svoj prostor za življenje, ravno tako ga narava. Razmišljanje o naravi je še kako ključno, če želimo ljudje preživeti na tem planetu. Izgradnja HE Brežice je primer dobre prakse glede pozornosti, ki se je namenilo naravi, glede truda in znanja, ki se ga je vložilo, in tudi glede na novo pridobljenega znanja. Predvsem pa je dobra praksa v tem, da se je ob gradnji HE zagotovil in uredil prostor tudi za naravo. S tem se omogoča naravna dinamika in dogajanje sprememb v okolju, kajti to je naravno. Tudi če kakšen ukrep sedaj ni popolnoma takšen, kot se je sprva zastavil, gre še vedno lahko za primer dobre prakse. V najslabšem primeru kot pokazatelj, kaj lahko naredimo še boljše.

7 Zaključki

Ker je celoten članek napisan v poljudnem stilu, naj zaključim s tehničnim komentarjem. Tehniki smo navajeni ravnati s številkami, vrednotiti po kriterijih in razvrščati v razrede. Naravo je težko razvrščati na tovrsten matematičen način iz več razlogov. V prvi vrsti so naravni sistemi preveč kompleksni, da bi jih enoznačno vrednotili, pogosto pa jih niti ne razumemo v celoti. Pomen naravnih oblik in njihovo vrednost vedno

vrednotimo z antropološkega vidika, ki je avtomatsko subjektiven. Objektivna ocena vrednosti ni možna, še manj z vidika narave. Vrednosti posameznega organizma ali lokalnega habitata za celoten ekosistem ni mogoče ovrednotiti.



Slika 6: Primer tipičnega vodnega telesa s habitatno diverzitetjo, kakršna se je umeščala na potokih v bližini HE Brežice [8]. Proces erodiranja na levi strani slike ustvarja strmo brežino, v kakršni lastovice breguljke in čebelarji gradijo gnezda. Na desni strani poteka odlaganje in ustvarjanje prodišča, kjer pričenjajo z rastjo pionirske rastline, na kamnih pa se sončijo želve. Plitvine in tolmeni ustvarjajo različne pogoje za različne velikosti rib, različno obvodno rastlinje pa hrano za različne organizme. "Izgradnja" tovrstne ureditve neizbežno vodi v spremembo, saj bo narava že ob prvem dežju takšen "objekt" spremenila. Faza obratovanja takšnega "objekta" v smislu ponavljanja procesov zato ne obstaja. Vse, kar lahko ljudje naredimo, je, da zagotovimo prostor in pustimo naravnim procesom naravno pot.

Za konec upoštevajmo še človeški faktor in različne razloge za ravnanje posameznikov, tudi inženirjev in znanstvenikov, ki pogosto upoštevajo zgolj tisto, kar se je dogodilo v njihovi karieri, preteklost in prihodnost pa presegata okvir njihovega zanimanja. Narava ni tako ozkogleda, zato si je treba priznati, da vsega pač ne vemo. Ukrepe, za katere so bili strokovnjaki čvrsto prepričani, da bodo delovali, je narava »odpeljala po svoje«. Degradiranost okolja je narava pogosto preoblikovala v nekaj nepričakovanega, kar čez desetletja cenimo in želimo ohraniti. Zato posegi v prostor, kakršne so tudi gradnje elektro energetske objekti, niso nujno takšna degradacija okolja, kakršna izgleda na prvi pogled. Zaradi našega lastnega obstoja na planetu je brez dvoma potrebno pri umeščanju v prostor vložiti trud, čas in denar tudi v ohranjanje narave. Pri tem ni smiselno, da ohranjanje narave temelji strogo na načrtovanju in predvidevanju naravnih procesov in naravnega stanja, temveč je preudarno vsaj deloma dovoliti, da naravni procesi oblikujejo prostor tudi po lastni poti. Sodobni pristopi k umeščanju zahtevajo tovrstno širokoglednost, potrebna pa je tudi multidisciplinarnost, da se naslovi vse ekološke vidike. Tudi v 3. fazi projektov, fazi obratovanja, je pri vsaki spremembi prostor, da se razmisli o možnosti sonaravnega ukrepanja, pri čemer je sonaravno ukrepanje že to, da se da naravi prostor.

References / Literatura

- [1] Plachter, H. 1995. A Central European Approach for the Protection of Biodiversity. V: Ogrin, D. (et al.) 1996.
- [2] Ogrin, D. 1995. Dileme v načrtovanju za varstvo narave: primer reke Mure.
- [3] Lin Sien, C (et al.) 1988. The Coastal Environmental Profile of Singapore.
- [4] Lubi, J. 2011. Gospodarjenje s topolovimi nasadi na krško-brežiškem polju.
- [5] Geateh, d.o.o. 2014. Poročilo o vplivih na okolje za HE Brežice.
- [6] Hribar A. 2015-2022. Osebni arhiv fotografij in tehničnega gradiva (gradivo z avtorskimi pravicami je uporabljeno s privolitvijo lastnika, HESS, d.o.o. in Infra, d.o.o.).
- [7] Kryžanowski, A. 2022. Študija možnosti ureditve brežine reke Save pri naselju Kompolje.
- [8] Splet

Axioms and Myths of Environmental Care and Sustainable Agriculture

Aksiomi in miti o varovanju okolja in trajnostnem kmetijstvu

Matjaž Gams

Odsek za inteligentne sisteme

Institut "Jožef Stefan"

Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

Slovenija

ABSTRACT.

This paper challenges common misconceptions about agriculture's impact on the environment, particularly the idea that agriculture is inherently harmful. By providing insights into natural cycles, methane dynamics, and biodiversity benefits, the study highlights how well-managed agricultural practices, such as diverse crop management and rotational grazing, contribute positively to the environment. Contrary to the myth, correctly managed farmland and pastures foster biodiversity, support soil health, and integrate animals as a natural part of ecosystems. The paper compares the environmental impact of agriculture with other sectors and emphasizes the need for a nuanced understanding of sustainability in agriculture.

POVZETEK

Prispevek izpodbija običajne napačne predstave o vplivu kmetijstva na okolje, zlasti idejo, da je kmetijstvo škodljivo okolju. Z analizo naravnih ciklov, dinamike metana in koristi biotske raznovrstnosti, študija poudarja, kako dobro upravljane kmetijske prakse, kot so raznovrstne poljščine in rotacijska paša, pozitivno prispevajo k okolju. Nasprotno mitu, pravilno obdelana kmetijska zemljišča in travniki spodbujajo biotsko raznovrstnost, podpirajo zdravje tal in vključujejo živali kot naravni del ekosistemov. Prispevek primerja okoljski vpliv kmetijstva z drugimi sektorji in poudarja potrebo po bolj natančnem razumevanju trajnostnosti v kmetijstvu.

KLJUČNE BESEDE

Trajnostno kmetijstvo, metan, biotska raznovrstnost, ekosistemi, upravljanje kmetijskih zemljišč

KEYWORDS

Sustainable agriculture, methane, biodiversity, ecosystems, farmland management

1 Uvod

Kmetijstvo, kljub svoji nujni vlogi pri zagotavljanju hrane za svetovno prebivalstvo, pogosto napadajo, češ da onesnažuje

okolje. To prepričanje izhaja predvsem iz dveh dejavnikov: izpustov toplogrednih plinov, zlasti metana, ki ga proizvajajo prežvekovalci, in degradacije tal zaradi intenzivnih kmetijskih praks. Vendar pa so te predstave pogosto poenostavljene in ne upoštevajo ključnih dejstev, kot so naravni cikli metana, trajnostno upravljanje kmetijskih zemljišč in pomen biotske raznovrstnosti, ki jo lahko podpirajo dobro upravljane kmetijske površine [1][2].

Dobro upravljano kmetijstvo, zlasti ekstenzivne metode, kot sta rotacijska paša in ohranjevalno obdelovanje tal, ima zelo pozitivne vplive na okolje. Na primer, travniki in pašniki lahko gostijo večjo biotsko raznovrstnost kot mnogi gozdni ekosistemi, saj omogočajo habitat za številne rastlinske in živalske vrste [3]. Poleg tega so tla na trajnostno upravljanih kmetijskih površinah sposobna skladiščiti več ogljika, kar pripomore k zmanjšanju koncentracij toplogrednih plinov v ozračju [4]. Primerjave z zagrajenimi površinami (ceste, parkirišča, stavbe) so seveda nesmiselne, saj je v resnici kmetijske površine najbolj biološko "bogate", človeško degradirane pa najmanj.

Čeprav zlasti živinoreja prispeva k proizvodnji metana, enemu glavnih toplogrednih plinov, pa se metan v ozračju ohranja le približno 12 let, kar pomeni, da so njegovi dolgoročni učinki bistveno manjši kot pri CO₂ [5]. Poleg tega nove tehnologije in prakse, kot so dodatki za prehrano živali, lahko bistveno zmanjšajo emisije metana iz živinoreje [6].

Kmetijstvo je tudi ključno za ohranjanje biotske raznovrstnosti. Dobro upravljana kmetijska zemljišča zagotavljajo pomemben prostor za številne vrste, ki jih ne najdemo v intenzivno gozdnih ali urbaniziranih območjih. Raznolikost vrst na takšnih površinah prispeva k stabilnosti ekosistemov in omogoča večjo odpornost na podnebne spremembe in druge stresne dejavnike [7].

Cilj tega prispevka je podrobneje raziskati vpliv kmetijstva na okolje, zlasti v povezavi z izpusti toplogrednih plinov, biotsko raznovrstnostjo in trajnostnim upravljanjem naravnih virov, ter izpodbijati nekatere uveljavljene mite o kmetijstvu kot največjem onesnaževalcu. Poleg tega bomo preučili, kako lahko trajnostno kmetijstvo prispeva k zmanjšanju negativnih

vplivov na okolje in pomaga pri reševanju nekaterih ključnih okoljskih izzivov.

Da bi argumentirali vlogo in pomen kmetijstva v smislu varovanja okolja, najprej naredimo širšo analizo varovanja okolja, ki temelji na [8, 9, 10]. Naredimo tako analizo aksiomov, osnovnih usmeritev varovanja okolja v sekciji 2, kot tudi mitov v sekciji 3. Zaključimo z diskusijo v sekciji 4.

2 Aksiomi o varovanju okolje

Aksiomi (osnovne usmeritve) varovanja okolja so:

2.1. Rast števila ljudi in standarda je osnovni pritisk na okolje

Ljudje za svoje delovanje in udobje uporabljajo energijo, kar pomeni, da več kot je ljudi in višji kot je življenjski standard, več energije je potrebno za zadovoljevanje njihovih potreb. Posledično se povečuje tudi poraba naravnih virov in nastaja večja količina onesnaževanja, ki vpliva na kvarjenje okolja.

Čeprav se rast svetovne populacije postopoma upočasnjuje, zlasti zaradi nizke rodnosti na večini celin (razen v Afriki, kjer rodnost ostaja visoka), to pomeni, da je v prihodnosti čedalje pomembnejši dejavnik vpliv posameznika na okolje [11]. Ob manjšem številu otrok in staranju prebivalstva bo poudarek na tem, koliko okoljske škode povzročajo posamezni ljudje s svojim načinom življenja in porabo energije. Bolj kot število ljudi bo pomembna njihova potrošnja in ravnanje z naravnimi viri – Koliko površin bodo uničili, koliko onesnaževanja bodo povzročali, Koliko bodo podpirali biotsko raznolikost in sožitje z naravo [12].

Ključen dejavnik v tej enačbi je poselitev – kako in kje so ljudje naseljeni ter koliko prostora je namenjenega različnim dejavnostim, kot so kmetijstvo, industrija, neokrnjena narava in urbani parki. Teoretično bi se vseh 8 milijard ljudi na svetu lahko naselilo na območje velikosti Slovenije, saj bi ob 20.000 km² površine vsak posameznik zasedel približno 2,5 m² prostora.

Torej ta hip število prebivalcev na planetu ni preveliko, če bi delovali smotno in trajnostno, če bi poseljevali predvsem v mestih, zmanjšali nepotrebno porabo virov in namenjali zadostne površine naravi ter ekosistemom, kjer pomembno vlogo igrajo kmetijske površine in gozdovi.

Trajnostni razvoj bi tako moral vključevati učinkovito rabo prostora, zlasti z vidika urbanizacije in varovanja naravnih območij, ob hkratnem zmanjšanju porabe energije na prebivalca in spodbujanju manj potrošniškega življenjskega sloga. Če bi človeštvo delovalo trajnostno – manj trošilo, učinkoviteje uporabljalo naravne vire in vzdrževalo ravnovesje med človekovo dejavnostjo in ohranjanjem narave – bi trenutna populacija lahko bivala v harmoniji z okoljem brez bistvenih negativnih vplivov na planet [12, 13].

Za Slovenijo in druge države je napotek jasen: treba je stremeti k trajnostni rodnosti (1.9 do 2.2), treba je zmanjšati pritok migrantov – saj to povečuje število prebivalcev in pritisk na okolje. Treba je večino ljudi poseliti po mestih in čim večji del površin nameniti kmetijstvu, gozdarstvu in zavarovanim območjem [8, 11].

2.2. Izgorevanje (fosilnih goriv) največ prispeva k onesnaževanju oz. uničevanju okolja

Vse tehnologije, ki temeljijo na izgorevanju fosilnih goriv (premog, nafta, plin), kot so tiste v prometu, ogrevanju in industriji, prispevajo k izpustom toplogrednih in ljudem škodljivih plinov, kar je glavni vzrok za onesnaževanje okolja. Fosilna goriva so omejeni viri, nastali skozi milijone let iz ostankov starodavnih organizmov, in čeprav predstavljajo izredno zgoščeno energijo, je njihova raba dolgoročno nevdržna. Po ocenah geoloških raziskav je v zemeljski skorji približno 1.7 trilijona sodčkov nafte, vendar pri trenutni stopnji porabe lahko pričakujemo, da bodo te zaloge izčrpane v nekaj desetletjih. Poleg tega se približno 50 % zalog premoga ocenjuje na količino, ki zadošča še za dobrih 100 let, vendar so tudi te številke odvisne od stopnje porabe [14, 15].

Toplogredni plini, ki nastajajo pri izgorevanju fosilnih goriv, kot so ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄) in dušikovi oksidi (NO_x), pomembno vplivajo na segrevanje ozračja. Med njimi ima metan sicer večji takojšnji učinek na podnebje, vendar razpade v ozračju v približno 12 letih. Ogljikov dioksid pa ostaja v atmosferi več stoletij, zaradi česar se njegov vpliv dolgoročno kopiči. Prav CO₂ je tisti, ki najbolj prispeva k dolgoročnemu segrevanju ozračja in podnebnim spremembam, ker je trajno prisoten v visokem ozračju in povzroča t.i. učinek tople grede.

Zato so tehnologije, ki ne uporabljajo fosilnih goriv, kot so vetrnice, jedrska energija, sončne elektrarne in hidroelektrarne, ekološko bistveno bolj trajnostne. Te tehnologije izkoriščajo naravne vire, kot so veter, voda, sonce ali jedrsko fisijo, ki so v veliki meri obnovljivi in povzročajo manj onesnaženja [16]. Na primer, sončne elektrarne nimajo neposrednih izpustov toplogrednih plinov med obratovanjem, medtem ko vetrnice proizvajajo energijo z uporabo vetrne sile, kar zmanjšuje potrebo po fosilnih gorivih.

Vendar imajo tudi te tehnologije svoje izzive. Jedrska energija, čeprav z nizkimi izpusti CO₂, prinaša tveganje v obliki radioaktivnih odpadkov. Vetrne elektrarne lahko vplivajo na lokalne ekosisteme in predstavljajo izziv glede stabilnosti oskrbe z energijo, kadar ni dovolj vetra. Sončne elektrarne pa zahtevajo velike površine zemljišč, kar je hudo problematično (okoljski kriminal v imenu varovanja okolja), zlasti če se postavljajo na kmetijskih območjih ali naravnih habitatih.

Znotraj kmetijstva pa so v zadnjem desetletju v ospredje prišle tako imenovane biogorivne kulture, kot je oljna repica, ki naj bi predstavljale obnovljiv vir energije in zmanjšale odvisnost od fosilnih goriv. Vendar se je pokazalo, da ima proizvodnja biogoriv več negativnih kot pozitivnih učinkov na okolje. Proces pridelave oljne repice za gorivo pogosto zahteva več fosilnih goriv (za gnojenje, obdelavo tal, žetev in predelavo), kot jih biogorivo prihrani ob končni uporabi. To pomeni, da celotni življenjski cikel proizvodnje teh goriv v mnogih primerih ne vodi k zmanjšanju emisij, ampak celo k povečanemu ogljičnemu odtisu [15]. Čemu smo sploh uvedli tovrstne ukrepe, ko pa očitno škodijo okolju?

Za Slovenijo je osnovna trajnostna usmeritev, da opušča predvsem termoelektrarne na premog in se usmeri v jedrsko in trajne vire, kjer je to sprejemljivo in okolju primerno. Vsak ukrep pa mora biti premišljen (primer okoljskega kriminala je postavljanje sončnih panelov na kmetijskih površinah).

2.3. Aksiom: Ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključnega pomena za stabilnost ekosistemov

Zmanjševanje biotske raznovrstnosti, ki ga pospešujejo izgorevanje, uničevanje kmetijskih in gozdnih površin, velike kmetijske monokulture in invazivne vrste, zmanjšuje odpornost ekosistemov. Eni izmed dejavnikov zmanjševanja biotske raznovrstnosti so monokulturni sistemi, saj ustvarjajo homogene omejene ekosisteme, kjer je manj prostora za prosto živeče rastline in živali. Prav tako so te kulture bolj občutljive na bolezni in škodljivce, kar zahteva večje količine pesticidov in umetnih gnojil, ki dodatno škodujejo okolju [17, 18, 19]. Za Slovenijo to skoraj ne pride v poštev, saj je večina posestev razparceliranih, medtem ko so v nekaterih državah cele doline namenjeni monokulturi. V tropskih krajih izstopa oljna palma (*Elaeis guineensis*), iz katere pridobivajo palmovo olje, ki se uporablja v številnih prehrabnih, kozmetičnih in industrijskih izdelkih. Ta kultura vodi v obsežno krčenje gozdov, izgubo biotske raznovrstnosti, emisije toplogrednih plinov ter izpodirvanje lokalnih skupnosti.

Prav tako so invazivne vrste, ki jih pogosto nenamerno prenašamo med različnimi ekosistemi, eden največjih razlogov za izumiranje avtohtonih vrst. Invazivne vrste pogosto izpodrinejo avtohtone zaradi svoje agresivnosti, hitrega razmnoževanja ali pomanjkanja naravnih plenilcev. Poleg tega so nekatere invazivne rastlinske vrste, kot je ambrozija, tudi zelo škodljive za zdravje ljudi, saj povzročajo alergije, in čeprav je potrebno minimalno vsaj avgusta kositi dvakrat, se v Sloveniji v marsikateri občini ne izvaja niti to.

Tudi na videz naravna okolja, kot so strnji gozdovi, lahko predstavljajo omejeno biotsko področje, če v njih ni zadostne raznolikosti habitatov. Zato je veliko bolj smiselno ohraniti mozaično krajino, kjer so naravne jase, kmetijske površine med gozdom ali občasne poseke (daleč bolje kot strnji gozdovi), ki ustvarjajo raznolikost življenjskih prostorov. Takšna krajina omogoča večji razpon ekosistemov, ki so bolj odporni na spremembe in naravne katastrofe. Gozdovi z jasami ponujajo več možnosti za različne vrste rastlin in živali, kar povečuje stabilnost ekosistema.

Podobno so škodljive genetsko spremenjene rastline, ki so pogosto zasnovane tako, da vsebujejo "naravne" strupe za žuželke, kar ne ustvarja le monokultur, ampak tudi "zastrupljene" monokulture. Te rastline ne škodujejo samo škodljivcem, ampak vplivajo tudi na druge, koristne žuželke in lahko dolgoročno škodijo celotnemu ekosistemu, saj strupi prehajajo skozi prehranjevalno verigo.

Še slabše pa so (avto)ceste, ki predstavljajo povsem mrtva območja za večino živih bitij. Ta območja niso zgolj fizično ovira za prostoživeče vrste, temveč so tudi območja, kjer se pogosto dogajajo trki z živalmi (test avtomobilskega stekla). Poleg tega ustvarjajo prekinitve habitatov, kar vodi do izgube genetske raznolikosti med populacijami in posledično večje občutljivosti na bolezni in okoljske spremembe. Avtoceste so v marsičem »polja smrti«, kjer preživetje vrst ni mogoče, razen tistih, ki se v kovinskih škatlah vozijo naokoli.

Eno izmed pomembnih rešitev za ohranjanje biotske raznovrstnosti je tudi sistematično odstranjevanje invazivnih vrst z ustrežno zakonodajno podporo. Na primer, kazni za lastnike zemljišč, ki ne odstranijo alergene rastline, kot je ambrozija, bi lahko spodbudile učinkovitejše ravnanje z invazivnimi rastlinami.

Prav tako bi moralo biti dovoljeno humano odstranjevanje invazivnih živali, kot so nutrije v Ljubljani. Ljudje pogosto ne razumejo škodljivosti invazivnih vrst in se upirajo njihovemu odstranjevanju, čeprav te vrste povzročajo uničujoče učinke na avtohtone ekosisteme. Navedimo dva primera: če bi bili pogoji povsod po svetu enaki, bi prevladovalo recimo 10-krat manj vrst, kot jih je danes. Z globalizacijo se pogoji izenačujejo, saj ljudje postajajo ključni dejavnik v večini ekosistemov, kjer s svojo prisotnostjo in navadami spreminjajo prehranjevalne verige in habitate. Še en primer: sesalci predstavljajo približno 6.400 vrst na svetu. Okoli 36 % teže sesalcev predstavljajo ljudje, medtem ko 60 % teže sesalcev predstavljajo domače živali, kot so govedo, ovce, prašiči in drugi rejni organizmi. Divji sesalci pa predstavljajo le še 4 % vse biomase sesalcev na planet. Ali je projekcija 4, 3, 2, 1, 0 [20, 21]?

Podobno škodljiv vpliv imajo invazivne vrste, kot je nutrija (*Myocastor coypus*, znana tudi kot močvirska podgana ali bobrovka). Preden nutrije naselijo določeno območje, tam živijo avtohtone vrste podgan, miši, rakov in drugih malih živali. Vendar ko nutrije, ki tehtajo od 5 do 10 kilogramov, pridejo na to območje, uničijo, izpodrinejo ali pobijejo vse, kar jim ne ubeži (recimo ribe). Kljub temu pa lokalno prebivalstvo pogosto protestira proti odstranjevanju nutrij, ne zavedajoč se, kakšno uničenje med avtohtonimi vrstami povzročajo te invazivne živali. Takšne napačne predstave in odpor do odstranjevanja invazivnih vrst lahko povzročijo dolgoročno škodo ekosistemom, ki so že oslabljeni zaradi drugih okoljskih pritiskov.

Kot imamo akcije čiščenja okolja, bi morali izvajati akcije čiščenja invazivnih rastlin in živali in morali bi izobraževati državljane, kaj je to smotrno varovane okolja in kaj to ni.

2.4. Aksiom: Trajnostni razvoj zahteva večji učinek z manjšo porabo energije s pomočjo naprednih tehnologij in pametne rabe virov

Trajnostni razvoj ne pomeni predvsem zategovanja pasu - zmanjševanje porabe, temveč eliminiranje nesmiselnih pristopov ter povečanje učinkovitosti s pametno uporabo virov in tehnologij, kot je umetna inteligenca (AI). Z uporabo AI, avtomatizacije in optimiziranih sistemov lahko povečamo učinkovitost in zmanjšamo porabo energije, ne da bi pri tem ogrozili razvoj [22, 23]. Namesto povečanja porabe moramo iskati rešitve, ki omogočajo večji učinek z manjšo porabo energije.

Preprost primer tega so drevesa. Drevo, zasajeno pred hišo, lahko zagotavlja senco in posledično zmanjša potrebo po hlajenju stavbe za kar 20 %. To je enostaven in naraven način za zmanjšanje porabe energije brez tehnoloških intervencij, hkrati pa z drevesom prispevamo k izboljšanju kakovosti zraka, ki ga dihamo [24].

Na globalni ravni se soočamo s hitrim izginjanjem kmetijskih površin, kar še dodatno ogroža našo sposobnost za trajnostno pridelavo hrane, predvsem pa biotsko raznolikost. Vsako leto po svetu izgubimo približno 10 milijonov hektarjev kmetijskih zemljišč zaradi različnih dejavnikov, kot so urbanizacija, širitev cest, krčenje gozdov in intenzivna kmetijska dejavnost. To je približno enako 14 milijonom nogometnih igrišč [25]. Vsako minuto posekajo za 4 nogometna igrišča gozda v Amazoniji. Kdaj bo konec – ko bomo posekali in uničili vse?

Tudi v Sloveniji je situacija zaskrbljujoča, saj vsak dan izgubimo površino enega nogometnega igrišča kmetijskih zemljišč, kar vodi v zmanjšanje prostora za pridelavo hrane in povečuje obremenitev okolja. Širitev cestne infrastrukture in gradnja novih objektov na teh zemljiščih še dodatno prispevata k izginjanju naravnih površin ter pospešujeta učinke segrevanja podnebja [26]. Takšne prakse ne samo zmanjšujejo biotsko raznovrstnost, temveč ustvarjajo tudi večje potrebe po energiji in povzročajo povečanje toplogrednih plinov [27].

Nadaljnje širjenje cestne infrastrukture in gradnja novih stavb, še posebej veletrgovin in stanovanjskih sosesk na kmetijskih zemljiščih, ne samo zmanjšuje razpoložljivo površino za pridelavo hrane, temveč tudi povečuje izpuste toplogrednih plinov in segreva klimo. Gradnja dodatnih cest in veletrgovin povečuje promet, kar vodi k večji porabi fosilnih goriv in s tem dodatno obremenjuje okolje.

Namesto širjenja teh netrajnostnih praks moramo vlagati v tehnološke inovacije in naravne rešitve, ki bodo omogočile večji učinek z manjšo porabo virov. Pametno zasnovana infrastruktura, AI v energetski učinkovitosti in trajnostne rešitve, kot je zasaditev dreves in ustvarjanje naravnih senčnih površin, lahko pripomorejo k bistvenemu zmanjšanju porabe energije ter ohranjanju naših naravnih virov.

Če pogledamo usmeritve v Sloveniji in zaključke te konference o okolju, jasno opazimo velika razhajanja. Marsikje so strokovni argumenti povsem jasni in na naši strani, pa vendar javnost in mediji tega niti ne vedo.

3 Miti o okolju in kmetijstvu

3.1. Kmetijstvo je okolju neprijazno

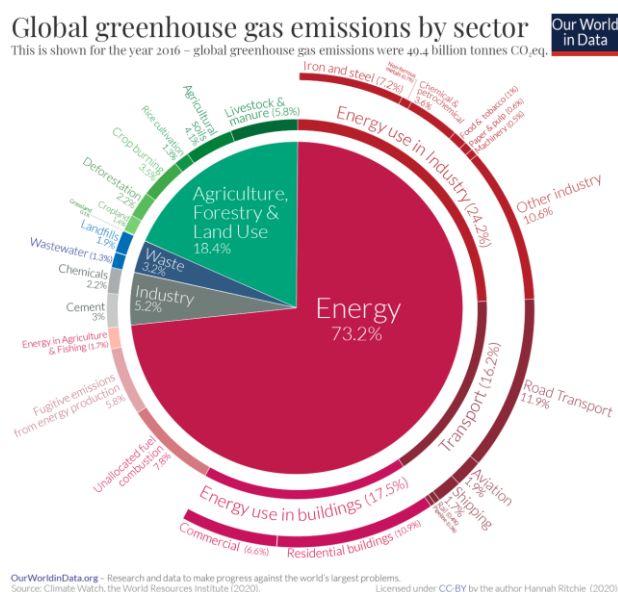
Resnica je veliko bolj kompleksna in v osnovi fundamentalno nasprotna temu mitu. Pravilno upravljano kmetijstvo prispeva k večji biotski raznovrstnosti in trajnostnemu okolju (neekološko ali nekvalitetno kmetijstvo pa seveda škodi). Kmetijske površine, kot so dobro obdelane njive in travniki, ustvarjajo raznoliko krajino, ki podpira različne vrste živali in rastlin. Pravilno upravljana polja in travniki so habitat za številne žuželke, ptice in druge prostoživeče živali, kar prispeva k izjemni biodiverziteti [28]. Na primer, v Evropi so travniki ena izmed najbolj biotsko raznovrstnih ekosistemov.

Metan, ki ga oddajajo prežvekovalci, kot so krave, ima sicer močan učinek na podnebne spremembe, vendar razpade v ozračju v približno 12 letih, medtem ko ogljikov dioksid (CO₂) ostaja v atmosferi več stoletij. To pomeni, da je vpliv metana kratkotrajen in se lahko učinkovito upravlja z uporabo novih tehnologij za zmanjšanje emisij.

Živali so naravni del ekosistema in imajo vlogo pri ohranjanju naravnih ciklov hranil. Paša živali, na primer, spodbuja rast travniških rastlin in s tem izboljšuje strukturo tal ter preprečuje erozijo. Podobno so njihovi odpadki hrana za insekte vseh vrst, katerih število se je v zadnjih 50 letih zmanjšalo za več kot polovico, kot tudi število in teža vseh divjih živali. Kmetijstvo, ki temelji na principih regenerativnega kmetovanja, izboljšuje kakovost tal, saj povečuje njihovo sposobnost zadrževanja vode in hranil. Težko je razumeti nekatere, ki se imajo za zagovornike varstva okolja, ko zagovarjajo invazivne živali in hkrati zahtevajo odstranitev domačih živali.

Strokovne raziskave kažejo, da pravilno upravljane kmetijske površine ključno prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti. Na primer, na travnikih, ki so pravilno vzdrževani, lahko uspeva do 40 različnih vrst rastlin na kvadratni meter, kar je veliko več kot v intenzivnih industrijskih monokulturah ali pozidanih površinah, ki so pogosto označene kot "puščave", kjer je prisotnih zelo malo vrst [28, 29].

Zato kmetijstvo ni okolju neprijazno – pravilno izvajano kmetijske prakse prispevajo k trajnostnemu okolju in visoki biotski raznovrstnosti, medtem ko napačne predstave o kmetijstvu pogosto izhajajo iz neustrezno vodenih praks in industrijskih metod pridelave ter napačega razumevanja, kaj je to biotska raznolikost.



Slika 1: Izvori toplogrednih plinov; tri četrtine jih prihaja iz fosilnih goriv. Vir: Hannah Ritchie (2020) - "Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector' [Online Resource]

3.2. Izmed vseh tehnologij je najbolj nevarna in škodljiva ravno jedrska

Tudi tu je resnica ravno nasprotna: Jedrska energija proizvaja minimalne izpuste CO₂ v primerjavi s fosilnimi gorivi in zato predstavlja bolj trajnostno alternativo, čeprav obstajajo tveganja, povezana z odpadki. Poleg tega so nekatere trajnostne energije kot sončna in vetrna podvrženi nihanjem in so zato primerjave, tudi v tem prispevku, narejene na osnovi uravnoteženega energetskega sistema, kjer imate zadosti stalnih virov (hidro, jedrska, termo) in trajnostnih, tj. občasnih. Če ni na voljo zadosti trajnih virov, se cena električne energije zaradi shranjevanja približno podvoji ali potroji [9, 30].

Primerjava po atributih:

Cena na enoto energije (USD/kWh)

Jedrska energija: Povprečna cena proizvodnje jedrske energije znaša približno 0,09 USD/kWh. Visoki začetni stroški

izgradnje jedrskih elektrarn so kompenzirani z nizkimi obratovalnimi stroški in dolgoročno življenjsko dobo [31].

Fosilna goriva (premog, nafta, plin): Cene fosilnih goriv so odvisne od trga, vendar se cena proizvodnje električne energije giblje med 0,05 in 0,10 USD/kWh. Čeprav so začetni stroški nižji, pa fosilna goriva dolgoročno povzročajo stroške zaradi vpliva na okolje in zdravje.

Sončna energija: Stroški sončne energije so v zadnjih letih močno padli in zdaj znašajo med 0,03 in 0,06 USD/kWh, kar jo uvršča med najcenejše vire energije (če imamo osnovno energijsko zahtevo pokrito trajnostno).

Vetrna energija: Cena proizvodnje vetrne energije se giblje med 0,04 in 0,07 USD/kWh, kar jo prav tako uvršča med konkurenčne vire obnovljive energije.

Hydroenergija: Cena hidroenergije je zelo odvisna od lokacije in znaša med 0,03 in 0,05 USD/kWh, kar jo uvršča med cenovno najučinkovitejše vire energije.

Izpusti CO₂ na enoto energije (gCO₂/kWh)

Jedrska energija: Jedrska energija spada med najmanj emisijsko intenzivne vire, s povprečnimi izpusti CO₂ okoli 12 gCO₂/kWh (vključno z izgradnjo elektrarn in celotnim življenjskim ciklom).

Fosilna goriva: Premog povzroča največ izpustov, s povprečno 820 gCO₂/kWh, plin povzroča približno 490 gCO₂/kWh, medtem ko nafta znaša okoli 720 gCO₂/kWh [32].

Sončna energija: Sončna energija prispeva približno 48 gCO₂/kWh, večinoma zaradi proizvodnje in reciklaže fotonapetostnih panelov.

Vetrna energija: Vetrna energija spada med najbolj čiste vire, z izpusti okoli 11 gCO₂/kWh.

Hydroenergija: Povprečni izpusti hidroenergije znašajo 24 gCO₂/kWh, vendar se lahko ta vrednost poveča zaradi izpustov metana iz velikih rezervoarjev.

Potrebne površine na enoto energije (m²/kWh)

Jedrska energija: Jedrska energija zahteva najmanj prostora. Povprečna jedrska elektrarna proizvede ogromno količino energije na majhni površini – približno 1,9 m²/kWh [33].

Fosilna goriva: Premogovne in plinske elektrarne potrebujejo približno 40-100 m²/kWh, zaradi potrebe po rudarjenju in skladiščenju goriv.

Sončna energija: Solarne elektrarne zahtevajo veliko večje površine za zbiranje sončne svetlobe, s približno 25-70 m²/kWh, odvisno od učinkovitosti panelov in lokacije.

Vetrna energija: Potrebne površine za vetrne elektrarne znašajo približno 20-60 m²/kWh.

Hydroenergija: Potrebne površine za hidroelektrarne se zelo razlikujejo glede na vrsto projekta, vendar znašajo od 100 m²/kWh ali več pri velikih akumulacijskih jezerih.

Število žrtev v nesrečah na enoto energije (smrti/TWh)

Jedrska energija: Jedrska energija je kljub nekaj odmevnim nesrečam, kot so Černobil in Fukušima, statistično varna z vidika smrtnosti. Povprečje znaša 0,07 smrti/TWh, vključno z nesrečami in dolgoročnimi učinki sevanja [34].

Fosilna goriva: Premog je izredno nevaren tako zaradi nesreč v rudnikih kot zaradi dolgoročnih zdravstvenih učinkov onesnaženja. Povprečno število smrti znaša 24,6 smrti/TWh za premog in 2,8 smrti/TWh za plin.

Sončna energija: Sončna energija je zelo varna, s povprečno 0,02 smrti/TWh, večinoma zaradi nesreč pri namestitvi in vzdrževanju panelov.

Vetrna energija: Vetrna energija prav tako spada med zelo varne vire, s približno 0,04 smrti/TWh.

Hydroenergija: Čeprav hidroenergija večinoma velja za varno, lahko nesreče, kot so zrušitve jezov, povzročijo velike žrtve. Povprečno število smrti znaša 1,3 smrti/TWh, vendar lahko te nesreče lokalno povzročijo večje število smrtnih žrtev [35].

4 Diskusija

Pravilno varovanje okolja temelji na trajnostnem razvoju, kar pomeni pametno rabo virov in naprednih tehnologij, ki omogočajo večjo učinkovitost z manjšo porabo energije. Na primer, uporaba jedrske energije za proizvodnjo električne energije znatno zmanjša izpuste CO₂ v primerjavi s fosilnimi gorivi in prispeva k boju proti podnebnim spremembam. Pomembno je tudi ohranjanje biotske raznovrstnosti, saj stabilni ekosistemi zagotavljajo dolgoročno odpornost na podnebne spremembe. Naravne rešitve, kot so sajenje dreves in pametno načrtovanje krajine, lahko prav tako učinkovito zmanjšujejo potrebo po energiji, kot je hlajenje stavb, ter hkrati prispevajo k izboljšanju kakovosti zraka. Pravilno varstvo okolja temelji na pametni kombinaciji naravnih in tehnoloških rešitev, ki zagotavljajo dolgoročno trajnost.

Nasprotno pa nepravilno varovanje okolja pogosto temelji na napačnih argumentih in mitih, kot je prepričanje, da so obnovljivi viri, kot sta sončna in vetrna energija, vedno boljši od jedrske energije. V resnici te rešitve zahtevajo večje površine in so manj zanesljive, ter so nekajkrat dražje, če jih je potrebno shranjevati.

Zmotno je prepričanje, da se gospodarska rast lahko nenehno povečuje, ne da bi to negativno vplivalo na okolje. Prav tako mit, da kmetijstvo škoduje okolju, izhaja iz napačnega razumevanja varovanja okolja.

Kmetijstvo prispeva k ohranjanju okolja in povečevanju biotske raznovrstnosti. Prakse, kot je regenerativno kmetovanje, spodbujajo zdravje tal, zmanjšujejo erozijo in izboljšujejo zmogljivost tal za zadrževanje vode. Paša živali na travnikih, če je pravilno vodena, prispeva k naravnemu ciklu hranil, spodbuja rast rastlin in podpira raznolikost vrst. Zmanjšanje metanskih emisij s tehnološkimi inovacijami in trajnostno obdelavo zemljišč omogoča, da kmetijstvo ne le minimizira škodljive učinke, temveč aktivno prispeva k varovanju naravnih virov.

Pogosto napačno predstavljanje kmetijstva kot enega glavnih onesnaževalcev temelji na primerih neustreznih praks, kot so intenzivne monokulture in pretirana uporaba kemikalij, česar v Sloveniji skoraj ni. Vendar pa je resnica, da lahko kmetijstvo, če se izvaja trajnostno, bistveno prispeva k varovanju okolja. Travniki in kmetijske površine lahko podpirajo večjo biotsko raznovrstnost kot mnoge gozdne površine, saj ustvarjajo naravne habitate za številne rastlinske in živalske vrste. Sodobni miti o kmetijstvu, ki ga enačijo z uničevanjem okolja, ne upoštevajo pozitivnih vplivov trajnostnih kmetijskih praks, ki so ključne za ohranjanje ekosistemov.

Zelo pomembno je tudi, kako je kmetijstvo upravljano, recimo ali se zgodaj kosi travo, ali se krave nepravilno hrani itd. Tu so lahko napredni in ekološko zavedni sistemi vodenja kmetij na osnovi umetne inteligence in GPT izredno koristni tako za kmete kot za varstvo okolja. Ko smo predlagali tovrstne ideje predstavnikom oblasti, pa ni bilo prav veliko zanimanja.

V zaključku: kmetijstvo je v svoji osnovi najboljša varovalka okolja in zato bi morali okoljevarstveniki, kmetje in raziskovalci skupaj zagovarjati najboljše rešitve.

Literatura:

- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., & Godfray, H. C. J. (2013). *Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies*. *Science*, 341(6141), 33-34, <https://doi.org/10.1126/science.1234485>
- Smith, P., Gregory, P. J. (2013). *Climate change and sustainable food production*. Proceedings of the Nutrition Society, 72(1), 21-28, <https://doi.org/10.1017/S0029665112002832>
- Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., & Masson-Delmotte, V. (2020). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <https://www.ipcc.ch/srccl>
- Lal, R. (2021). *Soil carbon sequestration: An essential tool for mitigating climate change*. *Nature Sustainability*, 4, 974-976. DOI: 10.1038/s41893-021-00722-9.
- Saunio, M., Jackson, R. B., Bousquet, P., Poulter, B., & Canadell, J. G. (2020). *The growing role of methane in anthropogenic climate change*. *Environmental Research Letters*, 15(12), 120207. DOI: 10.1088/1748-9326/ab9ed2.
- Hristov, A. N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., ... & Waghorn, G. (2021). *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production—A review of technical options for non-CO2 emissions*. FAO Animal Production and Health Paper, 177, <https://www.fao.org/3/cb7508en/cb7508en.pdf>
- Ricciardi, A., Lewis, M. A., & Diez, J. M. (2021). *Biological invasions and natural biodiversity patterns: The case for agricultural landscapes*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 662836. DOI: 10.3389/fevo.2021.662836.
- Gams, M. idr. (2020). *Bela knjiga o strokovnem varovanju okolja*, Institut 'Jožef Stefan' <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-I9010JS8>
- Mihalič R. (2015). *Zelena energetika*, 2. del, <https://www.metropolitan.si/novice/zelena-energetika-2-del/>
- Plut, D. (2023). *Ekosistemska družbena ureditev*. Prvi zv.: podstati in gradniki ekosistemske družbene ureditve, <https://ebooks.uni-lj.si/ZalozbaUL/catalog/book/405>
- Gams, M. (2023). *Miti in resnice o slovenskem okolju*. V *Miti in resnice o varovanju okolja = Myths and truths about environmental protection*: Informacijska družba - IS 2023 = Information Society - IS 2023, zbornik 26. mednarodne multikonference = proceedings of the 26th International Multiconference, zvezek D = volume D, 11. oktober 2023 = 11 October 2023, Ljubljana, Slovenia (str. 18-21). COBISS.si-ID 171645699. □
- Brown, L. R., Hanson, M. E., & Wilson, K. J. (2020). The global impact of human population growth on ecosystem services. *Nature Sustainability*, 3(2), 92-101. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0443-x>
- Cohen, J. E. (2019). Human population: The next half century. *Environmental International*, 129, 104994. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104994>
- British Petroleum. (2020). *Statistical review of world energy 2020*. BP. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Searchinger, T. D., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., ... & Yu, T. H. (2008). Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319(5867), 1238-1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>
- REN21. (2021). *Renewables 2021: Global status report*. REN21. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report>
- De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R., & Pimm, S. L. (2014). Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology*, 29(2), 452-462. <https://doi.org/10.1111/cobi.12380>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., ... & Tilman, D. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294(5543), 804-808. <https://doi.org/10.1126/science.1064088>
- De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R., & Pimm, S. L. (2014). Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology*, 29(2), 452-462. <https://doi.org/10.1111/cobi.12380>
- Kolbert, E. (2014). *The sixth extinction: An unnatural history*. Henry Holt and Co.
- Goodall, C. (2016). *The Switch: How solar, storage and new tech means cheap power for all*. Profile Books.
- Smil, V. (2017). *Energy and civilization: A history*. MIT Press.
- Nowak, D. J., & Dwyer, J. F. (2007). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In J. E. Kuser (Ed.), *Urban and community forestry in the Northeast* (pp. 25-46). Springer.
- Umweltbundesamt. (2021). *Land use and land use change: Annual report 2021*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/en/press>
- United Nations. (2020). *UN News: Land degradation neutrality targets 2030*. United Nations. <https://news.un.org/en/story/2020/05>
- FAO. (2020). *Global forest resources assessment 2020: Key findings*. FAO. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment>
- Smith, P., Gregory, P. J. (2013). "Climate change and sustainable food production." Proceedings of the Nutrition Society, 72(1), 21-28.

29. Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Godfray, H. C. J. (2013). "Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies." *Science*, 341(6141), 33-34.
30. Jacobson, M. Z. (2009). Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy & Environmental Science*, 2(2), 148-173. <https://doi.org/10.1039/b809990c>
31. World Nuclear Association. (2020). Comparison of lifecycle greenhouse gas emissions of various electricity generation sources. *World Nuclear Association*. <https://www.world-nuclear.org>
32. Sovacool, B. K. (2008). Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy*, 36(8), 2950-2963. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.04.017>
33. Markandya, A., & Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)
34. Kharecha, P. A., & Hansen, J. E. (2013). Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical and projected nuclear power. *Environmental Science & Technology*, 47(9), 4889-4895. <https://doi.org/10.1021/es3051197>
35. Sandoval, M. (2023). How lifetime emissions of different energy sources stack up. *World Resources Institute*. <https://www.wri.org>

Umetna inteligenca o zeleni agendi (izvedljivost, cena in rezultati zelenega prehoda)

Jure Špiller
Ljubljana, Slovenija
jure@basic.si

ABSTRACT / POVZETEK

Dobrobit človeštva se nesmiselno povezuje z zmanjšanjem CO2 izpustov (razogljčenjem, Net Zero), kar povzroča ogromne stroške in še več prikritega onesnaženja, brez otipljivih rezultatov. Le prilagajanje spremembam v okolju je smiselno in ekonomsko učinkovito.

Samo uporaba preizkušenih obstoječih virov zanesljive energije (reke, nafta, plin, jedrska tehnologija) omogoča normalno življenje in razvoj.

S pomočjo umetne inteligence (<https://www.perplexity.ai/>) sem poiskal odgovore na aktualna vprašanja:

- Stroški razogljčenja (Net Zero)
- Cena hlajenja (\$/°C)
- Dosedanje segrevanje in vpliv na populacijo
- Bo segrevanje zmanjšalo število ljudi?
- Zaradi mraza umre 10-krat več ljudi kot zaradi vročine
- Segrevanje 2x hitrejše od svetovnega povprečja
- Hinavščina razogljčenja
- Nasprotovanje jedrske energiji
- Okoljevarstvo kot kult
- Okoljski vidik blejskih kremšnit

KEYWORDS / KLJUČNE BESEDE

CO2, razogljčenje, prebivalstvo, energetika, plin, nafta, jedrska energija, ekonomija

OPTIONAL: ABSTRACT

Humanity's well-being is meaninglessly linked to CO2 reduction (decarbonisation, Net Zero), which entails huge costs and more hidden pollution, with no tangible results. Only adapting to environmental change is sensible and economically efficient.

Only the use of proven existing sources of reliable energy (rivers, oil, gas, nuclear technology) allows normal life and development.

With the help of artificial intelligence (<https://www.perplexity.ai/>). I have sought answers to the questions at hand:

- - The cost of decarbonisation (Net Zero)
- - Cost of cooling (\$/°C)
- - Warming to date and impact on population
- - Will warming reduce the number of people?

- - 10 times more people die from cold than heat
- - Warming 2x faster than global average
- - The hypocrisy of decarbonisation
- - Opposition to nuclear power
- - Environmentalism as a cult
- - The environmental aspect of Bled kremšnites

OPTIONAL: KEYWORDS

CO2, decarbonisation, population, energy, gas, oil, nuclear, economics

1 Stroški razogljčenja

To je kompleksno in večplastno vprašanje, ki vključuje znatne finančne naložbe v različnih sektorjih in regijah. Tukaj je nekaj ključnih vidikov:

1.1 Ocene skupnih stroškov

Globalne naložbene zahteve: Ocenjuje se, da bo za doseganje ničelnih neto emisij od leta 2021 do 2050 potrebnih približno 110 bilijonov dolarjev globalnih kapitalskih naložb, kar je v povprečju 3,5 bilijona dolarjev letno. Ta naložba predstavlja približno 1,3 % predvidenega svetovnega BDP v naslednjih treh desetletjih [4].

Naložbe v posamezne sektorje: Velik del teh naložb, približno 70 % ali 2,4 bilijona USD letno, bi moral biti usmerjen v sektor električne energije. To vključuje naložbe v proizvodnjo električne energije brez emisij ogljika, elektroenergetska omrežja ter shranjevanje električne energije in prilagodljivost omrežja [4].

1.2 Cena na tono CO2

Cene ogljika: Stroške razogljčenja je mogoče razumeti tudi v smislu cen ogljika. Trenutne ocene kažejo, da morajo biti cene ogljika med 50 in 100 USD na tono CO2 do leta 2030, da se uskladijo s cilji Pariškega sporazuma [6]. Svetovna povprečna cena ogljika je leta 2024 znašala 32 USD na tono, kar je pod priporočenim razponom [6].

Stroški razogljčenja glede na kategorijo emisij: Stroški za razogljčenje posebnih kategorij emisij se razlikujejo. Na primer, cena zemeljskega plina je približno 3505 GBP na tono CO2e, medtem ko je za obnovljivo energijo približno 6435 GBP na tono CO2e [1].

1.3 Regionalne razlike

Cene ogljika po regijah: Pobude za določanje cen ogljika se med regijami precej razlikujejo. Evropa in Srednja Azija imata

povprečno ceno ogljika 50 USD na tono, medtem ko je cena v ZDA in Kanadi približno 48 USD na tono. Druge regije, kot sta Latinska Amerika in Karibi, imajo nižje povprečne cene, okoli 24 USD na tono [6].

Naložbene potrebe po regijah: Naložbene zahteve za doseganje ničelnih neto emisij se prav tako razlikujejo glede na regijo, na kar vplivajo obstoječa infrastruktura, politični okviri in gospodarski pogoji[4].

1.4 Izzivi in premisleki

Socialni in gospodarski vplivi: Prehod na ničelne neto emisije bo imel široke gospodarske in družbene učinke, ki bodo vplivali na povpraševanje, kapitalsko porabo, stroške in zaposlovanje v različnih sektorjih [7].

Politika in izvajanje: Učinkovita dekarbonizacija zahteva trdne politične okvire, vključno z mehanizmi za določanje cen ogljika, spodbudami za čisto tehnologijo in mednarodnim sodelovanjem za zagotovitev pravičnega in učinkovitega izvajanja [5][6].

Povzetek

Stroški razogljičenja vključujejo velike finančne obveznosti v različnih sektorjih in regijah, s precejšnjimi razlikami v cenah ogljika in naložbenih potrebah. Za doseganje globalnih ciljev razogljičenja bodo potrebna usklajena prizadevanja in strateške naložbe za uravnoteženje gospodarske rasti z okoljsko trajnostjo.

REFERENCE

- [1] https://www.eauc.org.uk/file_uploads/20230524_hfe_v4_0_-_cost_of_net_zero_report_1.pdf
- [2] <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/0e8e24f5-en/1/3/3/index.html?itemId=/content/publication/0e8e24f5-en&csp=9e1e8b508d47c48ebab5cddb217622cd&itemIGO=oecd&itemContentType=book>
- [3] https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_28600/the-costs-of-decarbonisation-system-costs-with-high-shares-of-nuclear-and-renewables
- [4] <https://decarbonization.visualcapitalist.com/breaking-down-the-cost-of-clean-energy-transition/>
- [5] <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/05/21/global-carbon-pricing-revenues-top-a-record-100-billion>
- [6] <https://decarbonization.visualcapitalist.com/visualized-the-price-of-carbon-around-the-world-in-2024/>
- [7] <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-what-it-could-bring>

2 Stroški odstranjevanja CO2 iz ozračja

Trenutni stroški za neposredno zajemanje CO2 iz zraka so ocenjeni med 600 in 1.000 dolarjev na tono odstranjenega CO2[4][8]. Za široko uporabo tehnologije neposrednega zajemanja iz zraka (direct air capture - DAC) morajo stroški pasti pod 200 dolarjev na tono, idealno bližje 100 dolarjev na tono do leta 2050[4][9].

Raziskovalci ETH Zürich ocenjujejo, da bodo stroški leta 2050 predvidoma med 230 in 540 dolarji na tono, namesto pogosto omenjenega razpona 100-300 dolarjev[6][7].

Projekcije stroškov za posamezne DAC tehnologije do leta 2050:

- Climeworks: 280-580 dolarjev na tono
- Carbon Engineering: 226-544 dolarjev na tono
- Heirloom: 230-835 dolarjev na tono[6][8]

To je približno dvakrat več od nekaterih prejšnjih ocen[6].

Ključno za znižanje stroškov je povečanje obsega uporabe DAC, vendar je v kratkem roku potrebno več zmogljivosti, kot je trenutno načrtovano[4]. Na skupne stroške DAC vplivajo stroški posameznih komponent, stroški energije in stroški integracije[3]. Bolj dovršene komponente, kot so kompresorji, imajo manjši potencial za znižanje stroškov[8].

Kljub višjim napovedim nekatera DAC podjetja že ponujajo cene blizu ali na ravni 340 dolarjev na tono, ki je predvidena za leto 2050[4]. Utežena povprečna cena za DAC s shranjevanjem se je med letoma 2022 in 2023 znižala za 43 %, s 1.261 na 715 dolarjev na tono[4]. Nekatera podjetja trdijo, da so trenutni stroški zajemanja pod 500 ali celo 200 dolarjev na tono[4].

Čeprav se pričakuje, da se bodo stroški z razvojem tehnologije bistveno znižali, nedavne raziskave kažejo, da znižanja morda ne bodo tako dramatična, kot so upali prej. Kljub temu se zdi, da industrija DAC napreduje hitreje pri zniževanju stroškov, kot predvidevajo nekatere študije. Priporoča se nadaljnji razvoj več pristopov DAC za spodbujanje inovacij in znižanje stroškov[6][8].

2.1 Strošek odstranjevanja 1ppm CO2 iz zraka

1 ppm atmosferskega CO2 ima maso 7,76 gigaton (Gt) CO2.

- Pri ceni 100 US\$ na tono bi stroški znašali 776 milijard US\$.
- Po trenutnih cenah 700-1200 US\$/t to pomeni 5 - 9 bilijonov US\$
- Do leta 2050 se bi ta vsota prepolovila
- Trenutno je svetovni bruto domači proizvod (BDP) 101 bilijon US\$

Za odstranitev 0,2% CO2 (1ppm) bi porabili 10% družbenega proizvoda

REFERENCE

- [1] <https://www.mdpi.com/2673-8392/3/4/92>
- [2] <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022/executive-summary>
- [3] <https://www.nature.com/articles/s44172-023-00152-6>
- [4] <https://www.weforum.org/agenda/2023/08/how-to-get-direct-air-capture-under-150-per-ton-to-meet-net-zero-goals/>
- [5] <https://www.wri.org/insights/direct-air-capture-resource-considerations-and-costs-carbon-removal>
- [6] <https://www.sciencedaily.com/releases/2024/03/240304135808.htm>
- [7] <https://www.asiafinancial.com/cost-of-carbon-capture-by-2050-may-be-double-estimates-ime>
- [8] <https://carbonherald.com/new-study-places-future-direct-air-capture-costs-230-540-range/>
- [9] <https://www.science.org/content/article/cost-plunges-capturing-carbon-dioxide-air>

3 Stroški hlajenja (\$/°C)

Na podlagi posredovanih rezultatov iskanja je težko podati natančno oceno hladilnega učinka v stopinjah Celzija na milijardo dolarjev, porabljenih za razogljčenje. Vendar pa lahko naredimo nekaj sklepov:

- Odlašanje z ukrepi za zajezitev podnebnih sprememb ima znatne gospodarske stroške. Zamuda, ki povzroči segrevanje za 3 °C nad predindustrijsko ravno namesto za 2 °C, bi povzročila dodatno škodo v višini 0,9 % svetovne proizvodnje, kar pomeni približno 150 milijard dolarjev samo za ameriško gospodarstvo[3].
- Obnovljivi viri energije bi lahko do leta 2050 razogljčili 90 % elektroenergetske industrije, kar bi drastično zmanjšalo emisije ogljika in prispevalo k ublažitvi podnebnih sprememb [4]. Stroški tehnologij obnovljive energije, kot sta sončna energija in veter, so se od leta 2010[4] znatno znižali.
- Ocene skupnih stroškov za odpravo podnebnih sprememb segajo od 300 milijard do 50 bilijonov dolarjev v naslednjih dveh desetletjih[5]. Ta ogromen razpon odraža negotovost in zapletenost pri določanju optimalne strategije razogljčenja.
- V scenariju IEA o neto ničelnih emisijah do leta 2050 morajo posredne emisije CO₂, povezane s povpraševanjem po hlajenju prostorov, do leta 2030 pasti na približno 40 % današnje ravni [1]. To bi pomenilo, da se povprečna učinkovitost nove klimatske opreme do leta 2035 približa najboljši razpoložljivi ravni [1].

Medtem ko rezultati iskanja ne zagotavljajo natančnega kvantitativnega razmerja med stroški razogljčenja in znižanjem temperature, pa kažejo, da lahko pomembne naložbe v obnovljivo energijo, energetska učinkovitost in zmanjšanje emisij pomembno vplivajo na omejevanje prihodnjega dviga globalne temperature.

Povzetek

Natančen hladilni učinek na porabljen dolar ostaja negotov in se razlikuje glede na izvedene posebne ukrepe za dekarbonizacijo.

REFERENCE

- [1] <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>
- [2] https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf
- [3] https://scholar.harvard.edu/files/stock/files/cost_of_delaying_action.pdf
- [4] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-022-01532-8>
- [5] <https://www.globalgiving.org/learn/cost-to-end-climate-change/>
- [6] <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>
- [7] <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
- [8] <https://carbonfix.org/blog/cooling-the-planet-by-0-5c-it-only-takes-e8-billion-a-year>

4 Dosedanje segrevanje in vpliv na populacijo

4.1 Globalno povečanje temperature

- Od leta 1880 se je povprečna površinska temperatura Zemlje dvignila za 0,07°C na desetletje.
- Stopnja povečanja temperature se je od leta 1981 več kot podvojila na 0,18°C na desetletje.

• Povprečne površinske temperature so v zadnjih letih dosledno presegle 1,5°C nad predindustrijskimi vrednostmi.

4.2 Rast prebivalstva

- Svetovno prebivalstvo je zrastle z okoli 1,6 milijarde leta 1900 na 8,1 milijarde leta 2024.
- Stopnja rasti prebivalstva je dosegla vrhunec 2,2% letno leta 1963 in se od takrat znižala na približno 1,1% letno.

4.3 Vplivi podnebnih sprememb na prebivalstvo

- Podnebne spremembe vplivajo na smrtnost in življenjske pogoje preko neposrednih vplivov ekstremnih temperatur in posrednih vplivov, ki jih posredujejo okoljski in družbeni sistemi.
- Ogrožajo prehransko varnost, oskrbo s sladko vodo in zdravje ljudi.
- Dvig morske gladine ogroža stotine milijonov ljudi v obalnih območjih.
- Podnebne spremembe lahko prisilijo ljudi k migraciji, z ocenami do več sto milijonov podnebnih migrantov do leta 2050.

4.4 Rast prebivalstva kot gonilnik podnebnih sprememb

- Rast prebivalstva skupaj s povečano potrošnjo običajno povečuje emisije toplogrednih plinov.
- Vpliva tudi na sposobnost Zemlje, da se upre podnebnim spremembam in absorbira emisije, na primer s krčenjem gozdov, ko se zemljišča spreminjajo v kmetijske površine za prehrano rastočega prebivalstva.

4.5 Demografski dejavniki in podnebna ranljivost

- Ljudje v revnih regijah, kljub temu da malo prispevajo k emisijam, so najbolj ranljivi za vplive podnebnih sprememb.
- Visoke stopnje revščine in socialne neenakosti povečujejo ranljivost za ekstremne vremenske pojave, vodni stres in izzive pri pridelavi hrane.

4.6 Populacijska dinamika in podnebna politika

- Upočasnitev rasti prebivalstva s pravičnimi ukrepi, kot je povečanje dostopa do načrtovanja družine, bi lahko igrala ključno vlogo pri blaženju podnebnih sprememb.
- Vendar lahko tudi v planih z nizko rastjo prebivalstva ogljično intenzivna gospodarska rast še vedno povzroči visoke emisije.

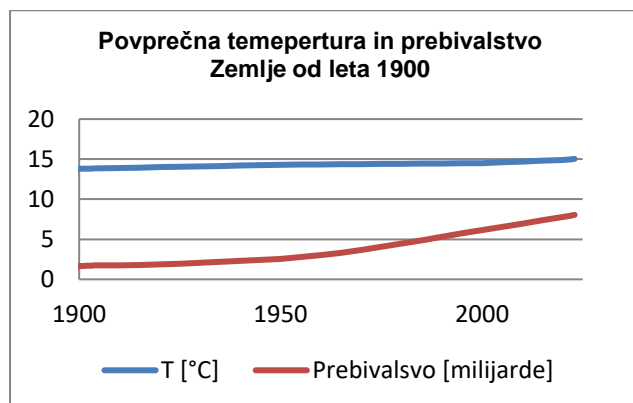
4.7 Zgodovinski kontekst

- Pospeševanje podnebnih sprememb sovпада z obdobji hitre industrializacije in rasti prebivalstva, zlasti od sredine 20. stoletja.

Povzetek

Čeprav naraščajoče temperature niso neposredno povzročile rasti prebivalstva, so začele vplivati na človeške populacije na različne načine. Hkrati je rast prebivalstva prispevala k podnebnim spremembam, kar ustvarja kompleksno povratno

zanko med demografskimi trendi in okoljskimi spremembami. Odnos med podnebnimi spremembami in prebivalstvom je večplasten in vključuje vprašanja emisij, ranljivosti, prilagajanja in strategij blaženja.



Slika1: <https://www.perplexity.ai/search/make-graph-of-temperature-rise-StW7v2gkTGS325Rivulm9A>

5 Ali segrevanje zmanjšuje število ljudi?

Dvig globalnih temperatur za 2 stopinji Celzija verjetno ne bo neposredno znižal svetovnega prebivalstva, lahko pa ima pomembne posredne učinke, ki lahko upočasnijo rast prebivalstva ali celo povzročijo upad prebivalstva v določenih regijah. Tukaj so ključne točke:

- Smrti zaradi vročine : višje temperature bodo povečale tveganje za bolezni in umrljivost zaradi vročine, zlasti med ranljivimi skupinami prebivalstva, kot so starejši, otroci in osebe z že obstoječimi zdravstvenimi težavami. To bi lahko povzročilo višje stopnje smrtnosti na prizadetih območjih.
- Vplivi na zdravje : Podnebne spremembe lahko tudi poslabšajo kakovost zraka, širijo nalezljive bolezni ter motijo oskrbo s hrano in vodo, kar dodatno poveča zdravstvena tveganja in umrljivost.
- Zmanjšanje pričakovane življenjske dobe : V regijah, ki so jih močno prizadele podnebne spremembe, se lahko pričakovana življenjska doba skrajša zaradi skupnih učinkov toplotnega stresa, podhranjenosti in bolezni. To bi lahko upočasnilo rast prebivalstva ali celo povzročilo upad prebivalstva.
- Podnebni begunci: Dvig morske gladine, ekstremni vremenski pojavi in degradacija okolja bi lahko povzročilo povečano preseljevanje. S tem bi se povečal pritisk na vire in infrastrukturo sprejemnih območij ter povzročilo socialno in gospodarsko nestabilnost.
- Konflikti in nemiri: S podnebjem povezano razseljevanje in pomanjkanje virov lahko prav tako prispevata k konfliktom, ki lahko dodatno destabilizirajo prizadete regije in povzročijo upad prebivalstva.
- Družbeno-ekonomski vplivi: gospodarske in družbene motnje, ki jih povzročajo podnebne spremembe, kot je zmanjšana kmetijska produktivnost, bi lahko povzročile večjo revščino in nestabilnost. To lahko povzroči zmanjšanje stopnje rodnosti, saj imajo ljudje manj otrok zaradi gospodarske negotovosti ter zmanjšanega dostopa do zdravstvenega varstva in izobraževanja.

5.1 Omejitve

Pomembno je omeniti, da čeprav lahko podnebne spremembe prispevajo k upadu prebivalstva v določenih regijah, je malo verjetno, da bodo v bližnji prihodnosti bistveno zmanjšale svetovno prebivalstvo. Na rast prebivalstva vplivajo številni zapleteni dejavniki, splošni vpliv podnebnih sprememb na število svetovnega prebivalstva pa ostaja negotov.

Povzetek

Čeprav ni pričakovati, da bi dvig globalnih temperatur za 2 stopinji neposredno zmanjšal svetovno prebivalstvo, bi lahko povzročil povečano umrljivost, krajšo pričakovano življenjsko dobo, razseljevanje in nižjo stopnjo rodnosti v močno prizadetih regijah. Blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje njihovim vplivom bo ključnega pomena za zmanjšanje teh možnih vplivov na prebivalstvo.

Medicinska revija The Lancet ocenjuje, da je dostop do klimatskih naprav v letu 2019 preprečil skoraj 200.000 smrti med ljudmi, starimi 65 let ali več[9].



Slika2: <https://www.economist.com/science-and-technology/2024/09/04/new-tech-can-make-air-conditioning-less-harmful-to-the-planet>

REFERENCE

- [1] <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2021/10/11/85-percent-population-climate-impacts/>
- [2] <https://www.thedailystar.net/environment/global-warming/news/how-temperature-rise-2-degrees-celsius-impacts-billions-3327291>
- [3] <https://populationconnection.org/resources/population-and-climate/>
- [4] <https://www.prb.org/resources/climate-change-impacts-emerging-population-trends-disaster/>
- [5] <https://www.nytimes.com/interactive/2018/10/07/climate/ipcc-report-half-degree.html>
- [6] <https://www.euronews.com/green/2023/09/08/virtually-no-one-on-earth-escaped-98-of-worlds-population-exposed-to-global-warming-this-shhttps://frontline.thehindu.com/news/climate-change-explained-how-a-temperature-rise-of-2c-impacts-billions/article66885235.ece>
- [7] <https://populationmatters.org/climate-change/>
- [8] https://www.economist.com/science-and-technology/2024/09/04/new-tech-can-make-air-conditioning-less-harmful-to-the-planet?tear=science_nl_1

6 Zaradi mraza umre 10-krat več ljudi kot zaradi vročine

Čeprav je res, da je v preteklosti število smrti zaradi mraza znatno preseglo smrti zaradi vročine, se dinamika zaradi podnebnih sprememb spreminja. Tukaj so ključne točke v zvezi

z vplivom naraščajočih temperatur na stopnjo umrljivosti in morebitne posledice za svetovno prebivalstvo:

6.1 Trenutni trendi smrti zaradi temperature

- Smrti zaradi mraza v primerjavi z vročino : Študije kažejo, da na svetu zaradi mraza umre približno devetkrat več kot zaradi vročine. Študija, objavljena v »The Lancet Planetary Health«, je pokazala, da je v zadnjih dveh desetletjih izpostavljenost mrazu predstavljala veliko večino smrtnih primerov, povezanih s temperaturo, pri čemer je bilo približno 8,5 % smrti pripisanih mrazu in samo 0,9 % vročini [1][2][4].

- Spreminjanje vzorcev : Čeprav trenutno prevladujejo smrti zaradi prehlada, se trend spreminja. Smrti zaradi vročine zaradi podnebnih sprememb naraščajo, število smrti zaradi mraza pa se zmanjšuje. Ta premik nakazuje, da se bo ravnovesje v prihodnosti lahko nagnilo k večjemu številu smrtnih žrtev, povezanih z vročino [1][4][5].

Posledice naraščajočih temperatur

- Povečana smrtnost zaradi vročine : Ko se temperature dvignejo, zlasti v ranljivih regijah, se pričakuje, da se bo število smrti zaradi vročine povečalo. To je še posebej zaskrbljujoče za prebivalstvo na območjih, ki niso vajena ekstremne vročine, in kjer so prilagoditveni ukrepi morda nezadostni [1][4].

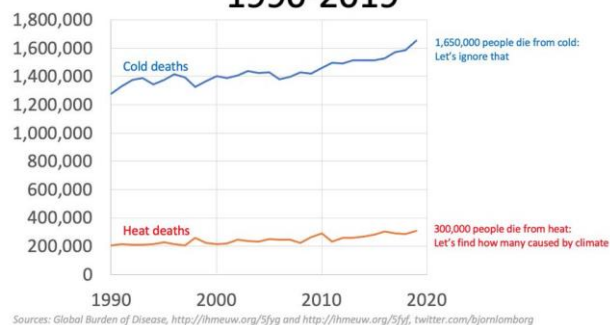
- Potencialni vpliv na prebivalstvo : Čeprav celotno število svetovnega prebivalstva morda ne bo takoj upadlo zaradi povečanega števila smrti, povezanih z vročino, bi lahko v nekaterih regijah prišlo do znatnega povečanja umrljivosti in upočasnilo rast prebivalstva ali povzročilo lokalno zmanjšanje. Ranljivo prebivalstvo, zlasti na območjih z nizkimi dohodki, je lahko nesorazmerno prizadeto, kar še poslabša obstoječe zdravstvene razlike in potencialno vodi do večjih migracijskih pritiskov [1][2][5].

- Dolgoročne projekcije : Ker se podnebne spremembe še naprej odvijajo, bi lahko vse večja razširjenost smrti zaradi vročine sčasoma uravnotežila ali preseгла smrt zaradi mraza, zlasti če se ne izvajajo prizadevanja za ublažitev. To bi lahko vodilo do višjih splošnih stopenj umrljivosti in vplivalo na populacijsko dinamiko skozi čas [2][4].

Povzetek

Če povzamemo, čeprav število smrti zaradi mraza trenutno znatno presega število smrti zaradi vročine, podnebne spremembe spreminjajo to pokrajino. Pričakuje se, da bo dvig globalnih temperatur povečal smrtnost zaradi vročine, kar bi lahko imelo globoke posledice za zdravje in dinamiko prebivalstva, zlasti v ranljivih regijah. Takojšnje ukrepanje za ublažitev podnebnih sprememb je ključnega pomena za preprečitev teh neugodnih rezultatov.

Global Deaths: Heat & Cold 1990-2019



Slika3:

<https://x.com/BjornLomborg/status/1409119091290521601>

REFERENCE

- [1] <https://www.theguardian.com/world/2021/jul/08/extreme-temperatures-kill-5-million-people-a-year-with-heat-related-deaths-rising-study-finds>
- [2] <https://ourworldindata.org/part-one-how-many-people-die-from-extreme-temperatures-and-how-could-this-change-in-the-future>
- [3] <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-cold-related-deaths>
- [4] <https://www.forbes.com/sites/joshuacohen/2023/07/19/excessive-summer-heat-can-kill-but-extreme-cold-causes-more-fatalities/>
- [5] <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/interactive/2023/hot-cold-extreme-temperature-deaths/>
- [6] <https://thebreakthrough.org/issues/energy/human-deaths-from-hot-and-cold-temperatures-and-implications-for-climate-change>
- [7] <https://www.wunderground.com/cat6/Which-Kills-More-People-Extreme-Heat-or-Extreme-Cold>
- [8] <https://ourworldindata.org/part-two-how-many-people-die-from-extreme-temperatures-and-how-could-this-change-in-the-future>

7 Segrevanje 2x hitreje od svetovnega povprečja

Samo nekaj področij je, kjer se to res dogaja

- Arktika, zlasti polotok Tajmir v Rusiji, se segreva 2,5- do 2,8-krat hitreje od svetovnega povprečja. V zadnjih 10 letih so tamkajšnje temperature narasle za 0,8 °C do 1,2 °C (1,4 °F do 2,1 °F) hitreje od svetovnega povprečja [4].

- Rusko ozemlje se na splošno segreva skoraj dvakrat hitreje od svetovnega povprečja kopnega – pri 0,51 °C (0,91 °F) na desetletje v primerjavi z 0,295 °C (0,531 °F) globalno nad kopnim[4].

- Antarktika se segreva dvakrat hitreje od svetovnega povprečja, s približno 20–50 % večjim segrevanjem od ocen iz podnebnih modelov. To temelji na rekonstrukciji temperatur na Antarktiki v preteklem tisočletju z uporabo zapisov ledenih jeder [5].

- Podnebni modeli predvidevajo, da se bo pas južne Azije, ki se razteza od Perzijskega zaliva preko Indije in Kitajske, segreval hitreje kot skoraj kjer koli drugje na Zemlji v različnih scenarijih podnebnih sprememb. V tej regiji živi več kot milijarda ljudi [3].

Povzetek,

Arktika, Rusija, Antarktika in deli južne Azije se soočajo z dvigi temperature, ki so približno dvakrat višji od svetovnega povprečja, pri čemer se Arktika segreva najhitreje in je dvig temperature skoraj trikrat višji. Hitro segrevanje v teh regijah je velika skrb zaradi velike populacije v južni Aziji in možnih vplivov segrevanja Arktike in Antarktike na podnebni sistem.

Ali se res 2x hitreje segreva tudi Slovenija [9]?

REFERENCE

- [1] <https://climate.copernicus.eu/global-temperature-exceeds-2degc-above-pre-industrial-average-17-november>
- [2] <https://www.climatecentral.org/report/global-heat-review-june-2024>
- [3] <https://climate.mit.edu/ask-mit/where-will-people-experience-most-warming-climate-change>
- [4] <https://www.aa.com.tr/en/environment/climate-change-russia-is-heating-up-almost-twice-as-fast-the-world-warns-scientist/3278123>
- [5] <https://www.carbonbrief.org/guest-post-ice-cores-reveal-antarctica-is-warming-twice-as-fast-as-global-average/>
- [6] <https://www.channelnewsasia.com/cnainsider/singapore-hot-weather-urban-heat-effect-temperature-humidity-906231>
- [7] <https://www.pbs.org/newshour/politics/the-arctic-is-warming-nearly-four-times-faster-than-the-rest-of-the-world>
- [8] <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2019/04/canadas-climate-is-warming-twice-as-fast-as-global-average>
- [9] <https://www.rtvlo.si/okolje/v-sloveniji-se-ozracje-segreva-hitreje-od-svetovnega-povprecja/653014>

8 Hinavščina razogljičenja

Koncept hinavščine v prizadevanjih za razogljičenje je večplastno vprašanje, ki vključuje neskladja med navedenimi zavezami za zmanjšanje emisij ogljika in ukrepi, ki jih sprejmejo posamezniki, korporacije in države. V diskurzu o podnebnih spremembah in dekarbonizaciji je izpostavljenih več vidikov te hinavščine.

8.1 Razlika med bogatimi in revnimi narodi

Bogate države, ki so v preteklosti največ prispevale k emisijam toplogrednih plinov, pogosto spodbujajo podnebne politike, ki nesorazmerno bremenijo države v razvoju. Mehanizmi, kot je mehanizem Evropske unije za prilagajanje meja ogljika, so na primer kritizirani zaradi zaostrovanja globalnih neenakosti z nalaganjem stroškov revnejšim državam, medtem ko bogate države še naprej porabljajo blago, proizvedeno z visokimi okoljskimi stroški[2][7].

- Hinavščino dodatno poudarja dejstvo, da bogate države pogosto selijo energetske intenzivne industrije v države v razvoju, pri čemer dejansko izvažajo emisije, medtem ko še naprej porabljajo nastale izdelke [2].

8.2 Individualna in korporativna dejanja

- Posameznikom in korporacijam pogosto očitajo hinavščino, ko se zavzemajo za podnebne ukrepe, medtem ko se ukvarjajo z ogljično intenzivnimi dejavnostmi. To vključuje uporabo fosilnih goriv za potovanja ali proizvodnjo ob javnem spodbujanju trajnosti[3][4].

- Podjetja so včasih obtožena zelenega pranja – podajanja zavajajočih trditev o svojih okoljskih prizadevanjih, da bi bila videti bolj trajnostna, kot so. Vendar pa nekatere študije kažejo, da si številna podjetja, ki se ukvarjajo s trgi ogljičnih kreditov, resnično prizadevajo zmanjšati svoje emisije, čeprav se razpravlja o učinkovitosti in iskrenosti teh prizadevanj [6].

8.3 Sistemska odgovornost proti individualni odgovornosti

- Kritiki trdijo, da osredotočanje na posamezna dejanja, kot je sramotenje bega, preveč poenostavlja vprašanje in ne obravnava sistemskih sprememb, potrebnih za boj proti podnebnim spremembam. Zanašanje na fosilna goriva je za posameznike pogosto neizogibno zaradi trenutne infrastrukture in gospodarskih sistemov, zaradi česar so obtožbe osebne hinavščine manj vplivne[3][5].

- Obstaja poziv k sistemskim spremembam, ki omogočajo bolj trajnostne odločitve, s poudarkom na potrebi po večjih strukturnih reformah namesto zgolj osredotočenju na posameznikovo vedenje[4].

8.4 Podnebne konference in politične zaveze

- Mednarodne podnebne konference pogosto razkrivajo vrzel med zavezami in dejanji. Razvite države so bile kritizirane zaradi zastoja pri finančni podpori za podnebno ranljive države in nezmožnosti ustreznega obravnavanja izgube in škode [8].

- Kljub obljubam, da bodo zmanjšale emisije in podprle globalna podnebna prizadevanja, številne države še naprej izvajajo projekte fosilnih goriv doma, kar poudarja nepovezanost med njihovo mednarodno retoriko in domačo politiko [8].

8.5 Nasprotovanje jedrski energiji

- Nasprotovanje jedrski energiji ob hkratnem zagovarjanju zmanjšanja emisij ogljika je nedosledno, saj bi jedrska energija lahko imela pomembno vlogo pri razogljičenju proizvodnje električne energije. [9][10]

- Na protijedrska stališča nekaterih okoljskih skupin vpliva financiranje s strani donatorjev z izrecno protijedrskimi programi in ne zgolj okoljska vprašanja. [9]

- Kritiki trdijo, da je zaradi zavračanja jedrske energije veliko težje doseči podnebne cilje, saj se s tem odstrani preverjena možnost nizkoogljične tehnologije.[9][10]

Povzetek

Hinavščina prizadevanj za razogljičenje je zapleteno vprašanje, ki vključuje tako dejanja posameznikov kot politike držav. Poudarja potrebo po resničnih zavezah in sistemskih spremembah za učinkovito reševanje podnebnih sprememb in zmanjšanje svetovnih emisij ogljika. Najhujše pa je nasprotovanje jedrski energiji, ki zaenkrat edina zagotavlja zanesljivo in čisto energijo.

REFERENCE

- [1] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/josp.12522>
- [2] <https://thesun.my/opinion-news/rich-nation-hypocrisy-accelerating-global-heating-FJ12394076>
- [3] <https://www.axios.com/2019/09/16/energy-climate-change-hypocrisy>

- [4] <https://www.resilience.org/stories/2017-08-07/hypocrisy-environmentalists-need-economic-growth/>
- [5] <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2016/apr/05/environmentally-friendly-green-living-ideas>
- [6] <https://time.com/6323461/carbon-credits-greenwashing/>
- [7] <https://www.theguardian.com/global-development/2022/jan/28/west-accused-of-climate-hypocrisy-as-emissions-dwarf-those-of-poor-countries>
- [8] <https://climatenetwork.org/2022/06/16/eu-hypocrisy-as-a-climate-champion-exposed-at-bonn-climate-conference%E2%82%AC%80/>
- [9] <https://www.learnliberty.org/blog/why-mainstream-environmentalism-hates-nuclear/>
- [10] <https://www.npr.org/2022/08/30/1119904819/nuclear-power-environmentalists-california-germany-japan>
- [11] <https://www.dw.com/en/fact-check-is-nuclear-energy-good-for-the-climate/a-59853315>

9 Okoljevarstvo kot kult

O pojmu okoljskega gibanja kot o "kultu" se je razpravljalo v različnih kontekstih, pogosto s strani kritikov, ki trdijo, da nekateri vidiki okoljskega gibanja kažejo značilnosti, podobne tistim pri verskem ali kultu podobnem vedenju. Tukaj je nekaj ključnih točk:

9.1 Značilnosti kulturnega okoljevarstva

- Apokaliptične pripovedi : Kritiki trdijo, da imajo nekateri okoljevarstveniki apokaliptični pogled na svet in napovedujejo katastrofalne rezultate, če ne bodo sprejeti takojšnji in drastični ukrepi. To odraža napovedi sodnega dne, ki so pogosto povezane s kultu [4][6].
- Moralni puritanizem in ekstremizem : Okoljevarstveno gibanje je včasih opisano kot izkazovanje moralnega puritazma, z ekstremnimi dejanji aktivistov, da bi opozorili na svoje vzroke. Ta dejanja lahko vključujejo moteče proteste in simbolična dejanja vandalizma, ki veljajo za izraze fanatične predanosti cilju [4].
- Verski jezik in prakse : Za okoljevarstvo včasih pravijo, da prevzema verski jezik in prakse, kot je ideja o "ogljčnih grehah" in potreba po "pokori" z izravnavo ogljika. To je mogoče razumeti kot analogno verski izpovedi in odkupni daritvi [3].
- Protičloveški pogled na svet : Nekateri kritiki trdijo, da se lahko radikalno okoljevarstvo nagiba k protičloveški perspektivi, ki na človeštvo gleda kot na grožnjo planetu. Ta perspektiva lahko zagovarja nadzor nad populacijo ali prikazuje ljudi kot "vrsto plevela", kar lahko razumemo kot razvrednotenje človeškega življenja[2][7].
- Sovražnost do drugače mislečih : Okoljevarstvo je včasih kritizirano zaradi nestrpnosti do nasprotujočih si pogledov, označevanja skeptikov kot "zanikovalcev" in odvrčanja od odprte razprave. To odraža, kako kultu pogosto zatirajo nestrinjanje, da bi ohranili enoten sistem prepričanj[3].

9.2 Protiargumenti

Čeprav te kritike obstajajo, je pomembno opozoriti, da vodilno (mainstream) okoljevarstvo ni monolitno in vključuje širok spekter prepričanj in praks. Številni okoljevarstveniki se osredotočajo na dokazih temelječe pristope k obravnavanju podnebnih sprememb in spodbujanju trajnosti. Trdijo, da

nujnost okoljskih vprašanj zahteva odločno ukrepanje in da je prikaz okoljevarstva kot kulta napačna opredelitev, ki spodbujata upravičene skrbi glede ekološke degradacije in podnebnih sprememb.

Povzetek

Medtem ko nekateri kritiki dojemajo nekatere elemente okoljevarstva kot kulturne, to stališče ni splošno sprejeto in mu pogosto oporekajo tisti, ki vidijo okoljsko zagovornišvo kot racionalen in nujen odgovor na pereče globalne izzive.

REFERENCE

- [1] <https://www.the401stprophet.com/the-green-cult>
- [2] <https://theprioryrecord.com/2023/04/the-cult-of-radical-environmentalism/>
- [3] <https://www.theguardian.com/commentisfree/2007/jul/03/environmentalismthenewdeathcult>
- [4] <https://www.spiked-online.com/2022/12/30/the-rise-of-the-eco-cult/>
- [5] <https://www.theotivty.com/post/the-climate-change-cult-its-lies-worldview-and-politics/>
- [6] <https://pacificlegal.org/apocalyptic-environmentalists-want-fewer-humans-on-earth/>
- [7] <https://theweek.com/articles/633656/death-cult-environmentalism>

10 Okoljski vidik blejskih kremšnit

Izlet do Blejskega jezera, da bi uživali v lokalni specialiteti , kremšnitah , ima številne okoljske vidike, ki jih je vredno raziskati. Blejsko jezero je naravna znamenitost, ki obiskovalce privablja s svojo lepoto in edinstvenim ekosistemom. Vendar lahko povečan obisk povzroči preobremenitev okolja, kar lahko vpliva na kakovost vode in biotsko raznovrstnost. Pomembno je, da obiskovalci ravnajo odgovorno, spoštujejo naravo in se zavedajo svojega vpliva na okolje.

Priprava kremšnit na Bledu pogosto vključuje lokalne sestavine, ki lahko pozitivno vplivajo na okolje. Uporaba lokalno pridelanih sestavin zmanjšuje ogljični odtis, povezan s prevozom hrane. Poleg tega spodbujanje lokalnih kmetov in proizvajalcev prispeva k trajnostnemu razvoju regije. Paziti pa je treba tudi na embalažo in odpadke, ki nastanejo med potovanjem, saj lahko nepravilno ravnanje dodatno obremenjuje okolje.

Priljubljenost blejskih kremšnit odpira tudi vprašanje trajnosti turizma. Obiskovalce je treba ozaveščati o pomenu ohranjanja naravnih virov in kulturne dediščine. Dejavnosti, kot so organizirani izleti in delavnice o trajnostnem turizmu, lahko pripomorejo k ozaveščanju o okoljskih izzivih in spodbujajo odgovorno vedenje . Tako lahko izlet na kremšnite na Blejsko jezero postane ne le kulinarčno doživetje, ampak tudi priložnost za izobraževanje in aktivno sodelovanje pri varovanju okolja.



Slika 4: Blejska kremšnita

<https://the-slovenia.com/en/slovenia/blejska-kremsnita-blejska-kremna-torta>

10.1 Izračun ogljičnega odtisa

Ogljični odtis potovanja na Blejske kremšnite je odvisen od številnih dejavnikov, kot so prevoz, hrana in namestitve. Če upoštevamo, da se obiskovalec pripelje iz Ljubljane z avtom, poje eno kremšnito in se vrne domov, lahko ocenimo, da je njegov ogljični odtis približno 20,4 kg CO₂e.

10.2 Emisije v prometu:

Razdalja LJ-Bled 50 km, skupaj torej 100 km.

Izpusitve prevoza z avtomobilom: 200g CO₂ / km * 100 km = 20 kg CO₂.

• *Izlet na Bled proizvede 20kg CO₂.*

10.3 Izpust CO₂ kremšnite

Sestavine 1 kg kremšnite: listnato testo: 300 g , vaniljev puding: 400 g , sladka smetana: 300 g

Listnato testo: 2,5 kg CO₂ / kg × 0,3 kg = 0,75 kg CO₂

Vaniljev puding: 1,5 kg CO₂ / kg × 0,4 kg = 0,6 kg CO₂

Sladka smetana: 3,0 kg CO₂ / kg × 0,3 kg = 0,9 kg CO₂

Ogljični odtis znaša 2,25 kg CO₂ na kilogram kremšnit.

Velikost kremšnite je 7 cm x 7 cm in tehta 180 gramov.

• *Ogljični odtis kremšnite je 0,41 kg CO₂ / porcijo, kar ustreza 10 uram človeškega dihanja[9] in 1/50 izleta na Bled.*

REFERENCE

- [1] <https://www.sketa.si/kremne-rezine/>
- [2] <https://conditus.si/sl/narocila/blejska-kremsnita/>
- [3] https://sl.wikipedia.org/wiki/Kremna_rezina
- [4] <https://www.kulinarika.net/recepti/sladice/ostalo/kremsnite-kremne-rezine-kot-z-bleda-13838>
- [5] <https://www.slovenian-kitchen.com/slovenski-koticek/2022/03/20/bled-cream-cake-blejska-kremsnita-lsm62>
- [6] <https://odprtakuhinja.delo.si/recepti/klasike-z-ursko-fartelj-kremsnite-s-pravo-kremo-ki-migajo-v-bokih>
- [7] <https://oblizniprste.si/slastne-sladice/kremsnite-kremne-rezine/>
- [8] <https://jernejkitchen.com/sl/recepti/kremsnite>
- [9] <https://www.quora.com/How-many-grams-of-CO2-do-you-exhale-per-day>

11 Pričakovan rezultat razogljčenja

- Vreme bo enako.
- Demontirali bomo kapitalizem in odpravili fosilna goriva.
- Pa kremšnitam smo se bomo odpovedali ;=(((



Radon v stavbah in kakovost bivanja

Radon in buildings and quality of life

Matjaž Valenčič
Zveza ekoloških gibanj Slovenije-ZEG
Krško, Slovenija
matjaz.valencic@gmail.com

Povzetek

V stavbah, ki niso ustrezno zgrajene ali sanirane, se nabira radon, zdravju nevaren žlahtni plin brez barve, vonja in okusa.

Področje radona v stavbah pokrivajo ministrstva za zdravje, za energijo, za prostor, za graditev ... Čeprav so vsa ministrstva aktivna na področju preprečevanja radona v stavbah, niso medresorsko usklajena. Pre pogosto se zgodi, da občani prejmejo nasprotujoče si informacije, zato se celo dogaja, da se po energetske sanaciji stavb pojavi radon v bivalnih prostorih.

V Sloveniji merijo radon v javnih stavbah od leta 1990, v stanovanjskih stavbah pa od 2018. Žal so stanovalci premalo informirani o nevarnosti radona, zato je potrebna proaktivna komunikacija za ozaveščanje prebivalstva.

Prebivalstvo in stroko je treba seznaniti o nevarnostih radona v stavbah in predlagati izvedbo ukrepov, ki preprečujejo vdor radona v stavbah.

Ključne besede

radon v stavbah, energetska sanacija, protiradonska sanacija, radonvednost

Abstract

In buildings that are not properly constructed or rehabilitated, radon, a colorless, odorless, and tasteless noble gas that is hazardous to health, accumulates.

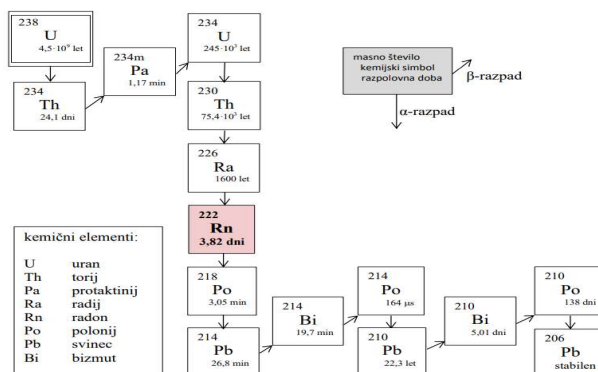
The field of radon in buildings is covered by the ministries responsible for health, energy, space,

construction... Although all ministries are active in the field of radon prevention in buildings, they are not interdepartmental coordinated. It happens too often that citizens receive conflicting information, which is why it even happens that radon appears in living spaces after energy renovation of a building. In Slovenia, radon has been measured in public buildings since 1990, and in residential buildings since 2018. Unfortunately, residents are insufficiently informed about the danger of radon, so proactive communication is needed to raise awareness among the population.

It is necessary to inform the population and the profession about the dangers of radon in buildings and propose the implementation of measures to prevent the ingress of radon in buildings.

Optional: Keywords

radon in buildings, energy rehabilitation, anti-radon rehabilitation, radon knowledge



Slika 1 Razpadna veriga urana (vir1)

1 Radon

Radon je žlahten plin, brez barve, vonja in okusa.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

DOI <https://doi.org/10.70314/is.2024.env.11>

Beseda »žlahten« naj ne zavede. Čeprav ta beseda pomeni nekaj imenitnega, sodeč po slovarju: žlahtna kapljica, žlahtni kamen, žlahtna plesen, žlahtna gospoda ... je radon zdravju nevaren plin.

SSKJ²

žláhten -tna -o prid., žláhtnejši (á)

1. knjiž. **plemenit**, **izbran**: žlahten človek, mislec / žlahten značaj; biti žlahtnega srca / žlahtni cilji; žlahtne misli / žlahten okus kave / žlahtno vino / žlahtni komedijant od 1992 igravec, ki na festivalu Dnevi komedije dobi nagrado za najboljšo komično vlogo

Slika 2 Beseda "žlahten" ima raznolik pomen.

V kemiji pomeni beseda »žlahten« nekaj drugega. Žlahtni plini, včasih imenovani **inertni plini**, imajo svojevrstno mesto v periodnem sistemu. Vsi žlahtni plini, tudi radon (Rn), so znani po tem, da nimajo barve, vonja in okusa. So nevteljivi, v standardnih pogojih izjemno stabilni.

Radon je kemijski element z vrstnim številom 86 in atomskim masnim številom 222, pri čemer je treba omeniti, da obstaja mnogo različnih izotopov radona. Najbolj dolgoživ izotop radona je ²²²Rn z razpolovno dobo 3,82 dni. Ostali izotopi imajo razpolovno dobo nekaj minut ali manj; zaradi kratke razpolovne dobe in ker večinoma ti izotopi ne razpadajo z α razpadom, ostalih izotopov ne obravnavamo v kontekstu nevarnosti za zdravje.

Radon je element VIII. valentne skupine. Spada med žlahtne pline in tvori enoatomne molekule. Zaznamo ga predvsem zaradi radioaktivnega razpada, z merilnimi napravami.

Radon sta odkrila Ernest Rutherford in Friderick Soddy leta 1900. Je najtežji element skupine žlahtnih plinov, je radioaktiven in nastaja pri radioaktivnem razpadu radija.

Še zanimivost. Plin radon nastane iz trdne snovi (radija) v zemljini, kot plin vstopa v stavbe in tam razpade v trdne snovi, ki so radioaktivne.

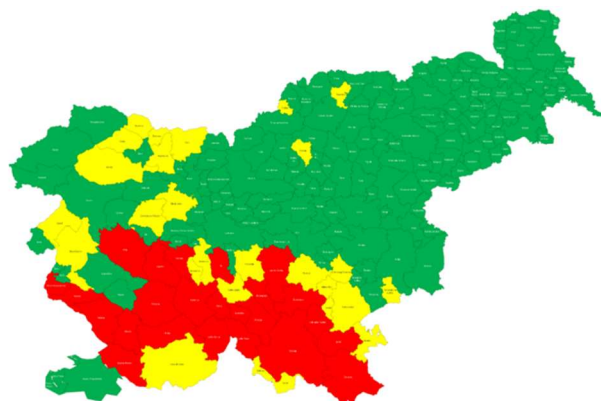
Za zdravje so nevarni radonovi kratkoživi razpadni produkti. To so kovine, ki v zraku tvorijo radioaktivne aerosole, nanodelce. Med dihanjem se radioaktivni aerosoli nalagajo na stenah dihalnih poti. Od tam sevajo in povzročajo poškodbe tkiva. Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC)

radon in njegove razpadne produkte uvršča med snovi, ki so rakotvorne za človeka (skupina 1).

Radon in njegovi razpadni produkti povzročajo pljučnega raka. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je ugotovila, da se ob povišani koncentraciji radona za 100 Bq/m³ tveganje za pljučnega raka poveča za 8 %. Tveganje za bolezen in smrt zaradi pljučnega raka pri povišanih koncentracijah radona je večje pri kadilcih kot nekadilcih. Ocenjujejo, da je vsak deseti rak na pljučih posledica radona oziroma njegovih razpadnih produktov. (7)

2 Vir in vstop radona v stavbo ter dejavniki, ki vplivajo na raven radona v stavbi

Največji izvor radona v bivalnem okolju predstavlja zemljina pod stavbo, manj pa gradbeni material, voda in plin za ogrevanje. Radon je v zaprtih prostorih, v katere prodira skozi slabo izolirana tla in vodovodna ter druga omrežja v stavbi, ki so v stiku z zemljino. Vzrok povišanih koncentracij radona so kamninska podlaga, letni čas, nadstropje v stavbi in tesnjenje oken. Največji vpliv na koncentracijo radona v stavbi ima kamninska podlaga.



Slika 3: Radonski zemljevid Slovenije (8)

Na podlagi do zdaj izvedenih meritev koncentracij radona v Sloveniji in podatkov o geološki sestavi tal so določena območja, kjer je več radona (na zemljevidu obarvano rdeče).

Dodatne meritve se izvajajo tudi na območjih občin, kjer je radon pričakovano (na zemljevidu obarvano rumeno).

Vendar se radon lahko pojavi tudi v stavbah na zelenem področju. V nekaterih ljubljanskih vrtcih in

šolah so izmerili povišane koncentracije radona in jih sanirali (9), pa so te stavbe na zelenem področju.

Za preprečevanje pojava radona v stavbah so preventivni protiradonski ukrepi potrebni tudi na zelenem radonskem področju.

A: obstoječe stavbe: Ukrepi za znižanje radona v obstoječih stavbah

V vsaki stavbi predlagamo zaščitno detekcijo koncentracije radona.

Trenutno veljavna zakonodaja določa, da je dopustna koncentracija radona v zraku bivalnega okolja pod 300 Bq/m^3 . Če je mejna vrednost prekoračena, je treba začeti sanacijo radona v stavbi. Raziskave kažejo, da 1/3 slovenskih domov presega zgoraj navedeno mejno vrednost.

Zakonsko določena mejna vrednost koncentracije radona v zraku bivalnega okolja pomeni, da če meritve pokažejo vrednosti pod 300 Bq/m^3 , zakonodaja ne predpisuje nujnih ukrepov. Vendar pa je pomembno poudariti:

- 300 Bq/m^3 ni varnostna meja, temveč meja, pri kateri se priporoča začetek sanacije. Že pri nižjih koncentracijah radona obstaja povečano tveganje za nastanek raka na pljučih.
- Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) priporoča, da se prizadevanja za zmanjšanje koncentracije radona začnejo že pri vrednostih pod 100 Bq/m^3 . To je še posebej pomembno v prostorih, kjer se zadržujejo otroci in občutljive skupine prebivalstva.

Izbira ukrepov naj temelji na velikosti preseženih vrednosti radona in njeni oceni vpliva na zdravje stanovalcev. Najučinkovitejši ukrep je kakovosten gradbeni poseg na talni plošči, saj z njim omejimo vir povišanih koncentracij radona v stavbi. Prezračevanje prostorov in zatesnitev vidnih razpok ter špranj v tleh in stenah, ki mejijo na zemljino, ter instalacijskih vodov sta primerna pri majhnih preseganjih dovoljenih vrednosti, sicer sta le začasna ukrepa.

Pred izvedbo vseh gradbenih ukrepov, ki bi lahko povečali koncentracijo radona v stavbi, svetujemo radonske meritve in izbor tistih ukrepov, ki znižajo prisotnost radona. Zlasti skrb vzbujajoči so nestrokovni ukrepi ob energetskih sanacijah, tesnitvi stavbe, menjavi oken, vgradnji prezračevalnih naprav z izmenjujočim delovanjem, izolaciji fasade, izdelavi prizidkov, tlakovanju dvorišč ... Ti ukrepi praviloma povečajo prisotnost radona v prostorih in so, iz tega vidika, škodljivi.

Izvedba protiradonske sanacije obstoječih stavb je določena v Pravilniku (4).

- Kot gradbeni poseg za zmanjšanje izpostavljenosti radonu iz uredbe, ki ureja nacionalni radonski program, se šteje vgradnja aktivnega sistema za prezračevanje zemljine pod talno konstrukcijo.
- Ne glede na prejšnji odstavek je dopustna izvedba pasivnega sistema, če se z njim lahko zagotovi referenčna raven.
- Kot dodaten ukrep k aktivnemu sistemu prezračevanja zemljine se lahko izvede tudi tesnjenje oboda talne konstrukcije in prebojev skozi talno ploščo ter tesnjenje tlorisne površine z radonsko zaporno folijo.

B: nove stavbe: Ukrepi za preprečevanje radona pri projektiranju in izvedbi novogradenj

Zakonodaja določa, da morajo biti stavbe projektirane, grajene in vzdrževane tako, da je koncentracija radona v delovnih in bivalnih prostorih čim nižja in da ni presežena referenčna raven. Območje Republike Slovenije je razdeljeno na dve območji, in sicer na radonsko območje in zeleno območje.

- Na radonskem področju: Projektiranje in gradnja novih stavb na radonskem območju se zagotovi s prezračevanjem zemljine pod talno konstrukcijo stavbe ali s popolnim tesnjenjem med zemljino in notranjim zrakom z radonsko zaporno folijo. Kot prezračevanje zemljine se štejejo tudi arhitekturne rešitve, ki zagotavljajo zadostno prezračevanje prostorov, ki so v stiku z

zemljino tako, da ni presežena referenčna raven. Če pasivno prezračevanje zemljine ne zadošča, se vgradi aktivno prezračevanje.

- Na zelenem področju: Projektiranje in gradnja novih stavb na zelenem območju je določeno enako kot na radonskem področju.

3 Prezračevanje prostorov, popularen, a dvomljiv ukrep

Ukrepi za znižanje koncentracije radona v stavbah so zelo različni (6). Ob pripravi projekta sanacije stavbe je treba upoštevati značilnosti objekta, temeljenje in podkletenost zgradbe, propustnost tal pod osnovno ploščo, in poiskati mesta, kjer radon vstopa v zgradbo. Vstopna mesta določimo s posebnimi instrumenti, ki merijo trenutne koncentracije radona. Čeprav velja splošno prepričanje, da koncentracijo radona v prostorih znižamo s prezračevanjem prostorov, je ta ukrep dvomljiv. Vendar pa tudi ureditev prezračevalnega sistema prostorov le malo zniža koncentracije (običajno 20-30 %). Prezračevalni sistemi, ki v zgradbah ustvarjajo dodaten podtlak, lahko privedejo tudi do nasprotnega učinka in se koncentracija radona v prostorih zviša. Povečano prezračevanje prostorov ali vzdrževanje stalnega nadtlaka v stavbi proti zemljini sta ukrepa, ki sta lahko primerna, če je prezračevanje intenzivno, z nadtlakom. Vendar sta energetsko potratna in ju stroka ne priporoča pri splošnem reševanju težave povišanega radona,

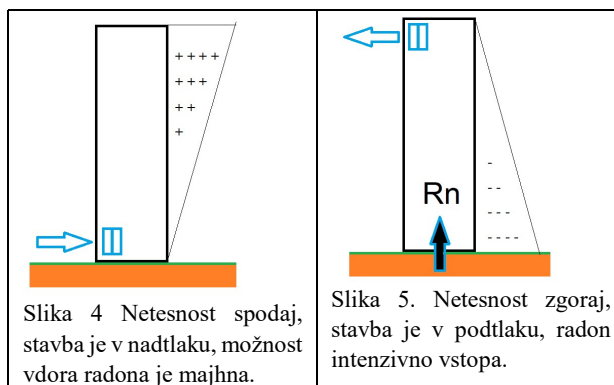
4 Napačno protiradonsko prezračevanje

Prezračevanje pomeni izmenjavo zraka. Čist zunanji zrak vstopa v prostor, notranji pa izstopa in odnese vsa onesnažila. Izmenjava je lahko samodejna, zaradi fizikalnih lastnosti zraka ali mehanska, s prezračevalno napravo. Ne glede na način izmenjave lahko nastane v prostoru nadtlak ali podtlak. Iz vidika izmenjave zraka je vseeno, če je prezračevanje nadtlavno ali podtlavno, glede ogroženosti z radonom pač ni.

Premikanje radona skozi zemljino v stavbo je predvsem konvektivno, posledica tlačnih razlik med plinom v zemljini in tlakom v prostorih, ki ležijo nad

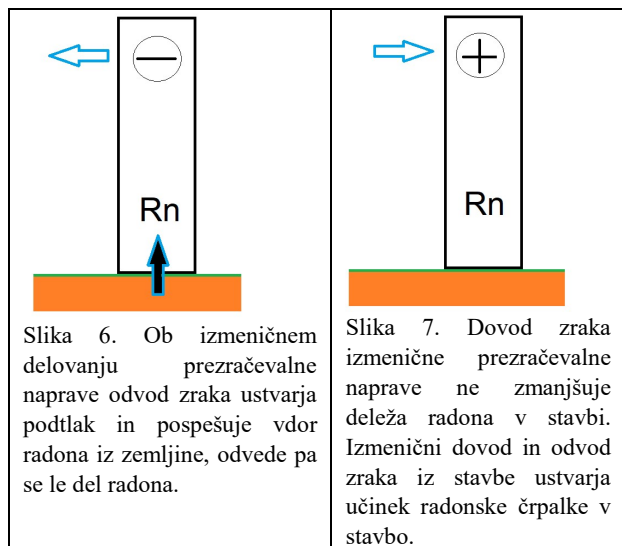
zemljino. Neprimerno prezračevanje celo poveča koncentracijo radona v stavbah!

V stavbah je večji del leta topleje kot zunaj, zato so tlačne razmere v stavbah odvisne tudi od mesta oziroma višine netesnosti stavbe. Stare stavbe so bile praviloma netesne povsod, zlasti pri vseh okenskih odprtinah, zato je bil zračni tlak v celotni stavbi izenačen s tlakom zunanjega zraka oziroma tlaka v zemljini, možnost vdiranja radona v stavbe je bila majhna.



V kurilni sezoni je sodobna, tesna stavba takrat, ko je netesna na zgornjem delu ovoja, v podtlaku in vzgonsko črpa radon iz zemljine pod stavbo (slika 5). Izven kurilne sezone, ko je praviloma odprtih več oken, je vzgonski učinek črpanja radona manjši. (slika 4)

Še intenzivnejši je vdor radona v stavbo, v kateri je izmenjujoči zračni tlak zaradi dvosmerne prezračevalne naprave (sliki 6 in 7). Kljub dobrim namenom se stavba z izmenjujočim delovanjem prezračevalnih naprav spremeni v radonsko črpalko, ki ob podtlaku črpa radon v stavbo, ob nadtlaku pa ga ne zmore izriniti iz stavbe.



Prezračevanje ni magična rešitev za zmanjšanje koncentracije radona v stavbi, zlasti ne, če je napačno, s podtlakom ali z izmenjujočimi tlačnimi razmerami. Izmenjujoče prezračevanje lahko celo ustvari učinek radonske črpalke in pospeši uhajanje radona v stavbo.

5 Vpliv Jomkipurske vojne na radon v stavbah

Med Jomkipursko vojno in povečanjem radona v stavbah ni nobene neposredne povezave. Odgovor na prvo svetovno naftno krizo je bilo povečanje energijske učinkovitosti stavb, tudi z zatesnitvijo stavb. Kmalu po tem se je pokazalo, da tesne stavbe niso zdrave (SBS), predpisano je bilo kontrolirano prezračevanje z vračanjem toplote za zadovoljevanje sanitarnih potreb in energijsko učinkovitost. Radon, zdravju škodljiv plin brez barve, vonja in okusa, je bil prezrt. Morda so pozabili nanj zato, ker je že od nekdaj vstopal v netesne stavbe in iz njih neovirano izstopal. V tesnih stavbah pa je ostal ujet. Tako so sodobne, tesne stavbe postale radonske kletke.

Posredno, zaradi neprimerne komunikacije o stanovanjski kulturi, je Jomkipurska vojna vplivala na povečanje koncentracije radona v stavbah.

Zdaj, ko poznamo nevarnosti radona in se znamo zaščititi pred radonom, bi bilo neprimerno, da bi to nevarnost prezrli.

6 Radonvednost

Radonvednost je akcija ozaveščanja prebivalstva in strokovnjakov o radonu v zaprtih prostorih. Vključuje vse udeležence, ki se ukvarjajo z radonom v stavbah, lahko vplivajo na pojav radona v stavbah ali živijo z radonom, od načrtovalcev, projektantov, izvajalcev do stanovalcev.

Radonvednost želi podati celovite informacije o pojavu radona v stavbah in o njegovem preprečevanju, ob rabi stavb ter sočasni celoviti oziroma delni prenovi stavb in ob novogradnjah. Vsi, ki vas zanima radon v bivalnih prostorih, ste povabljeni, da se pridružite akciji radonvednost.

Literatura/References:

1. [Navodila v primeru zaznanih povečanih koncentracij radona v stavbah javnih vzgojno izobraževalnih zavodov \(viz\)](#)
2. <https://nijz.si/moje-okolje/uv-sevanje-in-radon/problematika-povisanih-koncentracij-radona-v-vrtcih-in-šolah/>
3. <https://www.gov.si teme/zmanjševanje-izpostavljenosti-radonu/>
4. [Pravilnik o zahtevah za novogradnje, posege v obstoječe stavbe in sanacijo obstoječih stavb zaradi varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki radona](#)
5. Dobri nameni in radonske kletke; Valenčič, M.; 11. 04. 2024; strokovno posvetovanje »S komunikacijo v slovensko okoljsko modernizacijo«
6. <https://www.radon-resitve.si/radon/resitve/>
7. [Problematika povišanih koncentracij radona v vrtcih in šolah](#)
8. [Zmanjševanje izpostavljenosti radonu](#)
9. [Proračun MOL 2021](#)
10. [radonvednost](#)
11. [Tehnična smernica 1-007:2023; Zaščita pred radonom v stavbah](#)

Postavljanje sončnih elektrarn na kmetijskih površinah- okoljski kriminal ali trajnostna raba prostora

Setting up solar power plants on agricultural land - environmental crime or sustainable use of space

Matjaž Valenčič
Zveza ekoloških gibanj Slovenije-ZEG
Krško, Slovenija
matjaz.valencic@gmail.com

Povzetek

Napačne besede, navržene v eter, so nevarne, tudi če so povedane z nasmehom. Smo v času pred jedrskim referendumom, ko javni in tihi jedrski podporniki intenzivno oblikujejo javno mnenje v korist novi jedrski naložbi, brez ustreznih argumentov.

Tiho, prikrito jedrsko lobiranje se začelo že pred več kot tremi desetletji, ko je civilna družba zahtevala referendum o zaprtju NEK. Zato lahko neutemeljeno in neprimerno kritiko obnovljivih virov energije razumemo dvolično. Ko napačne besede padejo na plodna tla, se razplamti požar negativnih čustev. Pojavijo se civilne iniciative, ki jim praviloma sledijo ovire ali prepovedi postavitev naprav za rabo obnovljivih virov energije. To spremljamo pri vseh možnih obnovljivih virih: vetrnih, vodnih, geotermalnih, sončnih, izrabi organskih ostankov ...

Zaradi lahkotnih izjav o obnovljivih virih, ki so lahko napačno razumljene, država nazaduje na področju rabe obnovljivih virov. Taktika jedrskih zagovornikov je videti preprosta: blokiranje obnovljivih virov toliko časa, da bo jedrska energija spoznana za edino možnost. Je to razlog, da vetrne elektrarne preštejemo na

prste ene roke, da smo menda edina evropska država brez plavajočih sončnih elektrarn, da je geotermalna energija, ki ima kapaciteto slovenske polovice jedrske elektrarne, spregledana, da je gradnja hidroelektrarn, ki jim pravijo mesoreznice, ustavljena in da je energijska raba organskih ostankov blokirana? Ob neprimernih besedah ne smemo ostati tiho. Pogrešamo vključujoče in transparente javne razprave o energetske prihodnosti Slovenije. Spodbujajmo odprt pogovor o trajnostnem energetske preходу.

Keywords / Ključne besede

Okoljski kriminal, okoljsko zavajanje, tiho spodbujanje jedrske energije

Abstract

Wrong words projected into the ether are dangerous, even when said with a smile. We are in the time before the nuclear referendum, when public and silent nuclear supporters are intensively shaping public opinion in favour of a new nuclear investment, without adequate arguments.

Silent, covert nuclear lobbying began more than three decades ago, when civil society demanded a referendum on the closure of the NPP NEK. Therefore, the unfounded and inappropriate criticism of renewable energy sources can be understood in two ways.

When the wrong words fall on fertile ground, a fire of negative emotions is ignited. Civil initiatives appear, which are generally followed

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

DOI <https://doi.org/10.70314/is.2024.env.12>

by obstacles or bans on the installation of devices for the use of renewable energy sources. We monitor this for all possible renewable sources: wind, water, geothermal, solar, use of organic residues...

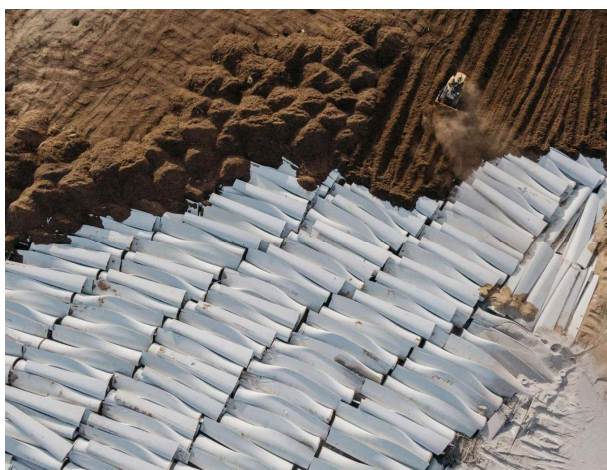
Due to light statements about renewable resources, which can be misunderstood, the country is regressing in the field of renewable resources. The tactic of nuclear advocates seems simple: block renewables for so long that nuclear power is recognized as the only option. Is this the reason that wind power plants can be counted on the fingers of one hand, that we are supposedly the only European country without floating solar power plants, that geothermal energy, which has the capacity of half of Slovenia's nuclear power plant, is overlooked, that the construction of hydroelectric power plants, which are called butchers, has been stopped and that the energy use of organic residues is blocked?

We must not remain silent in the face of inappropriate words. We miss inclusive and transparent public debates on Slovenia's energy future.

Let's encourage an open conversation about a sustainable energy transition.

Optional: Keywords

Environmental crime, environmental deception, tacit promotion of nuclear energy



Slika 1: Fragments of wind turbine blades await burial at the Casper Regional Landfill in Wyoming. Photographer: Benjamin Rasmussen for Bloomberg Green; Zavajajoča fotografija, ki jo širijo nasprotniki vetrnih elektrarn v Sloveniji. Tega v Sloveniji ni.

Poved z nasmehom

Zanimiva je trditev, ki se ponavlja v medijih in v družbenih omrežjih, da je postavljanje sončnih elektrarn na kmetijskih površinah, namesto na strehah stavb, okoljski kriminal (1).

Podobne so tudi trditve, da so vetrne elektrarne okolju škodljive, ker se dotrajanih kril ne da reciklirati, da ne govorimo o neslišnem hrupu, ki ga nekateri okoljevarstveniki slišijo tudi mnogo kilometrov daleč ali o ptičih, ki se zaletavajo v krila vetrnih turbin. Čeprav sodijo te trditve v psevdoznanost (15), se neovirano širijo med prebivalstvom in po družbenih omrežjih.

Nasprotniki hidroelektrarn opozarjajo na kopičenje mulja (8), na izgubo biotske raznovrstnosti, na neprimerne prehode za vodne organizme ... Zato predlagajo rušenje vseh jezov hidroelektrarn! Še več, slovenska Mura naj bi ostala reka brez jezov (9). Ob tem, da je na avstrijskem delu Mure vsaj 22 večjih HE skupne moči 350 MW, na slovenski le ena mala, moči 0,5 MW (11). Avstrijska pretočna elektrarna Kalsdorf (12), ki smo si jo ogledali med gradnjo (10), je vzor sonaravne gradnje. Takrat so investitorji predstavili načrtovane ukrepe za varovanje okolja (ohranjanje zamočvirjenih področij, slepih rokavov, otokov ...), ki kljub elektrarni omogočajo biotsko raznovrstnost in pestrost. Prepričani smo, da so investirali v varovanje okolja zaradi splošne okoljske zavesti, ki je posledica dolgoletnih usklajenih aktivnosti avstrijskih okoljevarstvenih organizacij. Ne, tega slovenski varuhi voda ne morejo videti, menda imajo plašnice na očeh.

Druga plat medalje

Jedrski zagovorniki nekritično zagovarjajo jedrsko energijo kot edino možnost za trajnostni energetski prehod in za konkurenčno gospodarstvo. Pozivi k dialogu o energetskem prehodu so cenzurirani (14), članki (13), ki apelirajo na pogovor o jedrski energiji, spregledani.

Smo v času referendumu o JEK2. Vprašanje je, ali je javnost obveščena v skladu z določili

Aarhuške konvencije, saj še niso objavljeni podatki, ki jih izrecno zahteva *Resolucija o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji »jedrska energija za prihodnost Slovenije« (REDMRJE) (16)* za izvedbo projekta JEK2. Hkrati pa vemo, da je ta referendum popolnoma nepotreben, saj GEN že 18 let neovirano pripravlja naložbo novo jedrsko elektrarno. Čemu naj javnost zdaj podpre ta referendum, brez potrebnih podatkov (18), ob pomanjkanju vključujoče in transparente javne razprave o energetski prihodnosti Slovenije in ob popolni odsotnosti ključnih informacij o projektu JEK2?

Dejanski okoljski kriminal

Nasprotovanje dobremu je slovenska energetska posebnost. Skupno vsem popularnim okoljskim trditvam je slepa vera v urbane legende. Res se je dogajal okoljski kriminal, ampak, namesto bi ga družba preprečevala, ga dopušča, hkrati pa ovira marsikaj, kar je dobro. Bolje bi bilo, če bi se družba usmerila v preprečevanje slabega. Vpišimo ekocid v ustavo in prenesimo direktivo o okoljski kriminaliteti (6) v pravni red; zahtevajmo, da se to izvaja.

Ne, ribarjenje v kalnem je donosna dejavnost za marsikatero nevladno organizacijo, ki ima tiho, a močno podporo zagovornikov jedrske energije.

O jedrski energiji slišimo same sladke besede. Kritika jedrske skupnosti je utišana, cenzurirana, preganjana. Da slovenska jedrska skupnost ne spoštuje zavez, da dokazano nezakonito troši denar (17), da kupuje javno mnenje, da v svoje načrte vključuje celotno državno politiko, o tem se ne govori. Jedrski kriminal je doma nekje drugje, na Japonskem, na Češkem (4) ali v Franciji.



Slika 2: Besedna zveza »pecunia non olet« se še danes uporablja za trditev, da vrednost denarja ni omadeževana z njegovim izvorom. Danes bi bilo morda primernejše zapisati, da denar ne seva. Vir: wikipedia, Pripis: Classical Numismatic Group, Inc. <http://www.cngcoins.com>

Sončne elektrarne na kmetijskih površinah?

Kaj hudega so naredile sončne elektrarne na kmetijskih površinah, da jih imenujemo »okoljski kriminal«? Res je, da sončna elektrarna ne sme konkurirati kmetijskim proizvodom. To zgodbo, hrana ali energija, smo že prerasli. Proizvodnja energije ne sme nadomestiti proizvodnje hrane.

Polemiziramo s trditvijo, da na njive ni primerno postavljati sončnih elektrarn, ki bi ovirale kmetovanje, saj Imamo dovolj drugih površin, kjer so sončne elektrarne dobrodošle: strehe večjih stavb, parkirišča, vodne površine, ograje ob avtocestah ... Kaj pa, če bi sončne elektrarne sobivale s kmetijskimi površinami in jih ne bi prekrivale?

Agrofotovoltaika (agrovoltaika) in prostostoječa sončna elektrarna

Kmetijsko zemljišče, na katerem stoji sončna elektrarna, lahko po postavitvi elektrarne v polni meri ohrani svoji primarno (kmetijsko) funkcionalnost in jo celo poveča, lahko pa jo ohrani samo v omejenem obsegu. Če postavimo sončno elektrarno nad sadovnjak ali nasad malin, govorimo o **agrovoltaiki**. Če pa postavimo elektrarno na zemljišče, ki je deklarirano kot kmetijsko, na njem pa raste goščavje in je dotlej gospodarsko neizkoriščeno, potem gre za klasično **prostostoječo sončno elektrarno**, zemljišče pa jo lahko lastnik istočasno izkorišča tudi za kmetijske namene, npr. pašo drobnice.

Agrovoltaika ne pomeni zgolj proizvodnje električne energije, ampak upošteva celotno korist, ki jo ima kmet od boljše, bolj kakovostne kmetijske pridelave (zaščita rastlin pred ožigom, zaščita pred točo) in hkrati dodatno proizvodnjo energije.

Kot piše MOPE(2), je agrovoltaika tehnologija, ki združuje kmetijstvo in fotovoltaične sisteme za proizvodnjo električne energije. Gre za integracijo fotonapetostnih panelov v kmetijsko infrastrukturo, na primer na poljih, vinogradih ali drugih kmetijskih površinah. Namen agrovoltaike je izkoristiti kmetijsko zemljišče za dva namena: za pridelavo hrane ali rastlin ter hkrati za proizvodnjo obnovljive električne energije. Prinaša številne prednosti: zmanjšanje izhlapevanja vode zaradi senčenja, zaščito rastlin pred vremenskimi vplivi, izboljšanje učinkovitosti rastlin zaradi regulacije svetlobe, zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in diverzifikacijo dohodka. Hkrati pa je treba tudi vedeti, da niso primerna kombinacija z vsemi kmetijskimi proizvodi. Niso univerzalna rešitev, temveč jih je treba premišljeno postavljati.

Naš stik (3) navaja, da lahko namestitev sončnih panelov pri gojenju hrane izboljša zadrževanja vode v sušnih letih in zaščiti pridelke pred ekstremnimi vremenskimi razmerami, v nekaterih primerih pa lahko poveča kmetijski donos. Za jagodičevje ali sadje lahko agrovoltaika omogoči povečanja pridelka do 16 odstotkov, hkrati pa proizvede 63 odstotkov električne energije tradicionalne sončne elektrarne. Pri posevkih, ki potrebujejo več svetlobe, kot je pšenica, znaša izgub pridelka pod 20 odstotkov, dodani prihodki od prodaje električne energije pa močno odtehtajo manjši prihodek od pridelanega žita.



Slika 3 Sicer si ne predstavljamo vinogradov na Krasu v sožitju s sončnimi elektrarnami, v manj vetrovnih krajih pa bi bilo zanimivo. Foto: Naš stik

Koruptivna tveganja?

Predlagamo premišljeno načrtovanje postavitve agrovoltaike, da ne bo doživela enake usode kot bioplinarne. Če se prav spomnimo, afera bioplinarn ni dobila epiloga, očitno je bilo tako veliko denarja odtujenega in razdeljenega, da organi pregona niso bili motivirani. Podatki o gradnji dveh bioplinarn so šokantni, policija je ugotovila veliko oškodovanje državnega proračuna in bank, saj najetih kreditov vlagatelji niso vrnili, pred stečajem pa so vrednejše dele bioplinarn odpeljali neznano kam (4). Podjetja, ki so gradila bioplinarne, so poslovala z izgubo, zemljišča pa so zavarovali z zemljiškim dolgom. Proizvodnja električne energije ni nikoli zaživela, dolgovi so ostali upnikom, kmetom in državi. Ker so v zgodbo vpletena zasebna podjetja in politika, obstaja tveganje za sistemsko korupcijo, saj so verjetno nekatere odločitve politike pripomogle k pridobitvi premoženjske koristi posameznikov, ki so največjo škodo povzročili bankam v državni lasti.

Energija ali hrana? Oboje!

Nekako smo obremenjeni od okoljske nevarnosti fosilnih energentov. Če se ne motim, so nemški proizvajalci avtomobilov dobili dovoljenje proizvodnje ICE avtomobilov tudi po letu 2035, če bodo uporabljali biogorivo (7). Je to za okolje dobro ali slabo?

Prevožena razdaja osebnega avtomobila z energijo, pridobljeno na 1 ha zemljišča: elektrika iz sončne elektrarne, biogorivo iz skadkornega trsa ali biogorivo iz koruze.



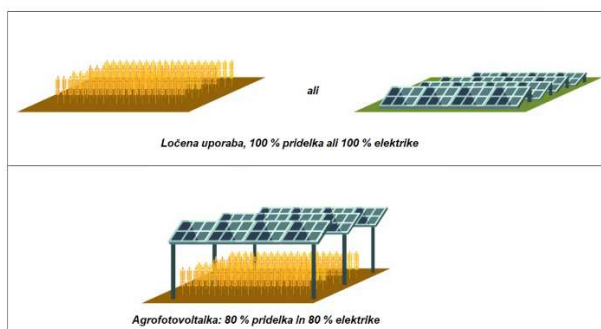
Slika 4: primerjava energetske rabe zemljišč za mobilnost

Indijske izkušnje kažejo, da je iz kmetijskih površin možno dobiti pogonsko gorivo za avto z notranjim zgorevanjem. To je dobro. En hektar kmetijskih površin zadošča za eno leto vožnje povprečnega avtomobila.

Kaj pa, če bi na tem zemljišču postavili sončno elektrarno in s pridelano elektriko poganjali električne avtomobile? Tudi to bi šlo, kar je dobro. Pravzaprav, odlično. En hektar kmetijskih površin zadošča za eno leto vožnje dvesto povprečnih avtomobilov (5.) Razmerje 1:200 pa je veličastno. Je torej, za razogljičenje mobilnosti, bolje primešavati fosilnim energentom majhen delež biogoriv ali proizvajati elektriko za elektromobilnost?

Vprašanje je, ali je v te luči sončna elektrarna na kmetijskih površinah še vedno okoljski kriminal. Dvestokrat večji učinek? Kmet ustvari dvestokrat več, brez škode okolju, in zato postane okoljski kriminallec?

Kaj pa, če bi malo popustili in vgradili sončne panele z manjšimi razmiki med njimi, da bi prepuščali 20 % svetlobe in omogočili padavinam dostop do zemlje? Na hektarju kmetijskih površin bi dobili približno 80 % poljščin in elektrike za 160 avtomobilov, kar tudi ni mačji kašelj.



Slika 5: Agrovoltaika omogoča dvojno rabo zemljišča ob le malo manjšem kmetijskem donosu, pri nekaterih poljščinah pa dodatno ščiti rastline pred premočnim soncem, pozebo ali sušo.

Izračun 1:200

Malo se poigravamo z oceno donosa. Ocena, tudi če ima majhno napako, je bolj točna kot natančen izračun z napačnimi vhodnimi podatki.

Povprečen donos koruze je 8,5 t/ha. Iz tega lahko pridobimo približno 1.000 l biogoriva, kar je dovolj za vožnjo povprečnega avtomobila z notranjim zgorevanjem za eno leto. En avto na hektar.

Kaj pa, če bi na tem hektarju imeli sončno elektrarno? Ob predpostavki, da je fotovoltaika 20-krat bolj učinkovita od fotosinteze, torej dobimo 20-krat več energije.

Ob predelavi koruze v biogorivo je precej izgub, upoštevamo 50 %, elektrika pa poganja e-avto z zanemarljivimi izgubami. Ne nazadnje, avto na elektriko potrebuje pet krat manj energije kot z motorjem z notranjim zgorevanjem. Ko zmnožimo 20 in 5 ter delimo z 0,5, dobimo dvesto. Dvesto avtov na hektar.

Vztrajati v napačnih odločitvah ali odpraviti napake?

Motiti se je človeško, v zmoti vztrajati pa hudičevo, je ugotovil Seneka, najprej vzgojitelj, pozneje svetovalec rimskega cesarja Nerona.

Bodo nezreli, neodgovorni kritiki sončnih elektrarn priznali, da so se motili in bodo dopustili sončne elektrarne na kmetijskih in vodnih površinah? In drugo vprašanje, ali bodo okoljevarstveniki nasprotovali okoljskemu kriminalu, ki ga sedaj tiho podpirajo?

Predlagamo okoljsko osveščanje namesto novega ludističnega gibanja, oviranja obnovljivih virov brez razumnih razlogov.

Literatura/References:

1. Dr. Matjaž Gams: »Woke« kultura je zrcalna slika fašizma; www.delo.si; <https://www.delo.si/novice/slovenija/dr-majaz-gams-woke-kultura-je-zrcalna-slika-fasizma>
2. Tehnična določitev postavitve agrovoltaike na kmetijskih zemljiščih; www.energetika-portal.si; <https://www.energetika-portal.si/nc/novica/n/tehnicka-dolocitev-postavitve-agrofotovoltaike-na-kmetijskih-zemljiscih/>
3. V agrovoltaiki velik potencial za energetske in prehransko varnost; www.nas-stik.si; <https://www.nas-stik.si/novice/podrobnosti-novice/v-agrofotovoltaiki-velik-potencial-za-energetsko-in-prehransko-varnost>
4. Primer sistemske korupcije: gradnja bioplinskih elektrarn v Sloveniji; www.policija.si; <https://www.policija.si/images/stories/Publikacije/PDF/Korupcija.pdf>
5. Obnovljivi viri energije v prometu; www.zaensvet.si; <https://zaensvet.si/obnovljivi-viri-energije-v-prometu/>
6. Direktiva o okoljski kriminaliteti; www.zaensvet.si; <https://zaensvet.si/direktiva-o-okoljski-kriminaliteti/>
7. Po letu 2035 bodo lahko na prodaj avtomobili na e-goriva; www.avto-fokus.si; https://www.avto-fokus.si/Novice/prepoved_po_letu_2035_po_letu_2035_bodo_lahko_na_proday_avtomobili_na_e-goriva
8. Škodljivi vplivi hidroelektrarn na ribe; www.dprs.si; <https://www.dprs.si/sl/193-skodljivi-vplivi-hidroelektrarn-na-ribe.html>
9. Mura del globalne kampanje WWF za prosto tekoče reke; www.wwfadria.org; <https://www.wwfadria.org/sl/?322710/Mura-del-globalne-kampanje-WWF-za-prosto-tekoce-reke>
10. TEŠ6 ali obnovljivo; www.zaensvet.si; <https://zaensvet.si/wp-content/uploads/2020/01/TE%C5%A06-ali-obnovljivo.pdf>
11. Nova jedrska ekonomika; www.zaensvet.si; <https://zaensvet.si/nova-jedrska-ekonomika/>
12. Pretočna elektrarna Kalsdorf; www.verbund.com; <https://www.verbund.com/en-at/about-verbund/power-plants/our-power-plants/kalsdorf>
13. Zakaj (ne) govorimo o novi jedrski elektrarni; Valenčič, M.; EGES 4/2014
14. NEK bi preživela tudi potres osme stopnje; www.zaensvet.si; <https://zaensvet.si/nek-bi-prezivila-tudi-potres-osme-stopnje/>
15. Vetrne elektrarne; www.sl.wikipedia.org; https://sl.wikipedia.org/wiki/Vetrna_elektrarna
16. Resolucija o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji »jedska energija za prihodnost Slovenije« (REDMRJE); www.pisrs.si; <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=RESO155>
17. Učinkovitost strateškega načrtovanja dolgoročnega izkoriščanja jedrske energije za proizvodnjo električne energije in načrtovanja proizvodnje električne energije v jedrskih elektrarnah; Računsko sodišče; www.rs-rs.si; https://www.rs-rs.si/fileadmin/user_upload/Datoteke/Revizije/2019/DrugiBlok_NEK/DrugiBlokNEK_SP06-16.pdf
18. JEK2: Referendum na slepo; www.greenpeace.org; <https://www.greenpeace.org/slovenia/sporocilo-za-javnost/50936/jek2-referendum-naslepo/>

Skrivnost ljubljanske pitne vode in kanal C0

The secret of Ljubljana's drinking water and the C0 canal

mag. Tomaž Ogrin

tomaz.ogrin@ijs.si

Institut "Jožef Stefan"

Jamova cesta 39, 1000

Ljubljana, Slovenija

POVZETEK

V prispevku odkrivamo razlog za čisto pitno vodo Ljubljane in projekt, ki jo ogroža. Ljubljana, glavno mesto Slovenije z blizu 300.000 prebivalci in z več kot 100.000 dnevniških obiskovalcev ima vir pitne vode, ki je ni potrebno kemijsko obdelati, na primer klorirati. Podtalnica prihaja od reke Save in se črpa v glavnem na dveh črpališčih, Kleče in Šentvid v obsegu 90 odstotkov pitne vode za mesto. Začetki črpanja segajo v leto 1890. Večje območje je zaščiteno z uredbo o Ljubljanskem polju, ki je po sestavi slabo sprijet prod.

Ali je prod kot filter za podtalno vodo iz Save dovolj za nastanek čiste pitne vode? Izkazalo se je, da ne. Skrivnost ljubljanske pitne vode iz tega vira je v biološkem filtriranju. Biološki filter sestavljajo organizmi, ki živijo v temi ob težkih življenjskih pogojih. Širša javnost je bila šele v letu 2024 seznanjena z odkritji doc. dr. Ceneta Fišerja o bogatem podzemnem življenju raznovrstnih, a občutljivih organizmov in njihovi funkciji pri čiščenju podtalnice iz Save.

Skrivnost je prišla na dan ob protestih strokovne in druge javnosti zaradi gradnje velikega kanala C0, premera 1,2 m skozi to območje, ki bi odvajal fekalije in industrijske odplake tudi iz občin Medvode in Vodice. Onesnaženje biološkega filtra bi pomenilo njegovo uničenje in s tem čiste pitne vode. Pomemben element zaščite te pitne vode je tudi dejstvo, da vodonosnik Ljubljanskega polja spada v kritično infrastrukturo po EU direktivi in slovenskem zakonu, kar spada tudi v skrb za nacionalno varnost.

Obstajajo alternativne rešitve brez kanala C0, ki ga bo treba odstraniti iz območja. Gradnja kanala C0 je del evropskega projekta: Odvajanje in čiščenje odpadne vode na območju vodonosnika Ljubljanskega polja (2017).

ABSTRACT

In this article, we discover the reason for Ljubljana's pure drinking water and the project that threatens it.

Ljubljana, the capital city of Slovenia with nearly 300,000 inhabitants and more than 100,000 daily visitors, has a source of drinking water that does not need to be chemically treated, for example chlorinated. Drinking groundwater comes from the Sava River and is mainly pumped at two pumping stations, Kleče and Šentvid, which account for 90 % of the city's drinking water. Pumping dates back to 1890. The larger area is protected by the Ljubljansko polje Regulation, which is composed of poorly adhered gravel.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia
<http://doi.org/10.70314/is.2024.env.13>

Is the gravel sufficient as a filter for groundwater from the Sava River to produce clean drinking water? It turns out that it is not. The secret of Ljubljana's drinking water from this source lies in biological filtration. A biological filter is made up of organisms that live in the dark under harsh living conditions. It was only in 2024 that the general public was made aware of the discoveries made by Dr. Cene Fišer about the rich underground life of diverse but sensitive organisms and their function in purifying groundwater from the Sava River.

The mystery came to light amid protests from the professional and other public over the construction of a large 1.2 m diameter C0 canal through the area, which would also carry faecal and industrial wastewater from the municipalities of Medvode and Vodice. Contamination of the biological filter would mean its destruction and thus pure drinking water.

Another important element in the protection of this drinking water is the fact that the Ljubljansko polje aquifer is a critical infrastructure under the EU directive and Slovenian law, which is also a national security concern.

KLJUČNE BESEDE

Pitna voda, biološki filter, kanal C0, Ljubljansko polje, EU projekt

KEYWORDS

Drinking water, biological filter, C0 canal, Ljubljansko polje, EU project

1. UVOD

Avgusta 2017 je bil Sloveniji odobren evropski projekt: Odvajanje in čiščenje odpadne vode na območju vodonosnika Ljubljanskega polja. Celotni projekt sestavljajo 3 deli (1):

Del 1: Nadgradnja sistema odvajanja komunalne odpadne vode v občinah Medvode (22 km) in Vodice (9,1 km) ter izgradnja povezovalnega kanala C0 v Mestni občini Ljubljana (MOL),

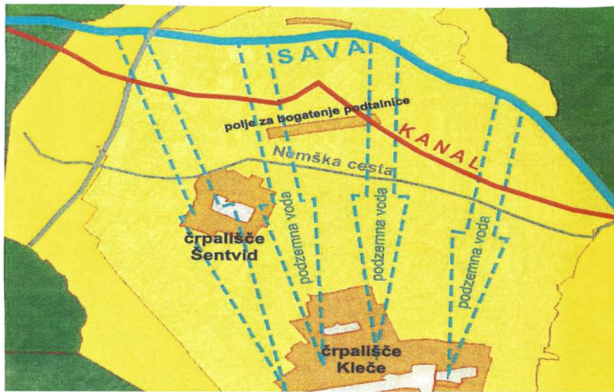
Del 2: Izgradnja III. faze Centralne čistilne naprave Ljubljana,

Del 3: Dograditev kanalizacije v aglomeracijah v Mestne občine Ljubljana.

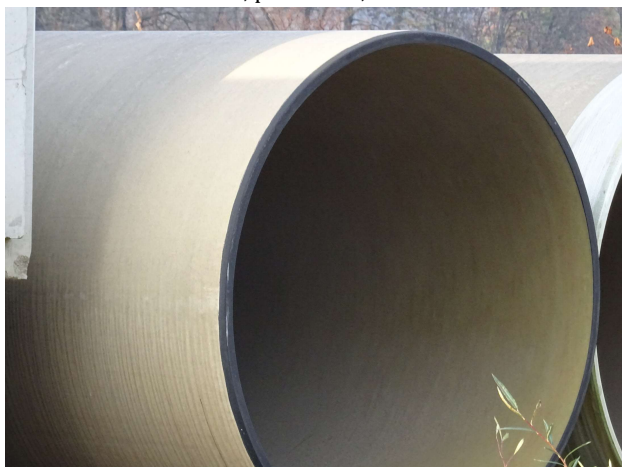
Celotna vrednost investicije je 135.623.985 evr (z DDV), od tega EU 68.879.165,20 evr (85%), država 12.155.146,80 evr (15%), vse tri občine pa 54.589.673 evr.

V tem prispevku obravnavamo **Del 1, kanal C0**, ki je od Broda do Črnuč v dolžini 4,1 km vgrajen v vodovarstveno območje in bi odvajal tudi odpadne vode iz občin Medvode in Vodice.

Potek trase kanala C0, toka podzemne vode in lokacije črpališč. Kanal C0 križa tok podtalnice. Vsako puščanje gre v tok podtalnice.



Poliestrške cevi kanala, premera 1,2 m.



Po izjavah strokovnjakov je tesnenje pri tako velikem premeru nezadostno za fekalije in industrijske odplake, ob mnogih vplivih na cevi na veliki dolžini 4,1 km (vzgon,

potres, napake pri vgradnji, rezanje cevi, vijugasta vgradnja...).

2. Kanal C0 bi zanesljivo ogrozil čisto pitno vodo

Po zaslugi krajanov, zbranih v Civilni iniciativi za čisto pitno vodo (CI), mednarodnega društva Alpe Adria Green (AAG) ter odvetnika, kanal C0 še ni v celoti zgrajen. V območju Črnuč manjka še okrog 120 m. Zaradi nezakonito vodenega postopka projekta in strokovnih napak, se nadaljevanje rešuje na sodišču.

V CI sodeluje več strokovnjakov za komunalno infrastrukturo z mednarodnimi izkušnjami, v njej sodelujem s prispevki v medijih (npr.: Dnevnik).

Zaradi predvidenega ogrožanja pitne vode je Državni zbor ustanovil Preiskovalno komisijo o ugotavljanju zlorab in nezakonitosti pri gradnji povezovalnega kanala C0 na območju ljubljanskega vodonosnika Ljubljanskega polja (Komisija). Komisija je imela 12.9.2024 že 16. sejo s pričanjem vabljenih, tokrat zdravnica in epidemiologinja prof. dr. Dodič Fikfak (2).

Povzemamo nekaj ugotovitev strokovnih študij in postopkovne revizije, na osnovi katerih lahko trdimo, da bi do puščanja kanala C0 in onesnaženja čiste pitne vode za Ljubljano **zagotovo prišlo**.

2.1. Revizija Ministrstva za okolje in prostor (MOP)

2019 ugotavlja, da je iz postopkov in dokumentov razvidno, da ni garancije, da kanal C0 ne bi puščal. Povezava na revizijo je v objavi mednarodnega društva Alpe Adria Green (3).

2.2. Izdelana je bila Ocena potresne varnosti na trasi kanalizacijskega zbiralnika C0 (HGEM d.o.o., 2017).

Zaradi gradnje na potresnem območju bi kanal moral biti zgrajen po mednarodnem standardu ISO:16134:2006 **pa ni bil**. Standard zahteva ustrezen material in tip cevi ter spojev in poseben način vgradnje.

Traso kanala prečka Žužemberški geološki prelom, Prelomi so nevarne podzemne strukture, kar situacijo kanala še poslabšuje.

Omenjeno poročilo ugotavlja, da na trasi ni bilo izvedenih "osnovnih geomehansko inženirsko geoloških raziskav", ki bi omogočile oceno za pojav likvifikacije (zmehčanja tal) ob potresu ter o možni prisotnosti strižnih sil na tej dolžini 4,1 km med Brodom in Črnučami. Zato so predlagali ustrezne preiskave, **ki pa niso bile izvedene**.

Take preiskave so bile izvedene pri gradnji HE Brežice (4).

Tla iz slabo sprijetega peska so bila zamenjana zaradi nevarnosti likvifikacije in porušitve jezua. Podobna tla, prodno-peščena zemljina, sestavljajo vodonosnik Ljubljanskega polja.

2.3. Geološko poročilo, 2018: Program zaščite podzemne vode v času gradnje povezovalnega cevovoda C0 (Geološki zavod Slovenije). Poročilo ocenjuje tudi razmere med obratovanjem kanala C0. Povzetek (5).

V scenariju normalnega razvoja dogodkov so ocene puščanja kanala. Izgube odpadne vode (puščanje) se do 1 % ne dajo zaznati. Pri polnem pretoku 930 l/s je tako puščanje 9,3 l/s. **Dnevno to pomeni okrog 800 m³ puščanja** fekalij in industrijskih odplak na 4,1 km brez zaznave. **Kanalizacijski standardi dopuščajo tak delež puščanja kot normalen.** Na najbolj občutljivem 2,2 km delu trase, v zaledju vodarn Šentvid in Kleče, se puščanje brez zaznave ocenjuje na 1,8 l/s, kar pomeni 155 m³/dan. Za tako puščanje so dovolj razpoke širine 0,087 mm.

Scenarij najslabše možnosti, torej večje razpoke ali napake pri vgradnji, pa pomeni še bistveno višje količine izpustov v podtalnico s čisto pitno vodo.

Hitrost podtalnice od Save do Kleč je velika, 20 m/dan. Puščanje kanala hitro doseže črpališče.

Poročilo tudi ocenjuje **možnost vzgona** ob poplavah ali gradnji hidroelektrarn blizu Ljubljane. Več kot sto dni na leto je v določenih predelih pričakovati vzgon zaradi dviga podtalnice, ki lahko odpre ali zamakne spoje cevi, da nastanejo reže.

2.4. Geološko poročilo, 2020: Dodatna analiza potresne nevarnosti na območju povezovalnega kanala C0 v Mestni občini Ljubljana (Geološki zavod Slovenije). Posebej je obdelana prisotnost aktivnega Žužemberškega preloma, ki v domnevnem poteku trikrat prečka kanal C0. V zaključku ocenjujejo možnost **potresa s površinskim pretrgom velikosti 10 cm.** Predlagajo dodatne geofizikalne preiskave ter močno priporočajo izvedbo celovite verjetnostne analize PFDH (Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis). Upravičeno domnevamo (nasveti iz leta 2020, ko je velik del kanala že izgrajen), **da noben predlog ni bil izveden.**

2.5. Nastrokovna in malomarna vgradnja kanala C0.

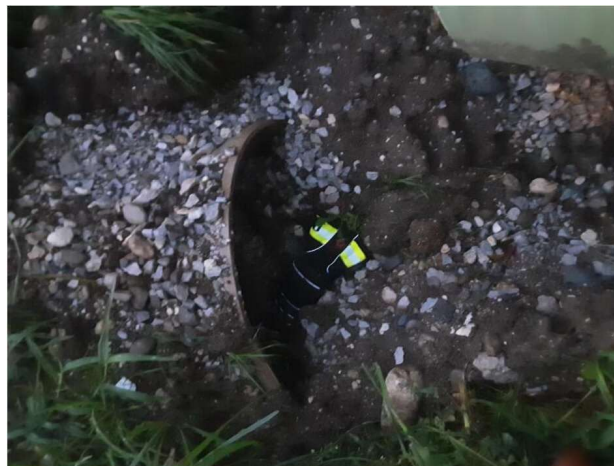
(slike: zasebni arhivi, vendar že predstavljeni javnosti)

DVIG PODTALNICE – VDOR V KANAL

Lanske poplave so razkrile, sicer izven poplavnega območja, torej ne gre za vdor umazane savske vode skozi jaške, ampak za velike razpoke v že vgrajenem kanalu. Narasla podtalnica je namreč vdrla (posnet video toka pitne vode v kanalu) v kanal, kar pomeni, da gre za malomarno vgradnjo in je puščanje zagotovljeno.

VZGON

Kot se spomnimo iz fizike, bo vzgon večji, če so potopljeni volumni večji. Kanal C0 s premerom 1,2 m predstavlja tak velik volumen, ki je lahko delno ali ni napolnjen z odplakami. Primer premika in izmeta vgrajenih cevi večjega premera se je zgodil v Sneberjah ob lanskim poplavah. Gre za priključne cevi na kanal C0.



MEHKEJŠE NASUTJE – VEČJI UČINEK VZGONA

Namesto izkopanega peska so na nekaj odsekih nasuli mehko kmetijsko zemljo, pesek pa tržili naprej. Učinek vzgona bi bil večji, kar pomeni večje pomike cevi in nastajanje rež na spojih.



REZANJE CEVI – TESNENJE?

Rezanje cevi in improvizacija s tesnili – proizvajalec cevi ne odgovarja več za tesnost spojev. Ali sploh odgovarja in koliko let ter ob potresih in vzgonu?



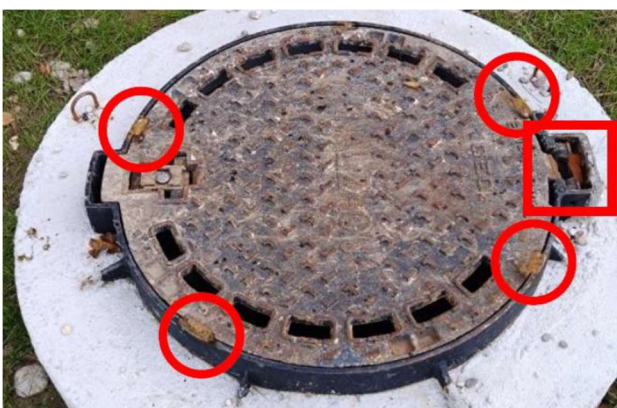
VIJUGASTO VGRAJEN KANAL

Na določenih odsekih je kanal vgrajen vijugasto, kar pri velikem premeru vzpostavlja napetosti v tesnenju in v primerih premikov (potres, vzgon) olajša odpiranje spojev. Viden je tudi nedovoljen poseg, zaradi improvizacije investitorja, MOL, na zasebno njivo zaradi potrebne velike delovne širine pri vgradnji kanala. Prišlo je do protestov in nasilja varnostnih služb.



MALOMARNA VGRADNJA – REŽE

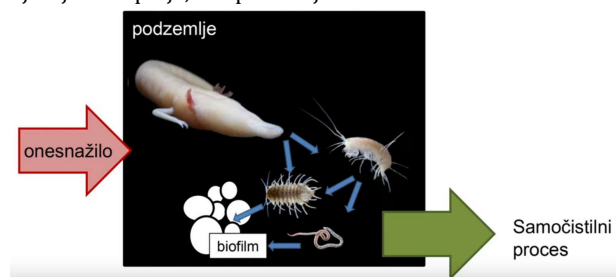
Civilna iniciativa je skozi jaške ugotovila obstoječe reže. Vidi se vdor peska skozi režo. Po javno objavljenih napakah pri vgradnji je investitor, Mestna občina Ljubljana, naročil varjenje pokrovov jaškov.



3. Nastanek ljubljanske čiste pitne vode – biološki filter
Skrivnost ljubljanske čiste pitne vode, ki ne potrebuje kemične obdelave, na primer kloriranja, je prišla do širše javnosti šele v letošnjem letu na seji Komisije. Skrivnost nam je na 11. seji (29.5.2024) razkril doc. dr. Cene Fišer iz Biotehnične fakultete (6).

Biofilm bakterijske flore na produ in podzemni organizmi (favna, nevretenčarji), ki živijo v prostorih

med prodom, čistijo podtalnico, ki pride od Save v Ljubljansko polje, kar prikazuje slika.



Opomba: Človeška ribica na sliki ni del procesa čiščenja, ne živi v prodru, je del podzemne favne iz predavanja doc.dr. Fišerja (Cankarjev dom) (7).

Šele zdaj lahko razumemo, zakaj imamo v Ljubljani čisto pitno vodo neposredno iz podtalnice, že stoletja.

Pučanje iz kanala C0 bi naš biološki filter, ki je nastajal stoletja, uničilo.

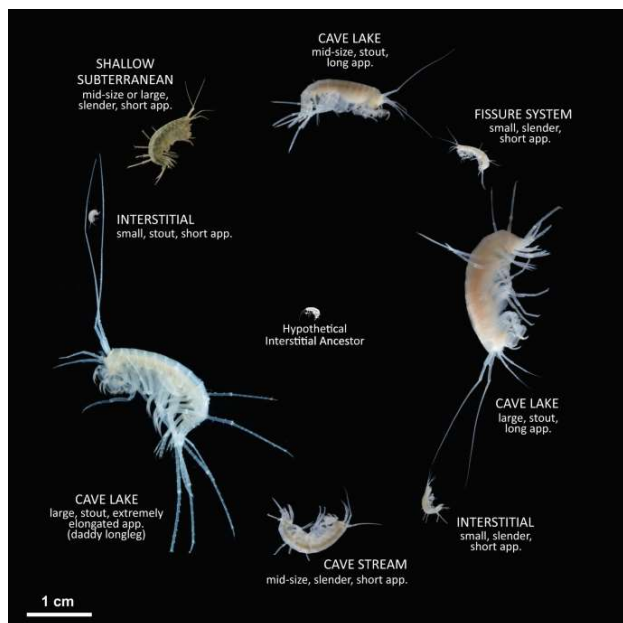
Na to je dr. Fišer že leta 2016 pisno opozoril Agencijo RS za okolje (ARSO) in MOL ter župana Ljubljane, **a so opozorila ignorirali**. Še več, ARSO je odločil, da presoja vplivov na okolje, kjer bi seveda morali upoštevati biološki filter in kanal C0 odkloniti, **ni potrebna!**

Slika prikazuje podzemno favno iz predavanja, ki zajema širšo tematiko podzemnega sveta, razen školjk in človeških ribic, so drugi prikazani organizmi tudi v vodonosniku Ljubljanskega polja (7).



Foto: T. Delić

Ljubljanski vodonosnik je **vroča točka, evropskega in svetovnega pomena**. Ta termin se uporablja za podzemlje, kjer je izjemno visoka pestrost podzemnih organizmov. V Ljubljanskem polju so jih **odkrili kar 29**, merilo za vročo točko pa je 25. Razvoj mnogih teh organizmov se odvija že več deset milijonov let (8).



Slika prikazuje razvoj podzemnega rakca iz rodu slepih postranic (*Niphargus*) (8).

4. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

4.1. O imenu projekta

"Odvajanje in čiščenje odpadne vode na območju vodonosnika Ljubljanskega polja." Znano je, da kanal C0 premera 1,2 m preko vodonosnika nima nobenega priključka iz območja kakršnekoli odpadne vode iz vodonosnika, ki bi jo bilo treba čistiti. Razumevanje naslova je AAG preveril pri evropski komisiji. V dopisu (9) kot rezultat tega dela projekta navajajo: "As a result it will improve the quality of the aquifer for the abstraction of drinking water in the first place."

V prevodu: "S tem se bo izboljšala kakovost vodonosnika, iz katerega se črpa pitna voda". Očitno so razumeli, da bo projekt že tako odlično čisto pitno vodo še očistil, čeprav ni jasno kako, če kanal samo prečka vodonosnik.

V pismih bralcev (Dnevnik, 23.2.2023) sem na to opozoril, a brez odmeva (10).

4.2. Zakaj še Medvode in Vodice?

Novodobno okoljsko strokovno ravnanje na področju odpadkov je, da se obdelajo na viru ali čim bližje. Izgovori na pretekla, drugačna načrtovanja izražajo samo nerazumevanje trajnostnega razvoja. Vodenje fekalij in industrijskih odpadnih voda 20 km iz Medvod in 9 km iz Vodice v Ljubljano (Brod) je že v tem smislu zgrešeno.

Ko pa zvemo, da je občina Medvode že bila v projektu kanalizacije skupaj z Mestno občino Kranj in občino Šenčur in enostransko izstopila iz njega, da bi se vključila v ljubljanski projekt pa je jasno, da so prevladali nestrokovni

razlogi. Občina Medvode je izstop morala plačati z blizu 350.000 evri (11).

Vodice bi se pa lahko priključile na domžalsko čistilno napravo.

4.3. Dodatno varovanje ljubljanske čiste pitne vode

Vodonosnik Ljubljanskega polja spada v kritično infrastrukturo, saj napaja več kot 100.000 prebivalcev. Kritična infrastruktura je opredeljena z evropsko direktivo in slovenskim zakonom (12). Predstavlja pomemben element nacionalne varnosti.

4.4. Biološki filter

Za široko javnost povsem nov in ključen element pri nastajanju čiste pitne vode za glavno mesto Slovenije z okrog 300.000 prebivalci in preko 100.000 dnevni obiskovalcev, z bolnišnicami, šolami, hoteli in drugo funkcionalno infrastrukturo, je s projektom kanala C0 zanesljivo ogrožen in z njim čista pitna voda. Proces nastajanja tega filtra so počasni, stoletni in njegovo uničenje bi prineslo za več sto let uničenje vira čiste pitne vode.

4.5. ZAKLJUČEK

Dela na kanalu C0 je treba takoj ustaviti, sporočiti evropski komisiji o spremembi projekta in že vgrajen kanal C0 odstraniti iz vodonosnika. Strokoven predlog prof. dr. Duhovnika je bil jasno postavljen na Komisiji (13).

LITERATURA

- MOL, občina Medvode, občina Vodice <https://www.cistozate.si/o-projektu>
- Fikfak, D., (2024), Komisija, 16.seja, <https://365.rtvsl.si/arhiv/seje-preiskovalnih-komisij/175071670>
- Alpe Adria Green, (2019), <https://alpeadriagreen.org/2019/12/20/povezovalni-kanal-c0-notranjerevizijsko-porocilo-mop/#:~:text=V%20notranji%20reviziji%20sem%20se%20osredoto%20na%20pregled%20postopkov%20v>
- Smolar, J. (2010), Raziskave likvifikacije peskov z lokacije HE Brežice <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=83769&lang=slv>
- Geološki zavod Slovenije, (2018), Povzetek Programa zaščite podzemne vode v času gradnje povezovalnega cevovoda C0 https://www.geo-zs.si/index.php/en/?option=com_content&view=article&id=370
- Fišer, C., (2024), Komisija, 11.seja <https://www.rtvsl.si/rtv365/arhiv/175049248?s=tv>
- Fišer, C., (2023), Podzemni svet v vrtincu sprememb (predavanje, Cankarjev dom) <https://www.youtube.com/watch?v=9mI5nxClCTk&t=803s>

8. Biotehniška fakulteta, Novice (2021), Vroče točke evolucije v podzemlju jugovzhodne Evrope
<https://www.bf.uni-lj.si/sl/novice/2021062409024712/vroce-tocke-evolucije-v-podzemlju-jugovzhodne-evrope>
9. Alves, S., (2023), dopis
REGIO/E.3/TB/gfk/(2023)1412568
10. Ogrin, T., (2023), Dnevnik, Pisma bralcev, Kanal C0 ali onesnaževanje čiste pitne vode
<https://www.dnevnik.si/1043007586/Pisma%20bralcev/kanal-c0-ali-onesnazevanje-ciste-pitne-vode>
(povezava ne deluje zaradi spremembe njihovih strani)
11. Projekt GORKI, (2017), Poravnava
<https://medvode.si/objava/113236#:~:text=Na%20vi%C5%A1jem%20sodi%C5%A1%C4%8Du%20v%20Ljubljani%20je%20v%20petek,%2020.%20oktobra>
12. Zakon o kritični infrastrukturi, (2017)
<https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO7106>
13. Duhovnik, J., Ogrin, T., (2024), Komisija, 14. seja,
<https://365.rtv slo.si/arhiv/seje-preiskovalnih-komisij/175059123>

Kakšna je cena jedrske energije in obnovljivih virov in kakšen je vpliv na okolje

What is the Cost of Nuclear Energy, Renewables, and Their Impact on the Environment

Andrej Trkov

Odsek za reaktorsko fiziko, Institut Jožef Stefan

Ljubljana, Slovenija

andrej.trkov@ijs.si

Povzetek

Strateška odločitev glede izbire osnovnih energentov v državi je ključnega pomena za zanesljivost oskrbe in za ceno energije. Narejena je primerjava cene 1100 MW bloka jedrske energije in 100 % obnovljivih virov (OVE, sončnih panelov) za enako količino oddane energije v omrežje ter vpliv na izrabo prostora.

Ključne besede

Jedrska elektrarna, obnovljivi viri energije, OVE, cena za enako količino energije

Abstract

Strategic decision about the choice of energy sources is crucial for a reliable supply of electricity at a reasonable cost. A comparison is made between the option of a 1100 MW nuclear plant and 100 % renewables (solar panels) for the same amount of delivered energy to the grid, and the impact of the usage of land.

Keywords

Nuclear power plant, renewable energy sources, cost for equal amount of energy produced

1 Ozadje problema

Strateška odločitev glede izbire osnovnih energentov v državi je ključnega pomena za zanesljivost oskrbe in za ceno energije, ki jo industrija in posamezniki potrebujemo, zato je pomembno vedeti, kakšne so možnosti in kakšne so implikacije. V Sloveniji bomo po zaprtju TEŠ6 leta 2033 potrebovali dodatne proizvodne kapacitete za električno energijo z močjo vsaj 1000 MW. Namen predstavitve je primerjava cene za 1100 MW jedrsko elektrarno in cene obnovljivih virov (OVE, predvsem fotovoltaičnih panelov) za enako količino proizvedene energije. Ocene stroškov v medijih se zamegljujejo s parcialnim vpletanjem stroškov financiranja in ocenami na osnovi projekcij gibanja cen, vendar

pa so projekcije špekulativne, stroški financiranja pa se pojavljajo pri vseh investicijah. Preprosto nas zanima, kakšni so stroški na dan odločitve za gradnjo, cene na tržišču za to pa so znane.

2 Cena jedrske energije

V medijih se pogosto pojavljajo šokantno visoke cene postavitve jedrskih elektrarn, kot jih na primer navaja Greenpeace »[Finančne ovire za nove jedrske projekte - Greenpeace Slovenija](#)«. Tak izbor cen je nerealen in je posledica dejstva, da evropski in ameriški proizvajalci nekaj deset let niso gradili jedrskih elektrarn. Zaradi tega so bile dobavne verige v veliki meri prekinjene in jih je bilo treba vzpostaviti na novo, vsled česar je prihajalo do zamud in povečevanja stroškov. Situacija je bila drugačna v 60 in 70-ih letih prejšnjega stoletja, ko so ameriški in evropski proizvajalci gradili po več jedrskih elektrarn na leto. Kitajski proizvajalci so v zadnjem desetletju zgradili 39 jedrskih elektrarn, zdaj pa napovedujejo gradnjo po deset (in več) elektrarn na leto in s tem nimajo težav. Pričakujejo, da bodo v obdobju v letih od 2020 do 2035 zgradili 150 jedrskih reaktorjev »[How Innovative Is China in Nuclear Power? | ITIF](#)«. Ravno tako je južnokorejski proizvajalec KHPN v Združenih arabskih emiratih zgradil 4 reaktorje v sprejemljivih časovnih rokih in pogodbenih finančnih okvirih. Cena na eno 1400 MW enoto je bila 8 milijard dolarjev »[Barakah nuclear power plant - Wikipedia](#)«. Trenutna cena jedrskih elektrarn je torej znana in predvidljiva. Za 1000 MW jedrsko elektrarno ELES ocenjuje ceno 10 milijard EUR, ocena GEN energije pa je še nekoliko nižja. Elektrarna daje takšno moč vse dni v letu ves dan, razen v času enomesečnega remonta vsakih 18 mesecev. Življenjska doba jedrskih elektrarn je 60 let ali več. Željeno energijo, upoštevaje čas remonta bi torej dobili s postavitvijo 1100 MW jedrske elektrarne.

3 Cena obnovljivih virov energije

Trenutna različica Nacionalnega energetskega in podnebnege načrta (NEPN) kot eno od opcij predvideva pridobivanje električne energije iz 100 % obnovljivih virov (OVE), pretežno iz sončnih panelov na strehah stavb.

Iz razpoložljivih podatkov dajejo paneli v Sloveniji v povprečju le eno desetino nominalne moči (ker sonce ne sije ponoči in ker se nahajamo na 46. vzporedniku), zato je za približno enako količino energije kot jo proizvede 1100 MW

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

http://doi.org/DOI_RECEIVED_AFTER_REVIEW

jedrska elektrarna potrebna instalirana moč 10 000 MW sončnih panelov. Če je tipična instalirana moč sončnih elektrarn na strehah stavb 10 kW, potrebujemo torej milijon takšnih enot. Cena ene enote pri ponudnikih v Sloveniji je dobrih 10 000 EUR (če niso potrebna dodatna dela na strehi), to pa pomeni, da celotna investicija znaša vsaj 10 milijard EUR, kar je primerljivo s ceno jedrske elektrarne.

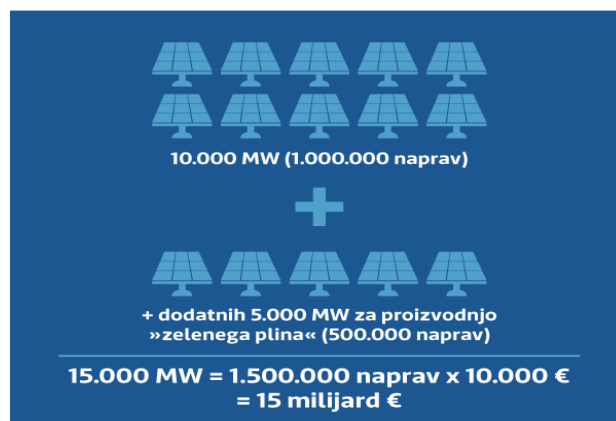


Slika 1: Cena OVE za primerljivo količino energije kot jo proizvede 1100 MW jedrska elektrarna.

3.1 Nestanovitnost električne energije iz sončnih panelov

Resna težava je nestanovitnost proizvodnje električne energije, z viški podnevi in v poletnem času, ko vse elektrike ne bi mogli niti porabiti ali shraniti, in s primanjkljajem v zimskem času, ko je treba potrebe pokrivati z drugimi viri. Največkrat so za to predvidene termoelektrarne na zemeljski plin. To pa pomeni, da v tem primeru uporaba sončnih panelov ne predstavlja več scenarija 100 % OVE, saj je zemeljski plin fosilno gorivo.

Razmere se spremenijo le, če lahko viške energije ob presežku proizvodnje shranimo za nočni čas in za zimske mesece. Danes tehnologija za dolgoročno shranjevanje energije sicer še ni komercialno dostopna, raziskuje pa se v smeri, da bi lahko z elektriko proizvajali »zeleni plin«, pri čemer pretežno mislimo na zeleni vodik, ker je tehnologija pridobivanja zelenega metana tehnološko in ekonomsko bolj nejasna. Tudi NEPN za prihodnost v 100 % OVE scenariju predvideva proizvodnjo zelenega plina. Energijska bilanca je z 10 000 MW sončnih panelov v principu pokrita, žal pa pri izkoriščanju poletnih viškov za proizvodnjo plina in uporabo tega plina za proizvodnjo električne energije prihaja do izgub, ki so fizikalno pogojene in jih ni mogoče bistveno zmanjšati. Povečati bi morali kapaciteto sončnih elektrarn za toliko, da bi z viški energije poleti proizvedli dovolj zelenega plina za izravnavo potreb v zimskih mesecih. Po grobi oceni je v najboljšem primeru možno nazaj v električno energijo pretvoriti kvečjemu eno tretjino poletnih viškov. Praktično to pomeni, da potrebujemo v celoti najmanj 15 000 MW instalirane moči sončnih panelov. V tem primeru znaša cena 15 milijard EUR za milijon in pol 10 kW enot, kar presega ceno jedrske elektrarne že za polovico.



Slika 2: Cena 100 % OVE za primerljivo količino energije kot jo proizvede 1100 MW jedrska elektrarna.

3.2 Neznanke v izračunu

V izračunu je upoštevana predpostavka, da se primanjkljaj energije v nočnem času in ob slabem vremenu nadoknadi s hranilniki, na primer z baterijami, kar praktično podvoji ceno izgradnje sončne elektrarne.



Slika 3: Cena 100% OVE s hranilniki za primerljivo količino energije kot jo proizvede 1100 MW jedrska elektrarna.

Poleg tega je treba k stroškom prišteti še stroške izgradnje plinskih elektrarn in obratov za proizvodnjo zelenega plina, za kar tehnologija na tako veliki skali še niti ne obstaja, in je komercialna cena nedoločljiva. Treba je tudi skladiščiti velike količine plina (kar tudi predstavlja svojevrsten izziv in potencialno nevarnost), zamenjati transformatorske postaje in močno ojačati elektro-distribucijski sistem (precej bolj kot v primeru jedrske opcije, kjer vsaj visoko-napetostni sistem približno zadošča).



Slika 4: Dodatni nedoločljivi stroški OVE: obrati za proizvodnjo zelenega plina, skladiščenje, termoelektrarna na zeleni plin in ojačanje prenosnega elektroenergetskega sistema.

3.3 Življenjska doba OVE

Ocena življenjske dobe sončnih panelov je precej optimistično napovedana na 30 let, kar je težko dokazljivo, saj večina panelov še ne dosega starosti, da bi to lahko statistično potrdili, pa tudi tehnologija izdelave se spreminja. Poleg tega je verjetno večji problem v močnostni elektroniki, da ne omenjamo vremenskih pojavov, kot je bil letos v Slovenski Bistrici, kjer je bila uničena več kot polovica panelov. Življenjska doba jedrskih elektrarn je 60 in več let, zato je treba v enakem obdobju zamenjati sončno elektrarno (ali vsaj večino komponent) najmanj dvakrat, kar izhodiščno ceno lahko še podvoji.

3.4 Umeščanje v prostor in vpliv na okolje

Jedrska elektrarna potrebuje manj kot en kvadratni kilometer prostora (okrog 100 hektarov), kar s stališča izrabe zemljišča ni zelo problematično. Za milijon in pol sončnih elektrarn je po grobi oceni potrebnih deset do petnajst tisoč hektarov površine na sončni lokaciji, saj je treba upoštevati nekaj zemljišča za servisiranje in čiščenje panelov. Resda se predvideva, da bo veliko panelov nameščenih na strehah stavb, vendar si je težko predstavljati, da bi samo z enotami na strehah s primerno osončenostjo dosegli željeno instalirano kapaciteto za proizvodnjo električne energije. Del kapacitet bo treba nameščati tudi na primerno osončena zemljišča.

3.5 Dobavni roki, montaža in servisiranje

Očitek jedrskim elektrarnam je dolga doba umeščanja v prostor in izgradnjo, vendar tudi naročilo milijon in pol 10 kW enot OVE ne bo potekalo čez noč, še manj pa umeščanje v prostor za deset do petnajst tisoč hektarov površine. Od samega naročila panelov domača industrija ne bo imela velike koristi, saj so paneli praviloma uvoženi iz daljnega vzhoda, doma je zaposlena zgolj množica trgovcev, monterjev in serviserjev za domači trg, ki pa ne ustvarjajo dodane vrednosti, ki bi jo lahko tržili v tujini.

4 Zaključek

Cena postavitve jedrske elektrarne z močjo 1100 MW je predvidljiva in znaša približno 10 milijard EUR. Za enako količino proizvedene energije iz malih sončnih elektrarn tipične moči 10 kW potrebujemo milijon takšnih enot, upoštevaje trenutne cene na tržišču pa je strošek primerljiv s ceno izgradnje jedrske elektrarne. Če želimo poletne viške električne energije shraniti v obliki zelenega plina za pogon termoelektarn v zimskih mesecih potrebujemo najmanj pol milijona dodatnih enot, to pa pomeni že za polovico višji strošek v primerjavi s ceno jedrske elektrarne. V to niso vključene cene baterij za kratkoročno hrambo električne energije, postavitve naprav za proizvodnjo zelenega plina, skladišč plina in distribucijskega sistema ter plinske termoelektarne, ki je nujno potrebna vsaj za vzdrževanje stabilnosti elektro-distribucijskega sistema. V ceni 100 % OVE je veliko neznank, ki vsaka posebej povečujejo

stroške, zato trditev, da je scenarij OVE-plin ali 100 % OVE poceni (milo rečeno) brez trdne osnove.

Podrobnejši izračun je na voljo na portalu »jedska.si« [Kako poceni je elektrika iz obnovljivih virov in kako draga je jedrska energija?](#)

Zahvala

Zahvaljujem se gospe Tamari Langus za uredniške izboljšave besedila in uporabo slik za ilustracijo.

O statusu in prihodnosti jedrske energije

On the Status and Future of the Nuclear Power

Leon Cizelj
Odsek za reaktorsko tehniko
Institut "Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija
Leon.Cizelj@ijs.si

Povzetek

V prispevku pokažemo status jedrskih elektrarn v obratovanju, v gradnji in v razvoju. Na kratko osvetlimo tudi najpomembnejše razlike med reaktorji 2. (npr. NEK) in 3. generacije (kandidati za JEK2). Sledi kratek pregled mednarodnih raziskovalnih in razvojnih prizadevanj, ki so usmerjena predvsem v manjše in modularne enote, ki bodo jedrsko fisijo uporabile kot brezogljivi vir toplote za neposredno rabo ali pretvorbo v elektriko. Takšne enote utegnejo biti primerne tudi za decentralizirana pametna omrežja. Komercializacija nekaterih od večinoma že pred desetletji preverjenih zasnov bo omogočila tudi uporabo današnjega rabljenega jedrskega goriva in bo lahko pomembno prispevala k zaključevanju krožnega gospodarjenja z jedrskimi gorivi. Zaključimo s povzetkom največjih izzivov današnje jedrske energetike v Sloveniji in v svetu: sprejemljivost v javnosti, dobavne verige za talente in opremo ter nujnost dolgoročnih investicij v raziskave in razvoj.

Ključne besede

jedrske elektrarne, veliki reaktorji, gigavatni reaktorji, mali in modularni reaktorji, novi talenti

Abstract

Status of the nuclear power in operation, construction and operation is outlined. The main differences of the 2nd (e.g., Krško) and 3rd generation reactors are sketched. This is followed by an outline of the international research and development efforts, focussing mostly on the small and modular reactors to be used as a source of heat for direct use or for electricity production. Such units may be optimal also for decentralized grids. Commercialisation of some concepts proven decades ago may facilitate also the use of today's spent fuel and with this also the closure of the nuclear circular economy. Finally, the major challenges of the nuclear power are briefly discussed: the public acceptance, the supply chains for equipment and talent, and the need for long term investments in research and development.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

<https://doi.org/10.70314/is.2024.env.15>

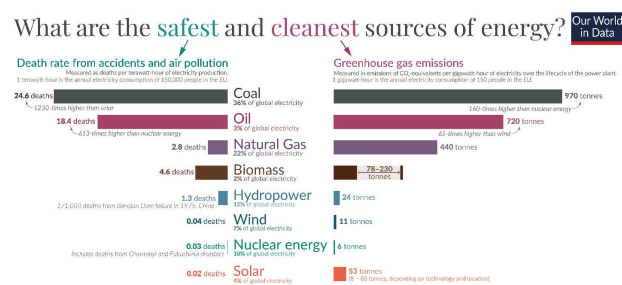
Keywords

Nuclear power plants, large reactors, gigawatt reactors, small and modular reactors, new talents

1 Uvod

Jedrska energija je v letu 2023 prispevala 9,1% vse električne energije [1] oziroma 3,96% vse primarne energije [2] na planetu. Proizvodnja jedrske elektrike na planetu je leta 1996 prvič preseгла 2.400 TWh in se je v zadnjih nekaj letih ustalila med 2.600 in 2.700 TWh [3]. Vse jedrske elektrarne, ki smo jih v Evropi, v ZDA in na Japonskem v tem času zaprli, so sprti nadomestile nove elektrarne in sicer predvsem na Kitajskem, v Indiji in še kje: od leta 2000 do danes smo na planetu zaprli 123 reaktorjev s skupno močjo 80 GW, na omrežje pa na novo priključili 121 reaktorjev s skupno močjo 110 GW. Trenutno gradimo 59 reaktorjev, od tega Kitajci 24, sledijo Indijci z 8 [5].

Konec leta 2023 je delovalo 413 reaktorjev s skupno močjo 371,5 GWe. 60 let izkušenj s komercialnimi jedrskimi elektrarnami jedrsko energijo uvrščajo med najbolj varne in najbolj čiste (Slika 1) vire energije na planetu [4].



Slika 1: Najčistejši in najvarnejši viri energije [4]

Razvojna, poslovna in politična podpora jedrski energiji se v zadnjih letih povečujeta tudi v Evropi in Severni Ameriki. V ZDA se povečana politična podpora jedrski energiji vidi v večjih raziskovalno razvojnih vložkih, pa tudi spremembah zakonodaje in davčnih spodbudah. Rezultati se vidijo predvsem v intenzivnem razvoju in trženju malih in modularnih reaktorjev z močjo pod 300 MW. Prve priključitve na mrežo so najavljene okoli leta 2030.

V Evropski Uniji se, s podporo Slovenije, krepi jedrska aliansa, ki si je zastavila cilj 150 GW jedrske elektrike do leta 2050 [6]. Današnja flota zmore okoli 100 GWe in je v povprečju

stara 38 let. Ciljamo torej na 50 novih reaktorjev in 250.000 novih zaposlitev. Alianso sestavlja 15 ministrov za energijo iz Slovenije, Francije, vseh preostalih evropskih jadrskih držav (razen Španije), ter hrvaške, Italije, Poljske in Estonije.

Kitajska načrtuje do leta 2050 za pribl. 300GW novih jadrskih elektrarn, torej skoraj toliko, ko je danes na voljo na celotnem planetu: 371,5 GW.

V nadaljevanju se bomo posvetili dvema skupinama reaktorjev, ki bosta v prihodnosti zagotovo odigrali pomembno vlogo pri čisti energiji na planetu in morda tudi v Sloveniji. Prva skupina so veliki, gigavatni reaktorji z močjo 1 GWe ali več in s klasično zasnovo, druga pa so mali in modularni reaktorji.

2 Veliki reaktorji (1 GWe in več)

Med 59 reaktorji s skupno močjo 61 MWe, ki so danes v gradnji, je kar 50 tlačnovodnih (skupna moč 54,6GWe). Gre za podobno tehnologijo, kot jo uporablja Nuklearna elektrarna v Krškem (2. generacija reaktorjev), z nekaterimi posodobitvami, ki jih bomo na kratko opisali v nadaljevanju.

Japonci gradijo 2 vrelna reaktorja s skupno močjo 2,6GWe, ki tudi sodita med velike reaktorje z GW električne moči. Indija gradi 3 reaktorje, moderirane s težko vodo (skupna moč 1,9GWe). Ti reaktorji sodijo v t.i. tretjo generacijo reaktorjev.

Preostali štirje reaktorji v gradnji sodijo med tako imenovane hitre oplodne reaktorje (moč 2GWe), ki sodijo v 4. generacijo in odpirajo možnosti za uporabo urana 238 in torija 232. Uran 238 ob zajetju nevtrona v jedro namreč transmutira v cepljivi plutonij 239, torij 232 pa v cepljivi uran 233. Plutonij 239 in uran 233 sta torej umetno pridobljeni gorivi v oplodnih reaktorjih in bosta v prihodnosti lahko dopolnili in kasneje tudi nadomestili v naravi prisotni uran 235 (Urana 235 je le 0,72% vsega urana na planetu, preostanek je skoraj v celoti uran 238). S 4. generacijo reaktorjev se na tem mestu ne bomo več ukvarjali. Omenimo le, da bodo takšni reaktorji v prihodnosti pomembno prispevali h krožnemu gospodarstvu z jadrskimi gorivi in s tem tudi k pomembnemu zmanjševanju že tako razmeroma zelo majhne količine radioaktivnih odpadkov.

Reaktorji druge in tretje generacije uporabljajo praktično povsem enako jadrsko gorivo. Razlike v zasnovi reaktorja, goriva in v obvladovanju verižne reakcije, pa tudi pri uporabljenih strukturnih materialih, so torej praktično zanemarljive. Ključne razlike najdemo predvsem pri zasnovi oziroma izvedbi nekaterih varnostnih sistemov. Tako v tretji generaciji najdemo ali več pasivnih hladilnih sistemov, ki za delovanje potrebujejo le gravitacijo, in/ali okrepljeno večkratnost ter geografsko neodvisnost aktivnih hladilnih sistemov. Za drugo generacijo je npr. značilna logika 1 od 2 ali 2 od 3, torej zadošča 1 od 2 ali 2 od 3 aktivnih sistemov, medtem ko v tretji generaciji praviloma zahtevamo delovanje vsaj 1 od 3, včasih tudi 1 od 4 vgrajenih varnostnih sistemov.

Morda najpomembnejši razvojni dodatek v reaktorjih tretje generacije so sistemi za obvladovanje staljene sredice reaktorja. V grobem sta prisotni dve strategiji: hlajenje staljene sredice v reaktorski posodi ali pa ujetje in hlajenje v posebnih zadrževalnikih, ki so nameščeni pod reaktorsko posodo [7].

Praktično zanemarljive spremembe v gorivu in uporabljenih strukturnih materialih ter nekoliko okrepljeni varnostni sistemi,

še posebej tisti za obvladovanje staljene sredice reaktorja, zagotavljajo tudi razmeroma dobro obvladovanje tveganj pri izdelavi komponent in pri pridobivanju vseh potrebnih dovoljenj reaktorjev tretje generacije. Uporabljajo torej predvsem tehnologije, ki so bile preverjene že v 2. generaciji reaktorjev.

3 Mali modularni reaktorji

Mali in modularni jadrski reaktorji (SMR, Small Modular Reactors) kot pogonski agregati plovil delujejo že vse od leta 1954, ko so v ZDA splovili prvo jadrsko podmornico Nautilus. Mimogrede, leta 1954 je pričela delovati tudi prva komercialna jadrská elektrarna, in sicer Calders Hall v Združenem Kraljestvu. Mali zato, ker so njihove moči značilno nekaj deset pa vse do morda 300 MWe, modularni pa zato, ker sta na nekaterih plovilih nameščena tudi po dva ali morda celo več reaktorjev.

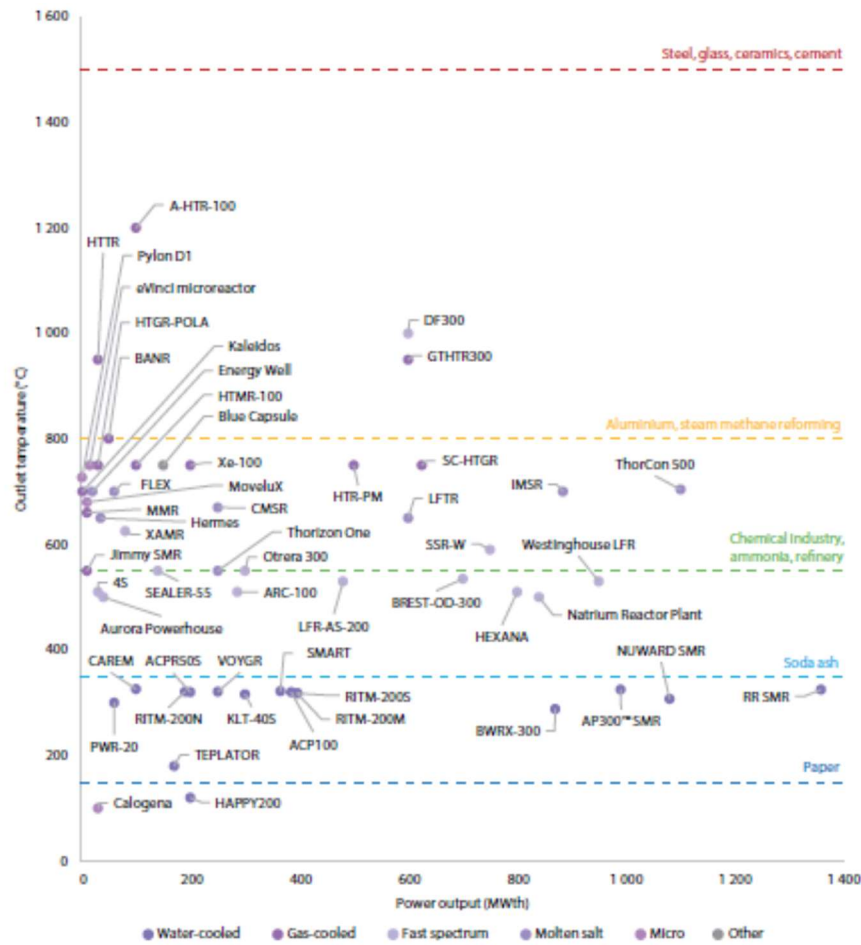
V vojaški mornariški rabi se je uveljavilo gorivo z več kot 90% urana 235. Države, ki takšna plovila gradijo, imajo namreč dostop do visoko obogatene urana, ki ga lahko uporabijo tudi za jadrsko orožje. V civilni rabi danes velja omejitev na največ 20% urana 235, gorivo za gigawatne reaktorje pa praviloma ne presega 5% urana 235. Pomembna in praktično edina prednost visoko obogatene urana v mornariških reaktorjih je izjemno dolgo delovanje, tudi 20 ali več let, brez menjave goriva.

Danes na planetu komercialno delujejo 4 SMR. Dva sta nameščena na plavajoči elektrarni Akademik Lomonosov, ki je zasidrana v ruskem zalivu Pevek na vzhodu Sibirije. Dva reaktorja s po 35MWe (150 MW toplote, KLT-40S, Slika 2), ki sta naslednika reaktorjev z ruskih civilnih ledolomilcev, že od leta 2020 oskrbujeta prebivalce z elektriko in toplo vodo. Druga dva delujeta v jadrski elektrarni Shidao Bay na Kitajskem. Dva visokotemperaturna, s plinom hlajena reaktorja HTR-PM (Slika 2) s toplotno močjo 250MW poganjata skupni turbogenerator z električno močjo 250 MW.

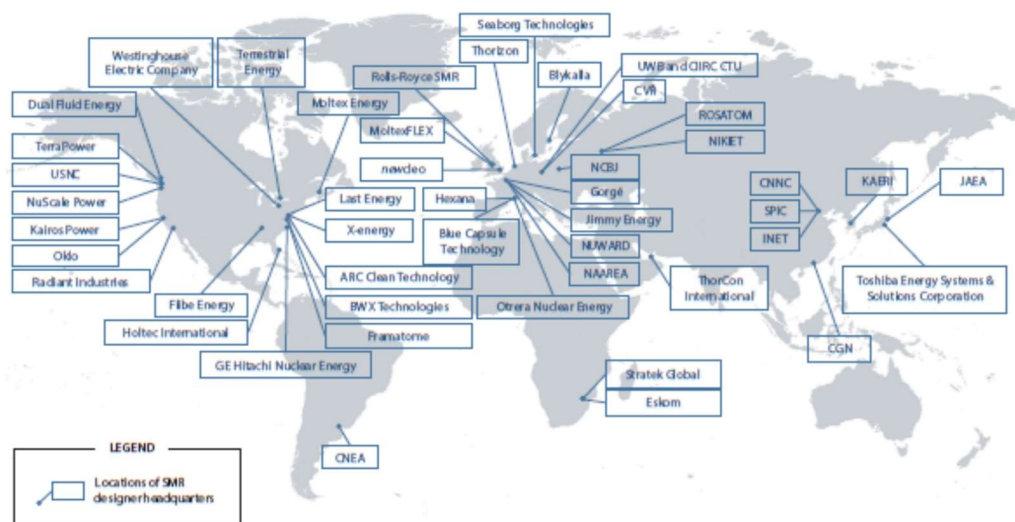
Poročilo agencije za jadrsko energijo pri OECD [8] je v začetku leta 2024 identificiralo 98 zasnov SMR. Izmed teh so jih 56 s podrobnejšim opisom vključili v poročilo. Slika 2 prikazuje porazdelitev zasnov reaktorjev po temperaturi, ki jo dosegajo, po toplotni moči in po zasnovi oz. tipu reaktorja [8].

Večina reaktorjev ima toplotno moč pod 1GW, kar v grobem ustreza tudi električnim močem do nekako 300MW. Vodno hlajeni reaktorji dosegajo do nekako 330°C, kar več kot zadošča za daljinsko ogrevanje, nizkotemperaturne industrijske procese in seveda proizvodnjo elektrike s pomočjo vodne pare. Najbolj vroči plinsko hlajeni reaktorji dosegajo 1.000°C, izjemoma tudi več. Vmes pa najdemo reaktorje, hlajene s tekočimi kovinami (svinec, natrij, staljene soli).

Praktično vse zasnove so že bile preverjene pred več desetletji v nekaj več kot 800 raziskovalnih reaktorjih, ki so na planetu obratovali od začetka jadrské dobe s Fermijevim reaktorjem Chicago pile 2 leta 1942. Žal pa pot do hitrejše komercializacije otežuje »izgubljeno znanje«, ena od najpomembnejših posledic razmeroma hitrega opuščanja jadrskih raziskav proti koncu 1960-ih in v začetku 1970-ih. Raziskovalne reaktorje so razgradili, ljudje, ki so jih zasnovali in jih tudi spravili v pogon, pa so že dalj časa v drugih poklicih, mnogi od njih pa tudi niso več med nami.



Slika 2: Porazdelitev SMR po moči in temperaturi [8]



Slika 3: Geografska porazdelitev sedežev podjetij, ki razvijajo SMR [8]

Najhitrejšo komercializacijo in seveda tudi pridobivanje vseh potrebnih dovoljenj zato pričakujemo pri lahkovodnih reaktorjih,

ki danes predstavljajo daleč največji delež delujočih komercialnih reaktorjev. Morda še najbližje delujočemu

demonstratorju do leta 2030 ali vsaj v prvih letih 2030-tega desetletja so tako VOYGR, AP300 in BWRX300 (ZDA), CAREM (Argentina), seriji RITM in KLT (Rusija) in morda tudi NUWARD (Francija).

Slika 3 prikazuje geografsko porazdelitev sedežev podjetij, ki razvijajo male oz. modularne reaktorje. Z velikim naskokom vodijo ZDA, sledita Evropska skupnost in Rusija. Ključni razlog za veliko število zagonskih podjetij v ZDA je v tem, da je vlada po zastoju v 1980-ih že konec 1990-ih let pričela razmeroma veliko investirati v raziskave in izobraževanje v jedrskem inženirstvu. Rusi in Kitajci razvojnega cikla nikoli niso prekinili. Kitajci zaradi pomanjkanja energije sicer več virov usmerjajo v gigavatne reaktorje. Evropa, z njo žal tudi Slovenija, močno zaostaja. To je v veliki meri posledica preusmeritve razvojnih sredstev iz jedrske energije v druge t.i. čiste oz. zelene energetske tehnologije.

4 Ključni izzivi jedrske energetike

Ključni izzivi jedrske energetike danes večinoma niso tehnični. Na trgu je namreč dobavljivih več vrst gigavatnih reaktorjev, ki temeljijo na preverjenih tehnologijah izdelave in obratovanja, so že pridobili vsa potrebna dovoljenja v več državah po svetu, in tudi dosejajo predvidene 90% in višje faktorje izrabe.

Med ključne izzive pa lahko štejemo razmeroma visoke investicije, še posebej stroške financiranja, razmeroma dolgo gradnjo in premajhno kapaciteto dobavnih verig za opremo, in morda še bolj pomembno, za nove jedrske talente. Skupni imenovalec vseh izzivov je dezinvestiranje v proizvodne ter seveda tudi raziskovalne in razvojne kapacitete v preteklosti. Tudi zato je jedrska energija, ne glede na svojo nesporno čistost ter energetska, prostorska in snovno izjemno učinkovitost, v javnosti marsikje izgubila kredibilnost oz. zaupanje. Če namreč niti tisti, ki z neko tehnologijo že zaslužijo, niso pripravljeni investirati v njeno prihodnost, se bo dvom v to tehnologijo razmeroma hitro razrasel tudi v njihovi okolici in seveda tudi v splošni javnosti.

Z jedrsko elektrarno namreč sobivamo stoletje ali morda celo več (desetletje za odločitev, desetletje za gradnjo, šest ali več desetletij z obratovanje in še desetletje ali dve za razgradnjo). Stoletje prinese s sabo ogromne spremembe tako v znanosti in tehnologiji, kot tudi v družbi. Te spremembe v veliki meri sooblikuje in napoveduje znanost. Tudi zato bi bilo naivno pričakovati, da lahko jedrska energetika na dolgi rok uspeva brez strateškega sodelovanja in aktivnega sobivanja z znanostjo [8].

Najpomembnejši izziv gradnje novega jedrskega bloka v Sloveniji utegne biti pravočasno zagotavljanje dovolj odlično izobraženih, usposobljenih in motiviranih jedrskih talentov. Pričakovano število je blizu 1.000 v vsem času gradnje, torej okvirno vsaj 100 vsako leto. Ne glede na to, da Slovenija osnovno izobraževalno in raziskovalno infrastrukturo za jedrsko inženirstvo in reaktorsko fiziko ima, bo za uspešno iskanje in razvoj talentov potrebno strateško sodelovanje vseh vpletenih

deležnikov, še posebej vlade, investitorja in raziskovalnih ter izobraževalnih institucij [8], [9].

5 Zaključki

Ključni izzivi jedrske energetike danes večinoma niso tehnični, mednje pa lahko štejemo razmeroma visoke investicije, še posebej stroške financiranja, razmeroma dolgo gradnjo in premajhno kapaciteto dobavnih verig za opremo, in morda še bolj pomembno, za nove jedrske talente. Skupni imenovalec ključnih izzivov je dezinvestiranje v proizvodne ter seveda tudi raziskovalne in razvojne kapacitete v preteklosti.

Z jedrsko elektrarno sobivamo stoletje ali morda celo več. Stoletje prinese s sabo ogromne spremembe tako v znanosti in tehnologiji, kot tudi v družbi. Te spremembe v veliki meri sooblikuje in napoveduje znanost. Zato bi bilo naivno pričakovati, da lahko jedrska energetika na dolgi rok uspeva brez strateškega sodelovanja in aktivnega sobivanja z znanostjo.

Najpomembnejši izziv gradnje novega jedrskega bloka v Sloveniji utegne biti pravočasno zagotavljanje dovolj odlično izobraženih, usposobljenih in motiviranih jedrskih talentov. Ne glede na to, da Slovenija osnovno izobraževalno in raziskovalno infrastrukturo za jedrsko inženirstvo in reaktorsko fiziko ima, bo za uspešno iskanje in razvoj talentov potrebno strateško sodelovanje vseh vpletenih deležnikov, še posebej vlade in investitorja in raziskovalnih ter izobraževalnih institucij.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujemo za finančno podporo ARIS 02-0026 in EC EURATOM, projekta ENEN+ in ENEN2Plus.

Literatura

- [1] »Share of electricity production from nuclear«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, 17.9.2024.
- [2] »Share of primary energy consumption from nuclear, 2023«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, 17.9.2024.
- [3] »Nuclear power generation«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, 17.9.2024.
- [4] »What are the safest and cleanest sources of energy«, Our World in Data, <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>, 20.9.2024.
- [5] IAEA Power Reactor Information System, <http://pris.iaea.org>, 17.9.2024.
- [6] Declaration of the EU Nuclear Alliance, meeting of March 4th, 2024, <https://presse.economie.gouv.fr/declaration-of-the-eu-nuclear-alliance-meeting-of-march-4th-2024/>, 19.7.2024.
- [7] M. Leskovar, V. Centrih, L. Cizelj, M. Draksler, T. Holler, I. Kljenak, J. Kokalj, R. Krpan, M. Kunšek, B. Mavko, J. Oder, A. Prošek, S. El Shawish, M. Tekavčič, I. Tiselj, A. Volkanovski, Kratak opis varnostnih karakteristik sedmih potencialnih reaktorjev za JEK 2, IJS-DP-12437, 2018.
- [8] OECD/NEA, NEA Small Modular Reactor (SMR) Dashboard, Izdaja 28.2.2024, https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_90816/the-nea-small-modular-reactor-dashboard-second-edition.
- [9] Cizelj, L., Pesznyák, C., Starflinger, J., Pavel, G.L., Wastin, F., Michailidou, E., 2024. Towards strategic agenda for European nuclear education, training, and knowledge management. Nucl Eng Des 420, 113001, <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2024.113001>.
- [10] Cizelj, L., Kljenak, I., Tiselj, I., 2023. Know-why? and know-how? in the development of nuclear talents: An analysis of recent nuclear engineering Ph. D. research. Nucl Eng Des 415, 112734, <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2023.112734>.

Natura 2000 in ohranjanje narave, spodbude ali ovire pri razvoju elektroenergetskega omrežja

Natura 2000 and nature conservation, incentives or obstacles in the development of the electricity network

Aleš Kregar
ELES, d.o.o.
Ljubljana, Slovenija
ales.kregar@eles.si

Povzetek

Natura 2000 in drugi pravni režimi ohranjanja narave v Republiki Sloveniji predstavljajo pomembno omejitev pri umeščanju elektroenergetskih vodov. Za te posege v varstvena območja se napoveduje, da imajo velike negativne ali celo uničujoče učinke. Pri tem se upošteva, da se narava ne spreminja, da so vse spremembe posledice posameznih projektov in da je potrebno zavarovati zavarovane živalske vrste znotraj posamezne države članice EU. Pregled nekaterih primerov kaže, da izhodišča na katerih temelji ohranjanje narave v območjih Natura 2000 in merila za ocenjevanje vplivov elektroenergetskih vodov na ta območja potrebujejo preveritev, spremembo razmišljanja in verjetno posodobitev zakonodaje. Podani so predlogi s katerimi bi pospešili umeščanje novih elektroenergetskih vodov in obnovo obstoječih, ki bodo potrebni zaradi elektrifikacije mnogih dejavnosti in vključevanja obnovljivih virov.

Ključne besede

Natura 2000, elektroenergetsko omrežje, ohranjanje narave, varstvo narave

Abstract

Natura 2000 and other legal nature conservation regimes in the Republic of Slovenia represent an important limitation in the placement of power lines. These encroachments on conservation areas are predicted to have major negative or even devastating effects. Here, it is considered that nature does not change, that all changes are the result of individual projects and that it is necessary to protect protected animal species within each EU member state. A review of some cases shows that the starting points on which nature conservation in Natura 2000 areas is based and the criteria for assessing the impacts of power lines on these areas need verification, a change of thinking and possibly an update of the legislation. Proposals are given to speed up the installation of new power lines and the renovation of existing ones, which will be necessary due to the electrification of many activities and the inclusion of renewable sources.

Keywords

Natura 2000, power grid, nature conservation, nature protection

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).
Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).
DOI <https://doi.org/10.70314/is.2024.env.16>

1 Uvod

Narava predstavlja najbolj zapleten sistem medsebojno odvisnih dejavnikov, ki človeštvu z zagotavljanjem zraka, vode, hrane in energije, omogoča preživetje. Ker njenega delovanja ne razumemo, jo mnogi želijo ohraniti nespremenjeno.

V Sloveniji prevladuje prepričanje, da živimo v raznoliki in ohranjeni naravi »na sončni strani Alp«. V medijih posledično zasledimo množico prispevkov, ki poudarjajo kakovost okolja v katerem živimo. Pozablja pa se, da je za preživetje prebivalcev Slovenije, nujno zagotoviti tudi vires za preživetje.

Visok življenjski standard in ustvarjanje dodane vrednosti zahteva kakovostno infrastrukturo. Oskrba z električno energijo je ena pomembnejših, saj omogoča delovanje tudi drugih infrastruktur. Za prenos električne energije od virov do porabnikov, je potrebno elektroenergetsko omrežje. V Sloveniji so mnogi deli tega omrežja starejši od pol stoletja [1] in jih bo nujno obnoviti oz. nadomestiti in zgraditi tudi nove. Evropski trg električne energije spodbuja tranzit med državami, kar tudi zahteva ojačitve in širitve omrežja [2]. Po drugi strani pa postopki umeščanja za nekatere elektroenergetske objekte trajajo več kot deset let [3, 4]. Elektroenergetskim vodom se pripisuje pomembne negativne vplive na naravo. Obseg ukrepov za izogibanje vplivom in omilitvenih ukrepov je vse večji, kar vse bolj obremenjuje investicije v elektroenergetsko omrežje in posredno ustvarjalce nove vrednosti.

2 Konzervatorski pristop

Danes se vse več virov namenja zbiranju informacij o naravi. Dopolnjujejo se sezname rastlinskih in živalskih vrst, ki bivajo na določenem območju. Kljub vse obsežnejšim bazam podatkov o naravi, pa ne moremo pojasniti delovanja celotne narave.

Zbrani podatki kažejo na spremembe v naravi, ki jih tudi ne moremo z zanesljivostjo pojasniti. Elektroenergetski vodi povzročajo določene spremembe v naravi. Ker pa so številne vzročne povezave v naravi še vedno neznanka, je uveljavljen konzervatorski pristop, ki ima za cilj, da se ohranja naravo nespremenjeno. To dokazuje že mednarodno uveljavljen izraz »nature conservation« (ohranjanje narave), ki je cilj vseh predpisov in priporočil v zvezi z naravo [5]. Vsi sistemi varstva narave tako danes temeljijo na ohranjanju narave, podobno kot je to razumljivo v arheologiji, in to četudi se narava spreminja

tudi brez posredovanja človeka. Naravi je treba priznati ter upoštevati sposobnost spreminjanja in sorazmerno hitrega prilagajanja človekovim posegom.

Prevlada konzervatorskega pristopa se odraža v naslednjem primeru: če v Sloveniji elektroenergetski vod seka enega od mnogih gozdnih območij, bo kljub napovedanemu razvoju novega redkega habitata poseg ocenjen negativno, saj se delitvi gozdnega habitata na dva dela pripisuje večja škoda, kot bi bila korist novega nadomestnega habitata.

3 Kriteriji vrednosti

Konzervatorski pristop se odraža tudi pri ocenjevanju vplivov elektroenergetskih vodov na naravo. Pri tem je izhodišče, da so različni habitati v trajnem ravnovesju in da se razmerja površin med njimi ne spreminjajo. Vsak poseg, ki vpliva na razmerje površin habitatov je tako ocenjen negativno, čeprav iz preteklosti vemo, da so se razmerja stalno spreminjala. Pri tem se predvideva, da so redkejši habitati znotraj posamezne države vrednejši.

Lestvice ocenjevanja vplivov na naravo imajo več stopenj za negativne vplive in le eno stopnjo za pozitivne vplive [6]. Ocena negativnih vplivov pa praviloma ni kvantificirana in temelji na opisu, ki ga izdela strokovnjak s »konzervatorsko izobrazbo«. Pretežna večina vplivov je ocenjenih bolj ali manj negativno. Posledično ni mogoče najti presoje vplivov elektroenergetskega voda na okolje, ki bi napovedal pozitivne učinke na naravo.

4 Ločitev vplivov elektroenergetskega voda in podnebnih sprememb

Pri presoji vplivov elektroenergetskega voda na naravo se uporabljajo najnovejši zbrani podatki s terena, ki upoštevajo tudi vplive podnebnih sprememb in vremena v posameznem letu na stanje habitata in na obseg populacije zavarovane živalske vrste. Na podlagi zbranih podatkov so določeni omilitveni ukrepi, ki ne odpravljajo le neposrednega negativnega učinka elektroenergetskega voda, ampak tudi posledice drugih dejavnikov. Takšen primer je zahteva po ohranitvi ptic kulturne krajine, ki so v resnici območja ekstenzivnega kmetijstva nastala pred nekaj stoletji, ki so se jim te ptice prilagodile. Ta habitat pa nadomeščajo območja intenzivnega kmetijstva, ki pa tem vrstam ne ustrezajo [7]. Tega ni mogoče omiliti z omilitvenimi ukrepi drugih projektov. Presoja ne ločuje neposrednih vplivov elektroenergetskega voda od posledic podnebnih sprememb. Z lokalnimi ukrepi je mogoče se izogniti ali omiliti lokalne vplive, ni pa mogoče lokalno odpraviti vplive podnebnih sprememb, ki jih je treba obravnavati globalno.

5 Neponovljivost elektroenergetskega voda in neponovljivost habitatov

Pri presoji vplivov elektroenergetskega voda na naravo je izhodišče, da ima vsak vod drugačne vplive na habitate [8] in da ni podobnih habitatov. Kljub obstoju mednarodne klasifikacije habitatnih tipov [9], po katerih so razdeljene vse površine v Sloveniji, se presoja vsakega voda izvaja posebej brez uporabe dokazanih vplivov podobnega voda na podobne habitate. Do sedaj tudi niso bile uporabljene primerjave s podobnimi vodi v

podobnih habitatih v tujini. Pri določanju vpliva novega elektroenergetskega voda in omilitvenih ukrepov se tudi nikoli ne uporabljajo rezultatov monitoringov izvedenih podobnih vodov, temveč se za vsak vod izvaja nova celovita presoja in nova presoja vplivov v celoti.

6 Hitra prilagodljivost narave

V naravi je mogoče opaziti množico sprememb, kjer se živalstvo pa tudi vegetacija spremenijo v nekaj desetletjih, kar bi lahko trdili, da so to hitre spremembe, ki se zaključijo v obliki novega naravnega ravnovesja.

Takšni značilni primeri so opuščene gramoznice (Slika 1), ki se v nekaj desetletjih razvijejo v vredne habitate, ki se nato tudi naravovarstveno zaščitijo. Kljub očitnemu hitremu razvoju habitata pa ni mogoče zasuti staro gramoznico in odpreti novo z napovedjo, da bo v nekaj desetletjih po opustitvi le-te nastal podoben vreden habitat.



Slika 2: Gramoznica Dobrovnik pri Lendavi, ekološko pomembno območje in naravna vrednota (ID. 7422)

O nečem podobnem smo bili priča tudi v prvi fazi širitve COVID-19, ko je omejitev gibanja prebivalstva zunaj stanovanj privabila mnoge divje živali v naselja. Tudi sicer se živali učijo in iščejo hrano po deponijah odpadkov in smetnjakih, kar vse dokazuje njihovo prilagodljivost človekovemu okolju.

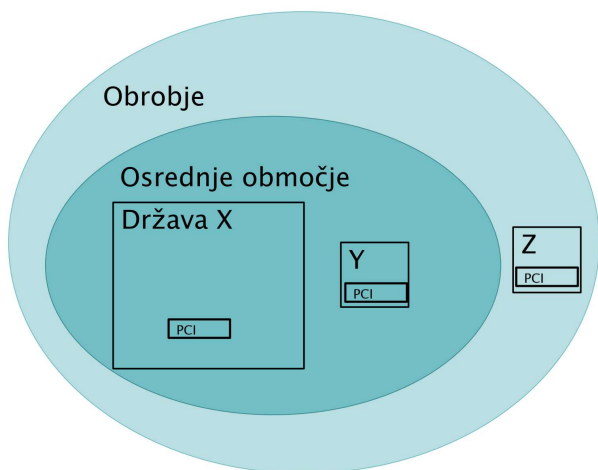
7 Natura 2000

Natura 2000, kot najboljše najvišji sistem varstva narave v državah članicah EU [9, 10] temelji na več zanimivih izhodiščih.

Kljub temu, da EU določa množico ureditev, ki veljajo enotno za celotno območje EU, pa so območja Natura 2000 določena za vsako državo članico posebej. Tako se naravovarstvena vrednost določa glede na redkost tega habitata ali zavarovane živalske vrste znotraj države članice. Tako je v eni državi ob mejni reki zaradi ptic zavarovano območje, v sosednji državi na drugi strani iste reke pa te ptice niso zavarovane.

Druga posebnost je določitev vpliva elektroenergetskega voda na posamezno zavarovano živalsko vrsto v obliki odstotka od populacije v posamezni državi članici EU. Slika 2 prikazuje lokacije treh podobnih elektroenergetskih vodov (vsak

elektroenergetskega vod z oznako PCI ima površino 1 km²) glede na območje zavarovane živalske vrste. Hipotetični primer: površina države X = 100 km², Y = 10 km², Z = 10 km²; pri tem sta državi X in Y na osrednjem območju visoke gostote zavarovane populacije (1000/km²) in država Z na obrobju populacije z nizko gostoto (100/km²).



Slika 2: Lokacije treh podobnih vodov glede na območje zavarovane živalske vrste

Tabela 1 prikazuje delež prizadetih osebkov v odstotkih glede na populacijo v posamezni državi. Enak elektroenergetski vod v osrednjem območju populacije prizadene enako število osebkov, a je v državi X prizadet le 1 % populacije, ker je država 10x večja od države Y. Posledično bo vpliv v državi X ocenjen kot zanemarljiv, medtem ko bo vpliv v državi Y kljub enakemu številu prizadetih osebkov ocenjen kot velik. V državi Z bo prizadetih 10x manjše število osebkov kot v državah X ali Y in bo vpliv ocenjen kot velik, ker bo prizadeto 10 % populacije v tej državi. Država Z bo tudi težje zagotavljala ugodne življenjske pogoje, ker so ti pogoji že sedaj očitno manj ugodni, ker je gostota populacije mnogo manjša. Ni izključeno, da bodo drugi negativni vplivi na populacijo v državi Z pripisani elektroenergetskega vodu, pri katerem bo zato treba izvesti obsežne omilitvene ukrepe, čeprav je v tej državi prizadeto najmanjše število osebkov zavarovane vrste.

Tabela 1: delež prizadetih osebkov v odstotkih

Država	Površina (km ²)	Gostota populacije (št./km ²)	Prizadeta populacija (št.)	Prizadet % v državi
X	100	1000	1000	1
Y	10	1000	1000	10
Z	10	100	100	10

Poseben primer ocenjevanja vpliva predstavlja ocenjevanje vpliva elektroenergetskega voda na ptice selivke v obliki izgube procentov populacije, ker se uporabljajo podatki o populaciji na območju načrtovanega elektroenergetskega voda, pri čemer se

zanemari vpliv pogojev preživetja na drugih kontinentih ali na njihovi vsakoletni selitveni poti.

8 Koristi in škode pri elektroenergetskem vodu

Metoda za določanje vplivov elektroenergetskih vodov na naravo je popolnoma enaka kot metoda za določanje vplivov za katerikoli proizvodni ali drugačen projekt. Vendar pa bi morali elektroenergetske vode obravnavati celostno in drugače od projektov, ki niso infrastrukturni. Pri odločanju o stroških omilitvenih ukrepov za vod bi morali preveriti ali so ti stroški upravičeni. Upoštevati moramo, da bodo stroški omilitvenih ukrepov bremenili gospodarstvo, ki bo moralo ustvariti dodatno dodano vrednost. Dodatna vrednost pa je na koncu uporabljena za pokritje stroškov omilitvenih ukrepov elektroenergetskega voda. Pri tem se vedno zanemari, da vsaka gospodarska dejavnost povzroča negativne vplive na okolje. Zato je pomembno, koliko gospodarstvo povprečno obremenjuje okolje. Drugače povedano, »umazana industrija« bo ustvarila bistveno večjo škodo v naravi za ustvarjanje dodatne dodane vrednosti, kot pa bo korist za naravo zaradi izvedbe omilitvenih ukrepov za elektroenergetski vod.

9 Strateška presoja

V Sloveniji že desetletja izvajamo celovite presoje vplivov planov na okolje. Pri tem se ne izvaja strateška okoljska presoja plana ampak celovita presoja vplivov projektov, ki so vključeni v plan, na okolje. Zato se običajno zahteva množica podrobnosti, ki bi jih morali preverjati pri presoji vplivov posameznega projekta na okolje (»Environmental Impact Assessment«, skrajšano EIA [11]). Šele zadnji predlog spremembe Zakona o varstvu okolja uvaja neposredni prevod mednarodno uveljavljenega pojma »Strategic Environmental Assessment« (skrajšano SEA [12]). Sprememba poimenovanja postopka v »strateško okoljsko presojo« pa ne bo pospešila umeščanja elektroenergetskih vodov, če se bo izvajala kot do sedaj celovite presoje.

Naša posebnost je tudi, da izvajamo celovito presojo vplivov elektroenergetskega voda na okolje, tudi če je pri projektu obravnavanih več variant poteka. V številnih evropskih državah variante obravnavajo pri presoji vplivov voda na okolje (po EIA postopku).

Značilen primer neustrezne strateške presoje pri nas je presoja celotnega razvoja vodotokov. Ker ni izvedena strateška okoljska presoja vseh vodotokov v Sloveniji, ki bi razvrstila vse vodotoke od naravovarstveno najvrednejših do najmanj naravovarstveno vrednih, tudi ni mogoče izvesti kakršnegakoli razvojnega projekta. Z razvrstitvijo po naravovarstveni vrednosti bi lahko zaščitili najvrednejše vodotoke in ostale namenili oskrbi s pitno vodo, namakanju, proizvodnji električne energije, turizmu, itd. Sedaj so zavarovana porečja Soče in Mure. Drava je izkoriščena le energetske, brez vizije za namakanje ali druge razvojne potrebe. Sava bo naravovarstveno preučevana le na odsekih, kjer so predlagane nove hidroelektrarne in tako dolgo, da bo tam najdenih dovolj zavarovanih živalskih vrst in vrednih habitatov, da je ne bo mogoče uporabiti za katerikoli razvojno funkcijo, razen, če bo uspešno izveden postopek prevlade druge javne koristi nad koristjo narave. Primer neuspešno izvedenega

postopka prevlade lahko opazujemo pri hidroelektrani Mokrice in pripadajočih protipoplavnih in drugih razvojnih ureditvah.

Enako neustrezen pristop je bil v preteklosti izveden pri presojah vplivov polj vetrnih elektrarn na ptice. Vedno se je namreč preučevalo zgolj izbrano lokacijo in jo tudi po podrobnem preučevanju označilo kot naravovarstveno neprimerno, namesto, da bi se izvedla strateška okoljska presoja za polja vetrnih elektrarn na območju celotne Slovenije. Da v Sloveniji ob enakih predpisih EU do sedaj nimamo niti enega delujočega polja vetrnih elektrarn, je dokaz, da ne izvajamo pravilno strateških okoljskih presoj oziroma celovitih okoljskih presoj in presoj vplivov projektov na okolje.

10 Predlogi

Najtežja bo sprememba gledanja na ohranjanje narave od konzervatorskega pristopa nespremenljive narave k naravi kot dinamičnem sistemu v katerem naj človek povzroča čim manjše vplive. Spremembe gledanja na naravo pa ne bo mogoče doseči, če do teh spoznanj ne bo prišel izobraževalni kader, nato pa še z vzgojo nove generacije strokovnjakov za to področje. Največji izziv bo razvoj metod za napovedovanje vplivov človeka na naravo, kot najbolj zapletenega sistema soodvisnih spremenljivk.

Spremembo ocenjevanja vplivov elektroenergetskih vodov na naravo bodo lahko izvedli le kadri, ki bodo sposobni videti tako pozitivne kot negativne učinke človekovih posegov v naravo. To pa bo mogoče šele takrat, ko bodo vplivi kvantificirani na podlagi metod za napovedovanje vplivov, potrjenih z monitoringi pri delujočih podobnih elektroenergetskih vodih v podobnih habitatih. Čim prej je treba v presojo vplivov vključiti monitoringe ravnotežnega stanja narave vodov izvedenih pred več desetletji in na njih utemeljiti predvidene učinke omilitvenih ukrepov. Pri tem pa je še posebej treba upoštevati hitro prilagodljivost živali pri napovedovanju vplivov elektroenergetskih vodov na naravo.

Nujen bo tudi razvoj metod napovedovanja vplivov človeka na naravo do te mere, da bo mogoče napovedati ločeno vplive posameznega elektroenergetskega voda in vplive zaradi podnebnih in drugih sprememb.

Metode za kvantificirane napovedi vplivov elektroenergetskih vodov na naravo bo mnogo lažje razviti, če se bo odstopilo od pristopa obravnave vplivov vsakega elektroenergetskega voda posebej in se bo vzpostavila »banka« podatkov napovedanih vplivov in monitoringov dejanskih vplivov podobnih vodov v podobnih habitatih na nivoju EU ali celo globalno.

Spremeniti bo treba tudi sistem vzpostavitve Natura 2000 območij v EU tako, da se pomembnost območij posameznih habitatnih tipov in populacij zavarovanih vrst določi glede na njihovo redkost na nivoju celotne EU neglede na državne meje. Temu ustrezno bo treba vplive elektroenergetskih vodov na naravo ocenjevati glede na celotno EU.

Pri ugotavljanju koristi vloženi sredstev za omilitvene ukrepe infrastrukturnih projektov bi bilo treba preveriti povprečno škodo na naravi zaradi delovanja gospodarstva na območju, ki je obremenjeno s stroški te infrastrukture.

V Sloveniji pri enakih direktivah EU ne uspemo umestiti elektroenergetskih vodov in mnogih drugih razvojnih projektov. Zato je treba nujno spremeniti način izvajanja strateških okoljskih presoj planov in opustiti sestavljanje planov iz

projektov in nato vsakega posebej obravnavati s predhodnimi zahtevami po podrobnih podatkih kot se izvede presoja vplivov projektov na okolje (po EIA postopku).

Pri umeščanju in izvajanju okoljskih presoj elektroenergetskih prenosnih vodov in druge infrastrukture državnega pomena je nujno spremeniti tudi način usklajevanja interesov v prostoru. Nov predpis Združenih držav Amerike [13] dokazuje, da je nujno pospešiti postopke umeščanja tovrstne infrastrukture v prostor in določa, kako to izvesti. Zakon o urejanju prostora omogoča učinkovitejše umeščanje z vzpostavitvijo projektnih skupin, ki bi dejavno usklajevale interese v prostoru in sprejemale odločitve. Ker projektne skupine niso prevzele odločevalske vloge oz. so to vlogo ohranili formalni nosilci urejanja prostora, zakonska ureditev ni zaživela v praksi. Namesto ukinjanja projektnih skupin bi jih bilo ustrezneje nadomestiti s po eno projektno skupino za vsako vrsto infrastrukture, torej za elektroenergetske vode ena projektna skupina. Ta bi morala vključevati kompetentne člane, ki so sposobni sprejemati odločitve, ki bi nadomestile izdajo mnenj nosilcev urejanja prostora.

11 Zaključek

Postavitev množice obnovljivih virov v zadnjih letih, še posebej v drugih državah članicah EU, ob enaki evropski zakonodaji, dokazuje, da je v Sloveniji nujno spremeniti način izvajanja strateških okoljskih presoj planov in presoje vplivov projektov na okolje. Spremembe so nujne pri uresničevanju elektroenergetskih projektov, kot tudi pri vseh ostalih vrstah infrastrukture.

Upravljalci infrastruktur podpiramo izogibanje ali vsaj omilitev vplivov načrtovanih projektov na naravo, če presoje temeljijo na preverljivih, količinsko določenih podatkih in so izvedene v razumnem času. Takšen pristop pomeni hiter razvoj projekta in njegovo uresničitev vključno z izvedbo omilitvenih ukrepov, kar pomeni tudi prispevek k vzpostavljanju kakovostnih habitatov.

V Sloveniji moramo kljub visokemu zavedanju o kakovosti narave doseči nacionalni konsenz, da je nujno hitro sprejeti odločitve in izvesti mnoge razvojni projekte, če želimo zagotoviti vire za preživetje in ohraniti kakovost življenja prebivalstva.

Literatura

- [1] ELES. 2023. Razvojni načrt prenosnega sistema Republike Slovenije za obdobje 2023-2032, Ljubljana, (april, 2023), 55. DOI: https://www.eles.si/Portals/0/Documents/ELES_razvojni_naert_2023-2032.pdf.
- [2] ENTSO-E. 2022. System Needs Study, Opportunities for a more efficient European power system in 2030 and 2040 – version for public consultation, (julij 2022), 29. DOI: <https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/TYNDP2022/public/system-needs-report.pdf>
- [3] Mario Draghi. 2024. The future of European competitiveness Part A | A competitiveness strategy for Europe, (september 2024), 41. DOI: https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness%20-%20A%20competitiveness%20strategy%20for%20EU%20ope.pdf.
- [4] Gene Wolf. 2024. Is It Innovation or Common Sense or Both?, T&D World, (september 2024), 12-13. DOI: https://issuu.com/docs/edd1f6b1151099893d523f9cc4ef4d281?fr=xKAE9_zUINQ&oly_enc_id=3489101123411H.
- [5] IUCN. 2024. Biodiversity, About biodiversity, (september 2024). DOI: <https://iucn.org/our-work/biodiversity>.

- [6] Rudi Vončina, et al. 2017. Okoljsko poročilo za DPN za prehod 220kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča, (julij 2017), 27.
- [7] [NB01] Velikost populacij izbranih vrst ptic, Komentar. (september 2024). DOI: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/velikost-populacij-izbranih-vrst-ptic-0>.
- [8] Environmental Impact Assessment of Projects Guidance on Screening. (Directive 2011/92/EU as amended by 2014/52/EU), (2017), 30. DOI: <https://kliimaministerium.ee/sites/default/files/documents/2021-07/KMH%20eelhinnangu%20andmine.pdf>.
- [9] Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (EGT L 206, 22.7.1992, s. 7). (september 2024). DOI: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:SL:PDF>.
- [10] Direktiva Sveta z dne 2. aprila 1979 o ohranjanju prosto živečih ptic, (79/409/EGS). (september 2024) DOI: [lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31979L0409:SL:HTML](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31979L0409:SL:HTML).
- [11] Direktiva 2011/92/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. decembra 2011 o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje (september 2024). DOI: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0092>.
- [12] Direktiva 2001/42/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje, (september 2024). DOI: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0042>.
- [13] United States of America, Department of Energy, Federal Energy Regulatory Commission. Building for the Future Through Electric Regional Transmission Planning and Cost Allocation., Federal Registry, (maj 2024). DOI: <https://www.federalregister.gov/documents/2024/06/11/2024-10872/building-for-the-future-through-electric-regional-transmission-planning-and-cost-allocation>.

Sprejemljive in „nesprejemljive“ metode žlahtnjenja rastlin kot del boja za racionalno odločanje v okoljevarstvu

Borut Bohanec, zaslužni profesor
Oddelek za agronomijo,
Biotehniška fakulteta,
Univerza v Ljubljani.
Jamnikarjeva 101,
1000 Ljubljana, Slovenija
borut.bohanec@bf.uni-lj.si

Izvleček

Žlahtnjenje rastlin se je na znanstvenih osnovah razvijalo od pričetka 20. stoletja in močno vplivalo na prehrano vse večjega števila ljudi. Kratko opisujemo obstoječe metode in njihovo prepoznavnost med prebivalstvom. Žal se najsodobnejši del teh metod – genski inženiring torej metode genskih transformacij in v zadnjem času tudi genskih preurejanj vse prevečkrat na naši celini ocenjujejo z negativnega vidika. Težko je razumeti tako odklonilen odnos, če vemo kaj vse drugim delom sveta prinaša njihov sprejem.

Abstract

Plant breeding has been developed on a scientific basis since the early 20th century and has a major impact on the diets of a growing number of people. We briefly describe the existing methods and their visibility among the population. Unfortunately, the most modern part of the methods - genetic engineering, i.e. methods of genetic transformation and, more recently, genetic editing - are all too often viewed negatively on our continent. It is difficult to understand such a dismissive attitude, knowing all that their adoption brings to other parts of the world.

Ključne besede:

Križanja, Genske transformacije, In vitro embriji oz. protoplasti, Izzvane mutacije, Gensko preurejanje

Metode žlahtnjenja

Med starejše metode žlahtnjenja sodi uporaba znotraj vrstnega in medvrstnega križanja. Križanje omogoči premeščanje genov med sortami ali vrstami rastlin in s tem kopičenje za pridelavo ugodnih lastnosti med potomci. Medvrstna križanja so zahtevnejša in lahko rezultirajo z novo vrsto (tritikalna) ali z novimi lastnostmi izhodiščne vrste (paradižnik, itd.). Pogost vir genov so “divji sorodniki”, če so dostopni. Denimo že več let je znana huda odvisnost ozkega nabora genov pri bananah, ki jih zato težko branimo pred boleznimi. V Sloveniji je tak primer hmelj, katerega genska baza je ozka, uspešno pa je bil rešen krompir, odpornost na virus je prišla iz sorodne vrste. Dve biotehnoški metodi pripomoreta k uspehu

križanj in sicer in vitro reševanje nezrelh embrijev in fuzije protoplastov. Številne sorte so poliploidne. Nekatere so take že po naravni poti, druge pa smo ustvarili ljudje. Poliploidi (pšenica, krompir, hmelj, jagode itd.) so običajno robustnejši lahko pa tudi brezsemenski (banane, lubenice).

Novejša uveljavljena metoda je formiranje F1 hibridnega semena. Gre za izkoriščanje heteroze (hibridne bujnosti), ki se pojavi pri nekaterih križancih čistih linij v njihovi prvi filialni generaciji. V naše kraje se je zlasti pri koruzi razširila po drugi svetovni vojni. Del prebivalstva se je novosti bal, danes pa je hibridnost številnih vrst pogoj za donosno pridelavo. V pomoč pri žlahtnjenju hibridnih sort je več biotehnoških postopkov. S haploidi skrajšamo tvorbo čistih linij za mnogo let, z genskimi markerji pa si pomagamo pri odbiri. Eno od takih metod smo pri zelju razvili tudi pri nas (Rudolf Piliš in sod. 2019).

Mutageneza je tehnika 60ih let in je rešila mnoge težave z nedostopnostjo drugih virov genske raznolikosti. Njen ekvivalent je najsodobnejša oblika biotehnoškega žlahtnjenja – gensko preurejanje, ločita pa se po nekaj pomembnih značilnostih. Izzvana mutageneza se izvede z naključnim “obstreljevanjem” delov rastlin ali semen z ionizirajočim žarčenjem ali mutagenimi kemikalijami. Geni, ki mutirajo, so naključno mutirani in zvečine recesivni. Le velikemu obsegu dela lahko pripišemo vsaj delen uspeh, denimo odstranitev določene nezaželene lastnosti recimo erucične kisline v oljni ogrščici. Sodobna metoda genskega preurejanja pa cilja točno določen gen, lahko tudi istočasno v večih različicah (alelnih oblikah), ne pa tudi preostalih genov. Mutageneza se smatra kot neproblematična metoda, o primernosti genomskega preurejanja in njegovi regulativi, pa se v EU sučejo pogajanja že 15 let. V tem času so bili drugod nekateri rezultati že sproščeni (denimo GABA paradižnik na Japonskem), nekateri pa so najavljeni v kratkem (denimo brezglutenska pšenica). Evropski parlament prejšnje sestave je gensko preurejanje sprejel, naloga sedanjega pa je izvedba zakonodaje.

Spornost genskih transformacij

Gibanja aktivistov že tretje desetletje ovirajo aplikacijo sodobnih genskih tehnologij. V predavanju bodo zajeti uspešni primeri uporabe genskih transformacij ter avtorjeve osebne izkušnje pri sproščanju. Poudarjeno bo

tudi, da kljub pomanjkanju argumentov številne aktivistične organizacije sprožajo kampanje tudi proti najbolj nujno potrebnim sortam, denimo pravkar ponovno na Filipinih proti zlatemu rižu (viru vitamina A) in to ne glede na strahotne posledice, ki se merijo v sto tisočih oslepelih otrocih v azijskih državah.

Vir

Rudolf Pilih K. et al (2019) Proposal of a new hybrid breeding method based on genotyping, inter-pollination, phenotyping and paternity testing of selected elite F1 hybrids. *Frontiers in Plant Science*. 2019, art. 1111, vol. 10

Ni fosilnih goriv – ni hrane

No fossil fuels - no food

Andrej Senegačnik[†]

Laboratorij za termoenergetiko
Fakulteta za strojništvo
Univerza v Ljubljani
Slovenija
andrej.senegacnik@fs.uni-lj.si

POVZETEK

V prispevku je obravnavana poraba energije v sektorju kmetijstva in gozdarstva. Trenutna sektorska poraba končne energije je na nivoju 70.000 ton dieselskega goriva letno. Glede na evropski "Green Deal", ki predvideva razogličenje in opustitev fosilnih goriv do leta 2050, so raziskane možnosti nadomestitve z obnovljivimi viri. Modelska predpostavka je, da se samooskrba s hrano poveča iz sedanjih 40 % na 80 %, hektarski donos pa se zmanjša zaradi zmanjšanja uporabe fitofarmaceutskih sredstev. Obravnavanih je več alternativ nadomestitve, s fizičnim delom ljudi in konj, biodieslom, električno energijo in sintetičnimi gorivi. Možnosti za dejansko izvedbo katerekoli alternative so realno zelo majhne. Ker je hrana nujno potrebna za naš obstoj bomo do odkritja kakih novih tehnologij ostali na uporabi fosilnih goriv.

KEYWORDS / KLJUČNE BESEDE

razogličenje, fosilna goriva, pridelovanje hrane,

ABSTRACT

The paper deals with energy consumption in the agricultural and forestry sector. The current sectoral consumption of final energy is 70,000 tons of diesel fuel per year. In line with the European "Green Deal", which envisages the abandonment of fossil fuels by 2050, the possibilities of replacing them with renewable energy sources are examined. The model assumes that the degree of self-sufficiency in food production will increase from the current 40% to 80% and that the yield per hectare will decrease due to the reduced use of pesticides. Several alternatives are being discussed, including manual labor by humans and horses, biodiesel, electricity and synthetic fuels. Realistically, the chances of actually implementing all alternatives are very slim. Since food is absolutely necessary for our existence, we will have to rely on the use of fossil fuels until new technologies are discovered.

KEYWORDS

decarbonization, fossil fuels, food production

1 UVOD

Zadnje čase se globalno ukvarjamo kako zmanjšati kakršnekoli ogljične odtise v obliki antropogenih izpustov toplogrednih plinov (GHG ang. Greenhouse Gases). V preteklosti je bilo že veliko konferenc in strateških posvetovanj

na to temo, večina držav ima tudi že strateške načrte kako to izvesti, npr. Slovenija v Nacionalnem energetsko podnebnem načrtu (NEPN) [1]. Realni rezultati 20 letnega razogličanja so ravno nasprotni. Emisije toplogrednih plinov se globalno povečujejo. V nekaterih državah, ki brezglavo politično forsirajo spremenljive obnovljive vire (VRE ang. Variable Renewable Energy), kot so npr. fotonapetostne in vetrne elektrarne za proizvodnjo električne energije, se je cena le te v zadnjih dveh letih izjemno zvišala, posledično se je pa konkurenčnost teh gospodarstev zmanjšala. Eklatanten primer je Nemčija in njene gospodarske težave zaradi nekonkurenčnosti. Realno gledano, je pa vključevanje VRE virov v neko stabilno elektroenergetsko oskrbo popolno tehnološko parazitiranje, saj VRE viri sami ne morejo obratovati in potrebujejo stabilnega gostitelja (klasične termoelektrarne na premog, plinske, jedrske, hidro). VRE viri torej lahko obratujejo izključno na račun drugega.

Zmanjševanje GHG ob sočasni gospodarski rasti, ki istočasno pomeni tudi povečevanje porabe energije je v nasprotju z drugim glavnim zakonom termodinamike (II. GZT). Trenutno žal ne znamo (in tudi nikoli ne bomo), kako zaobiti II. GZT. Politične direktive in zeleni aktivizem pa na fizikalne zakone ne deluje – še sreča! Navidezno si politika pomaga z zelo ozko izbranimi mejami sistema. Danska npr. vse energijsko intenzivne polizdelke uvaža iz Azije, lesne pelete za ogrevanje Köbenhavna pa iz Braziliije in Kanade, itd., itd.,... Npr. na Danskem je poraba jekla na prebivalca večja kot v Sloveniji, toda ker nimajo nobene jeklarne in druge energijsko intenzivne industrije... je njihova energijska učinkovitost merjena kot razmerje med porabo energije in dodano vrednostjo bistveno manjša kot v Sloveniji in celo najnižja v Evropi?? Tako navidezno zmanjševanje GHG na račun nekoga drugega je zelo prikladen politični pamflet, ko prepričuješ ljudske množice o uspešnosti izvedenih "zelenih" ukrepov in kako s tem rešuješ svet. Zelo podobno je tudi z električnimi avtomobili. Njihova emisija GHG je 0 gramov CO₂ na prevoženi kilometer? Emisija električne energija za polnjenje baterije pa najbrž ne?

Ambiciozni evropski podnebni načrt "Green Deal" [2] je opustitev fosilnih goriv in prehod na obnovljive vire energije (OVE) do 2050. Glavna ideja razogličanja je, da se bo vsa fosilna in jedrska energija nadomestila z VRE električno energijo, tam kjer pa prehod na električno energijo ni možen ali smiseln, bo izvedena zamenjava z vodikom in sintetičnimi gorivi, ki se bodo pridobivali iz VRE električne energije. Ideja je navidezno dobra in izvedljiva, dokler govorimo o lekarniškem in laboratorijskem nivoju izvedbe prehoda in zelo ozko postavljeno bilančno mejo sistema. Ko pa se bilančne meje razširijo in

preidemo na nivo držav ali globalni nivo, pa ugotovimo, da II. GZT še vedno velja. Realno se pojavi zelo veliko nepremostljivih fizikalnih preprek. Trenutni zeleni prehod lahko označimo kot obupne poizkuse, da bi iz starih tehnologij dobili povsem nove rezultate (Einstein), po možnosti seveda takšne, ki so v nasprotju z II: GZT? Naj omenimo, da je bila vodikova gorivna celica odkrita že leta 1838, pa se do danes še ni uveljavila? Kje je vzrok?

Prispevek obravnava možnosti pridelave hrane v Sloveniji na tradicionalni in povsem OVE način s človeško in živalsko delovno silo. Težko si namreč zamislimo, da bi polja obdelovali z električnimi obdelovalnimi stroji, zaradi pogostih prekinitev dela zaradi več urnega polnjenja baterij. Delovna obremenitev kmetijskih strojev je namreč trajno bistveno večja (večino časa vsaj na 80 % nazivne moči), kot pa električnih osebnih vozil. Tudi potrebne moči so bistveno večje npr. sekalnik lesnih sekancev, manjši kombajn; potrebuje moč ~500 kW. Ker bi uporaba električnih kmetijskih strojev kmetovalcem najbrž bistveno otežila obdelovanje polj, je zato najbrž bolj smiselna uporaba sintetičnih goriv. Pri tem pa je vložek energije za njihovo pridobivanje kar 3 do 4 krat večji kot njihova kurilnost. Zato v prispevku hipotetično obravnavamo kakšne so možnosti pridelave hrane na tradicionalen povsem OVE način, brez sodobnih tehnologij.

2 METODOLOGIJA

Iz podatkov o porabi dieselskega goriva v kmetijstvu, ki so zajeti iz Statističnega urada Slovenije (SURS) [3] je izračunana nadomestna količina mehanskega dela. To mehansko opravljeno delo se nato porazdeli na obnovljiva vira, človeško delo in delo živali. Pri tem je dodatno upoštevano povečanje samooskrbe s hrano iz današnjih ~40 % na ~80 % in zmanjšana uporaba fitofarmaceutskih sredstev in zato bolj ekološka pridelava poljščin, zaradi česar se pridelek glede na današnji nivo dodatno zmanjša za 25 %.

3 PORABA ENERGIJE V KMETIJSTVU V SLOVENIJI

Po podatkih SURS je letna povprečna poraba končne energije v kmetijstvu ~75.000 t dieselskega goriva, s katerim se obdeluje 1750 km² njiv, skupne kmetijske površine v uporabi so 4750 km² [3] Njivskih površin na prebivalca imamo najmanj v EU, samo 875 m², kar bi moral biti izredno močen alarm za politiko, ker še vedno dovoljuje gradnjo, večinoma ne življenjsko pomembnih objektov (nakupovalnih središč, nasedlih tovarn – npr. štajerska Magna) na prvovrstnih kmetijskih zemljiščih! Ob zelo grobi predpostavki, da se pridelki iz kmetijstva podvojijo do leta 2050 ob 25 % manjšem izplenu, bi se poraba goriv povečala na ~200.000 t dieselskega goriva. Ob tem bi se morale bistveno povečati tudi obdelovalne površine. Gozdnatost Slovenije je bila v 19. stoletju samo ~30 %, samooskrba s hrano je bila ~80 % za ~1 milijon prebivalcev. Če torej primerjamo takratno in sedanjo učinkovitost kmetijstva, je razvidno, da je sedanja pridelava bistveno bolj učinkovita (na manjši obdelovalni površini 40 % hrane za 2 milijona = 80 % za 1 milijon), ob tem, da je v prehrani

bistveno več mesa, ki porablja za pridelavo bistveno več energije (npr. najprej pridelavo koruze za živalsko krmo). Učinkovitost se je povečala predvsem zaradi umetnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev.

Ob predpostavki, da je izkoristek pretvorbe dieselskega goriva v mehansko delo 25 %, iz 200.000 t dobimo 600.000 MWh mehanskega dela (iz 1 kg goriva ~3 kWh mehanskega dela). Če to preračunamo v delovne dni, kjer se upošteva, da človek lahko dnevno odda do 0,6 kWh [4] dobimo kar eno milijardo (10⁹) delovnih dni. Nadalje lahko predpostavimo, da se je v preteklosti s pridelavo hrane ukvarjalo več kot 90 % prebivalstva, kar bi za trenutne Slovenske razmere pomenilo 1,8 milijona ljudi. Za 600 GWh mehanskega dela, bi morale vseh 1,8 milijona ljudi težko fizično delati kar 555 dni, torej več kot eno leto. Dobljena ocena potrebnih delovnih dni, se načeloma dobro ujema z dejstvom, da so nekoč ljudje večinoma delali samo za hrano za preživetje. Pri tem so si pomagali tudi vprežnimi živalmi. Zelo groba ocena med oddanim delom konja in človeka je ~10:1, pri čemer je potrebno upoštevati, da konj v naših klimatskih pogojih poje četrtno "svojega" pridelka..

Tabela 1: Primerjava moči delovnih živali in človeka [5]

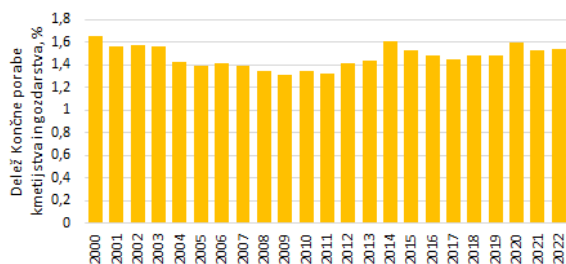
	vlečna sila, N	hitrost, m/s	moč, W	moč v HP
konj	600	1,2	650	0,86
vol	600	0,8	430	0,57
mula	300	1,2	321	0,43
človek	90	1,2	67	0,09

Prikazana groba ocena zamenjave fosilnih goriv z delom živali in ljudi v kmetijstvu pokaže, da je to možno (neizpodbiten dokaz je tudi v preteklosti, saj so naši predniki preživeli brez fosilnih goriv), toda cena zamenjave nazaj na OVE je visoka. Očitno je, da bi v tem primeru morali skoraj vsi obdelovati polja in se ukvarjati s kmetijstvom. Pri današnji stopnji urbanizacije, ko večina ljudi živi v velikih mestih (ali več milijonskih velemestih) je tak prehod nazaj popolnoma nemogoč zaradi transporta delovne sile na polja. Logična posledica je torej, da se človeštvo ne more odreči trenutni kmetijski mehanizaciji na fosilna goriva. Prehod na strojno obdelavo polj je bil temeljni pogoj za industrializacijo in splošni napredek [4] in današnji visok standard – izobilje dobrin. Delež delovnih mest v državah z visoko razvitem in mehaniziranim kmetijstvom je samo še 2 % do 3 %. Z večanjem produktivnosti se obseg produkcije linearno povečuje, poraba energije pa eksponentno. Sila trenja se povečuje navadno s kvadratom hitrosti (hitrejši proces pomeni večjo produktivnost, ki pa je vedno povezana z večjimi izgubami), moč za premagovanje trenja pa torej s tretjo potenco.

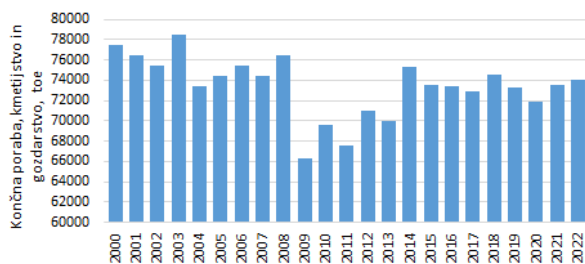
Delež porabe energije v kmetijstvu in živilski industriji je glede na celotno porabo kljub vsemu relativno majhen, toda izjemno pomemben "*conditio sine qua non*" (lat.: brez česar ne gre). Kljub relativno majhni porabi, je prehod na OVE izjemno težaven ampak dokazljivo mogoč (seveda ob bistveno nižjem življenjskem standardu in manj prebivalcih). Če bi hoteli fosilni diesel nadomestiti z biodieslom, ki ima EROI 2, pri povprečnem izplenu 3 t/ha [6] in [7], bi za 200.000 t biodiesla potrebovali še dodatnih ~70.000 ha (700 km²) obdelovalnih polj in ker je EROI

2, tudi še vložek energije za predelavo oljne ogrščice v biodiesel, ki je pa 50 % energije biodiesla. Zato bi se poraba biodiesla morala še dodatno povečati (npr. za oranje in obdelavo dodatnih 700 km²...). Kot vidimo, je nadomeščanje z biogorivi bolj ali manj nesmiselno. Še enkrat boljši za nadomeščanje je konj, ki ima EROI vsaj ~4-5.

Poraba končne energije v sektorju kmetijstva in gozdarstva predstavlja le ~1,5 % porabe končne energije v Sloveniji, slika 1 in 2. Relativno zelo malo, toda zelo težko jo nadomestimo z obnovljivimi viri, tudi z OVE električno energijo, ker gre prvenstveno za mobilne delovne stroje velikih moči.

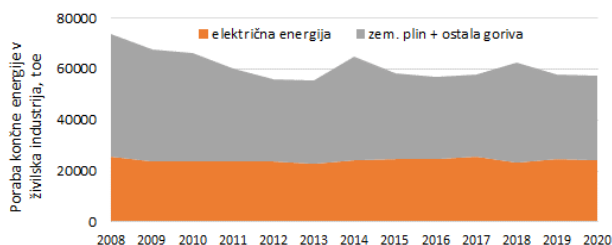


Slika 1: Delež porabe končne energije za kmetijstvo in gozdarstvo [3]



Slika 2: Končna poraba energije za kmetijstvo in gozdarstvo [3]

Poraba končne energije industrijsko predelovalnega sektorja proizvodnje hrane in pijač v Sloveniji je skoraj enaka porabi v kmetijstvu, to je ~70.000 toe, pri čemer pa je poraba razdeljena na dva glavna energenta, to je električno energijo in energijo goriv, slika 3, predvsem zemeljskega plina in nekaj malega ostalih goriv.



Slika 3: Končna poraba energije za živilsko predelovalno industrijo v Sloveniji [3]

Poleg te neposredne porabe je v kmetijstvu še veliko "posredne" energije v obliki umetnih gnojil, fitofarmaceutskih

sredstev, izdelave obdelovalnih strojev, ... Zelo lep pregled agro-ekonomskih faktorjev je prikazan v [8]. V tabeli 2 je navedenih samo nekaj najbolj zanimivih vrednosti.

Tabela 2: Nekateri agro-ekonomski faktorji povzeti iz [8]

skupna poraba za obdelovanje zemlje	kWh/(ha leto)	315-2060
produkcija pesticida/fungicida	kWh/kg	75-117
produkcija pest./fung. za škropljenje 1 ha	kWh/(ha leto)	140-550
produkcija dušikovih umetnih gnojil	kWh/kg	12-18
produkcija fosfornih umetnih gnojil	kWh/kg	1,4-9
produkcija kalijevih umetnih gnojil	kWh/kg	1,5-14
količina dušikovih gnojil za 1 ha	kg/ha	30-210

4 ZAKLJUČEK

V prispevku je raziskana možnost prehoda iz uporabe fosilnih goriv na druge obnovljive vire energije za sektor kmetijstva in gozdarstva. Osnovno izhodišče modela so statistični podatki o deležu samooskrbe s hrano in poraba končne energije sektorja. Rezultati zelo enostavnega modela pokažejo, da bi bilo mehansko delo iz fosilnih goriv hipotetično možno nadomestiti z delom ljudi in konjev, ob robnem pogoju, da bi morali skoraj vsi prebivalci, preko 80 %, trdo delati na poljih samo za preživetje. Predviden je tudi dvig samooskrbe s hrano iz današnjih 40 % na nekdanjih 80 %. Tovrstna zamenjava s povečanjem fizičnega dela ljudi je za današnji čas popolnoma nesprejemljiva, čeprav je v preteklosti, ko še niso imeli toplotnih strojev in kapljevih fosilnih goriv, to bila edina in zelo samoumevna realnost. Druga alternativa je uporaba baterijskih kmetijskih strojev. Žal tudi ta alternativa tehnološko še ni zrela. Ti stroji so relativno bistveno bolj obremenjeni (glede na nazivno moč) in to v daljših časovnih intervalih (dnevno več ur), torej bistveno bolj kot npr. baterijska osebna vozila. Sredi polj bi morali postaviti zelo zelo hitre polnilnice? Torej je tudi ta alternativa zelo malo verjetna. Tretja alternativa je "klasični" konjski pogon. Ta je najbolj ekološki, deluje na lokalno pridelano hrano, proizvaja naravno gnojilo, konji se razmnožujejo sami, ... Ta pogon ima torej vrsto prednosti. Edina slabost zakaj se ga ne uporablja več je pa specifična moč, ki je ~1 W/kg mase konja. Sodobni kmetijski stroji imajo nekaj stokrat večjo specifično moč. Četrta alternativa je pridelava biodiesla in njegova uporaba za obdelavo polj. Glede na to, da je EROI 2, to pomeni da je potrebni vložek energije za pridelavo biodiesla enak njegovi razpoložljivi energiji. Zato bi se poraba energije povečala ob sočasnem povečanju obdelovalnih površin, vsaj za 700 km², v realnosti pa najbrž še bistveno več. Kot peta alternativa ostanejo še vodik in sintetična goriva, npr. sintetični diesel, ki ima EROI 0,23 [9], kar pomeni, da je neto porabnik energije in je potrebni zunanji vložek energije za sintezo kar ~350 %? Kot je razvidno

je vseh pet "zelenih" alternativ v skladu z "Green Deal-om" realno (ne)izvedljivih iz česar sledi zelo neprijeten zaključek: če ne bomo uporabljali fosilnih goriv tudi hrane ne bo.

VIRI

- [1] Vlada Republike Slovenije, Nacionalni energetska podnebni načrt – NEPN, 2023, dostopno na https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_posod_dec2023.pdf
- [2] European Commission, European Green Deal, 2019, dostopno na: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6691
- [3] Statistični urad Republike Slovenije, SURS, podatkovne baze SiStat, dostopno na: <https://www.stat.si/statweb>
- [4] V. Smil, Energy and Civilization, MIT Press, Cambridge, 2017, <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/10752.001.0001>
- [5] San José State University, Department of Economics, Comparison of Power Produced by Various Draft Animals and Humans <https://www.sjsu.edu/faculty/watkins/animalpower.htm>
- [6] I. van Duren, et.al. Where to produce rapeseed biodiesel and why? Mapping European rapeseed energy efficiency, Renewable Energy, 74, 49-59, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.07.016>
- [7] M. T. Firrisa, et.al. Energy efficiency for rapeseed biodiesel production in different farming systems, Energy Efficiency 7:79–95, 2014, DOI 10.1007/s12053-013-9201-2
- [8] O. T. Arodudu et. al. Integrating agronomic factors into energy efficiency assessment of agro-bioenergy production – A case study of ethanol and biogas production from maize feedstock, Applied Energy 198, 426–439, 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.02.017>
- [9] S. Hänggi, et. al. A review of synthetic fuels for passenger vehicles. Energy Reports, 5, p. 555–569, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.04.007>

Nemški energetska prehod ter njegove politične in gospodarske posledice

The German energy transition and its political and economic consequences

prof.dr. Dušan Povh
Svetovalec
dusan.povh@t-online.de

POVZETEK

V prispevku na kratko opisujemo razvoj in položaj nemške Energiewende. Politiki so Energiewende načrtovali predvsem ideološko, ne da bi upoštevali možne posledice za življenjski standard ljudi, obstoj in razvoj gospodarstva ter socialno stabilnost države. Podane so posledice omenjenega energetskega prehoda, saj so te pomembne tudi za Evropo in države v njej, ki imajo tesne gospodarske odnose z Nemčijo in lahko pričakujejo podobne probleme.

ABSTRACT

The development and status of the German energy transition are briefly described. Politicians planned the energy transition primarily ideologically, without considering the possible consequences for people's living standards, the existence and development of the economy, and the social stability of the country. The consequences resulting from the energy transition are described. These are particularly important for Europe and the countries that have close economic relations with Germany and can expect similar problems.

KLJUČNE BESEDE

Energetska politika, energetska prehod, Energiewende, Nemčija

KEYWORDS

Energy policy, Energy transition, Energiewende, Germany

1 ENERGIWENDE

Zgodovina energetskega prehoda (Energiewende) v Nemčiji se je začela že veliko pred nastajajočim problemom podnebnih sprememb, domnevno zaradi izpustov CO₂, ki jih povzroča človek. Razlog je bilo gibanje proti jedrski energiji kot posledica černobilske nesreče.

V poznih osemdesetih letih prejšnjega stoletja so izpusti CO₂ postali glavna tarča okoljevarstvenikov, ki so jih videli kot glavni vzrok podnebnih sprememb. Leta 1988 je bil pod okriljem ZN ustanovljen IPCC Committee, ki od takrat igra vodilno vlogo v »boju«² proti podnebnim spremembam. IPCC zbira raziskave in publikacije o podnebnih spremembah ter nato objavlja lastne zaključke.

Podnebni problem je postal eno najpomembnejših vprašanj svetovne politike. Od leta 1992 je bilo organizirano veliko število letnih podnebnih konferenc. Najpomembnejša je bil leta 2015 v Parizu, kjer so bile sprejete splošne (vendar nezavezujoče) zaveze za zmanjšanje CO₂. Nemčija je bila ves čas gonilna sila te politike, ne glede na to, da predstavlja le okoli 2 % skupnih emisij CO₂. To politiko je nato v celoti sprejela tudi EU [1]. Drugi v svetu gledajo na ta problem bolj realno. Bolj kot podnebne spremembe jim je pomembna blaginja lastne države.

Nemčija se je zavezala k zmanjšanju izpustov CO₂ v primerjavi z letom 1990 za 40 % do 2020, za 65 % do 2030 (tukaj je Nemčija zaostrila svoj cilj EU na 55 %), za 80 % do 2040 in do 2045 za dosego podnebne nevtralnosti (EU do leta 2050). Poleg nujne strukturne spremembe v proizvodnji električne energije in prestrukturiranja omrežja, to pomeni tudi dolgoročno odločilne spremembe v industriji, pri toplotni izolaciji hiš, kmetijstvu in prometu.

Glavna usmeritev energetskega prehoda je bila gradnja vetrnih turbin in fotovoltaike. Želeli so zapreti vse elektrarne na premog in pokriti vse potrebe z električno energijo z obnovljivimi viri. Ker pa to tehnično ni izvedljivo, bo treba zgraditi veliko (40 do 50) dodatnih plinskih elektrarn. Nemčija se je kot edina država EU tudi odločila zapreti vse delujoče jedrske elektrarne, ki so desetletja zagotavljale poceni in varno električno energijo.

Od začetka energetskega prehoda do leta 2022 je bilo za subvencije porabljenih ogromno denarja. Toda največja, ideološko vodena napaka je bila zaprtje vseh jedrskih elektrarn. Študije [2] kažejo, da je bilo s tem izgubljenih 600 milijard EUR brez večjega zmanjšanja CO₂. Seveda pa ta znesek ne upošteva morebitnih drugih dodatnih stroškov, povezanih z energetskega prehadom. Seveda pa ti ogromni zneski manjkajo za druge potrebne investicije in posebno na področjih razvoja, ki bi zagotovil konkurenčnost gospodarstva.

Izraz Energiewende se je razširil iz oskrbe z električno energijo na vsa področja vsakdanjega življenja, kjer prihaja do emisij CO₂: industrija, promet, gradbeništvo in kmetijstvo.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

<https://doi.org/10.70314/is.2024.env.20>

Dodatni stroški Energiewende do leta 2035 naj bi znašali 1,2 bilijona EUR. Primerljiv znesek se bo nato še potreben do leta 2045, če politiki medtem ne bodo prisiljeni spremeniti časovnice in vsebine energetskega prehoda.

Energiewende se nahaja že nekaj let v slepi ulici, čeprav tega politiki (še) nočejo priznati. Večina projektov za zmanjšanje CO2 je modificiranih, ustavljenih ali preloženih. Jasno je tudi, da cilji za leto 2030 ne bodo doseženi. In kaj se bo zgodilo pozneje, je politično vprašljivo.

2 POSLEDICE

Čeprav je še vedno vprašljivo, v kolikšni meri prispevek človekovih emisij CO2 prispeva k podnebnim spremembam, politiki zmanjševanje CO2 razglašajo za brezalternativno in kot vprašanje preživetja. In to brez predhodnega upoštevanja tehničnih, ekonomskih in socioloških posledic. Energetski prehod se je začel z obljubo, da ne bo stal skoraj nič (morda ceno ene kepice sladoleda na mesec), ponudil pa bo veliko novih delovnih mest. Resničnost je popolnoma drugačna.

Cilj politike je bil neusmiljeno uveljavljanje ukrepov brez upoštevanja kakršnega koli nasprotnega mnenja in problemov, ki so se pojavili. Primeri tega so:

- Stroški energije, elektrike in plina so se v nasprotju z napovedmi politikov prekomerno podražili in močno obremenili standard ljudi. Trenutno ponovno prihaja sicer do znižanj cen plina, a cena električne energije (kar je bil cilj energetskega prehoda) dolgoročno ostaja visoka.
- Zakon o ogrevanju, ki naj bi dosegel prisilno zamenjavo ogrevalnih sistemov, ki bi povzročil enormne stroške za lastnike hiš in najemnike, je zaradi masovnih protestov propadel,
- Uporaba toplotnih črpalk zastaja, potem ko se je izkazalo, da povzročajo visoke stroške in ne prinašajo obljubljenih koristi. Za večstanovanjske hiše rešitve sploh ne obstajajo ali pa le z zelo visokimi dodatnimi stroški. Zaradi preobremenitev se pojavljajo težave v elektrodistribucijskih omrežjih.
- Električni avtomobili niso splošno sprejeti. Stroški so visoki (v primerjavi z avtomobili z motorji z notranjim izgorevanjem), težave z njihovim dosegom in dostopom do polnilnic ostajajo. Sledil je padec (40 %) prodaje teh avtomobilov in posledično ekonomske težave v avtomobilski industriji (npr. v VW nameravajo zapreti 30.000 delovnih mest).
- CO2 emisije v prometnem sektorju še vedno naraščajo. Avtomobili so bistveni del življenjskega standarda in ljudje se jim nočejo odreči. V večini primerov tudi ni enakovredne alternative s javnim prevozom za ljudi izven mest.
- Stroškovni problemi za toplotno izolacijo hiš so visoki in bi bistveno povečali najemnine, predvsem za revnejše sloje.
- Če povzamemo; ni dvoma, da je oz. bo zaradi energetskega prehoda življenjski standard ljudi ogrožen. To pa ima izrazite (negativne?) posledice tudi na političnem področju (vzpon skrajnežev).

Posledice Energiewende za industrijo so alarmantne. Glavni razlog so visoki stroški energije (2 do 3 krat višji kot v USA ali na Kitajskem), ki nastanejo zaradi prisilnega opuščanja premoga, plina in nafte. K temu je gotovo prispevala tudi ruska vojna proti Ukrajini z izgubo poceni ruskega plina in trendi v svetovnem gospodarstvu. Toda politiki bi se morali pravočasno odzvati na te težave. Energetsko intenzivna industrija (jeklarska, kemična) v Nemčiji ni več konkurenčna. Tudi pomanjkljivosti lokacij (okoljski ukrepi, prereregulacija, birokracija) prispevajo k temu, da se vse več podjetij izseljuje v države, ki ponujajo cenejšo energijo in boljše lokacijske pogoje. Energetski prehod na vodik kot vir energije, ki naj bi omogočil zeleni prehod industrije, je zelo zelo drag in negospodaren. Trajalo bo še mnogo let, preden bo sploh uporabljen v večjem obsegu.

Denar, porabljen, za energetski prehod torej ni bil voljo za druge naloge, predvsem za potreben razvoj novih tehnologij. Glavni tekmeči v svetu (ZDA, Kitajska, Indija), pa tudi nekatere druge države, so Nemčijo prehiteli na večini za bodočnost ključnih področij. To velja seveda tudi za EU. V avstralski študiji [3] je med 44 razvojnimi področji, ki so ključna za prihodnost, Nemčija navedena le na enem področju na 3 mestu, na nekaj področjih na 4 ali 5 mestu. Pri veliki večini pa je ni med prvimi petimi. Tudi to so alarmantni znaki negotove gospodarske prihodnosti Nemčije in EU.

- Nemčija je z vrha svetovne lestvice glede na BDP/prebivalca zdrsnila na 21. mesto. Prehiteli so jo tudi manj razvite, a z viri bogate države.
- Nemčija je padla iz prve skupine na 24. mesto na svetovni lestvici po konkurenčnosti (kako privlačna je država za industrijo).
- Nemško gospodarstvo že dve leti stagnira in je blizu recesije in je pri tem na repu držav v EU. Izboljšanja v naslednjih letih ni za pričakovati.
- Glede na študijo Zveze nemških industrij (BDI) je 20 % nemške industrije v kritičnem stanju.
- Tuje investicije v Nemčiji so padle na minimum. Nemške naložbe grejo v druge države, ki ponujajo boljše pogoje.
- Številna, nekdanja vodilna industrijska podjetja odpuščajo delavce. Pričakujejo dvig brezposelnosti
- Izvoz (nekoč glavni stebler nemške blaginje) je letos upadel za 15 %, tudi kot posledice nekonkurenčnosti.

Ekonomske težave povzročajo tudi težave v družbi (socialne pomoči, pokojnine, migracije). Nezadovoljstvo ljudi, ne le zaradi energetske tranzicije, ampak tudi na drugih področjih vsakdanjega življenja, vodi v nestabilne politične razmere. Razlike postajajo tako pereče, da ogrožajo demokracijo.

3 SKLEP

Energiewende je v krizi in vidne so posledice za življenjski standard ljudi, gospodarsko moč države in politične razmere. To velja tudi za EU in še posebej za države, ki so gospodarsko tesno povezane z Nemčijo. Konsolidacija razmer bi bila mogoča le, če bi podnebno strategijo vsaj bistveno upočasnili in politične prioritete preusmerili v okrevanje gospodarstva in ohranjanje življenjskega standarda.

REFERENCE

- [1] MIHALIČ, Rafael, POVH, dušan: German Energiewende Between Ideology and Reality, Information Society, Oktober 2023, Ljubljana, Slovenia .
- [2] Jan EMBLEMSVÄG: What if Germany had invested in nuclear power? A comparison between the German energy policy the last 20 years and an alternative policy of investing in nuclear power, International Journal of Sustainable Energy, Volume 43, 2024 - Issue 1
- [3] Jamie GAIDO at al.: ASPI' s Critical Technology Tracker (The global race für future Power) Report No. 69/2023E

MITI IN RESNICE O ELEKTROMAGNETNEM SEVANJU /EMS/

Karel Lipič, univ.dipl.ing.
Zveza ekoloških gibanj Slovenije
– ZEG
Krško, Slovenija
zogslo20@gmail.com

Povzetek

V Sloveniji »lobi« mobilnih operaterjev in elektro podjetji v zadnjih 30-ih letih ni želel nobenih pozitivnih sprememb na področju sevalne varnosti. Vsi uradni dokumenti in praksa na terenu se v zvezi z omenjenim varstvom sklicujejo na 26 let stare smernice Mednarodne komisije za zaščito pred neioniziranim sevanjem - ICNIRP in 28 let staro Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Priporočila izpred več kot petindvajset let v teh smernicah določajo mejne vrednosti glede na dokazane zaznavne učinke, ki temeljijo na termičnem segrevanju živih organizmov oziroma njihovih tkiv pod vplivi umetnih izmeničnih elektromagnetnih polj. V času vse do danes, so bile v svetu objavljene številne študije, ki kažejo škodljive učinke na biološke oziroma celične procese znotraj živih organizmov. Rezultati teh študij dokazujejo, da se škodljivi biološki učinki umetnih izmeničnih magnetnih polj pojavljajo pri bistveno nižjih vrednostih v primerjavi z mejnimi vrednostmi, ki jih določajo smernice ICNIRP in omenjena uredba. Prav zaradi vseh novejših dognanj, ter rezultatov mnogih epidemioloških študij o vplivih elektromagnetnih sevanj na zdravje ljudi, predvsem otrok, je potrebno varovanju pred škodljivimi vplivi, ob rekonstrukciji oziroma gradnji novih virov sevanja kot so BAT, GSM, Wi-Fi v šolah in visokonapetostni daljnovidni visokih prenosnih moči, posvetiti bistveno večjo pozornost.

Ključne besede

neionizirna sevanja, uredba o EMS, previdnostno načelo, 1. cona varovanja, 5G, WI-FI, BAT, DV, GSM

1 Uvod

V zadnjem času je zaradi uvedbe omrežja 5G prišlo do polemike o škodljivosti t.i. neionizirajočih sevanj, med katere spada tudi radiofrekvenčno sevanje mobilnih telefonov in druge brezžične tehnologije. Kot protiutež lobiju mobilne telefonije, ki javnost mirijo z razlago, da tveganja ni; oziroma je kvečjemu zanemarljivo. V ZEG bi radi podali svoja mnenja, ko nas nekontrolirano širjenje novih tehnologij skrbi (tudi) z vidika škodljivosti EM sevanja.

Zagovorniki varnosti brezžične tehnologije se sklicujejo na zakonsko dovoljene meje (strokovno zastarelo in proti ustavno Uredbo o elektromagnetnem sevanju iz leta 1996), ki naj bi zagotavljale varnost pred negativnimi učinki sevanj, ne omenijo pa, da so te meje neustrezne (10 μ T, napram 0.4 μ T - mikro Tesla, ki ga priporoča WHO, NIJZ) in kot take predmet resnih strokovnih pomislekov. Do danes se je namreč nabralo že ogromno dokazov, ki kažejo na škodljive učinke neionizirajočih sevanj daleč pod dovoljenimi mejami, zato bi morali po mnenju mnogih neodvisnih strokovnjakov nemudoma ukrepati in regulativo temu ustrezno prilagoditi, obenem pa bi morala Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) radiofrekvenčno sevanje označiti kot "potrjeno rakotvorno" (skupina 1).

Rakotvornost radiofrekvenčnih sevanj so v zadnjih letih potrdile še dodatne epidemiološke raziskave in več raziskav na živalih (tudi govedi, ovc ..), vključno z raziskavo National Toxicology Program (NTP), eno največjih in najbolj zasnovanih tovrstnih raziskav. A rak je le "končna postaja", prej pa lahko pride tudi do številnih drugih težav. Nekatere od bolj dokumentiranih so npr. poškodbe semenčic oziroma neplodnost pri moških in živalih, oksidativni stres ter poškodbe DNK, raziskave pa poročajo tudi glavobolih, vedenjskih motnjah, anksioznosti in težavah s spanjem. Vse kaže, da so najbolj ranljivi še nerojeni, dojenčki in otroci, škodljivi učinki pa so lahko kumulativni skozi več generacij.

2 Raziskave in »neodvisne« raziskave EMS

Žal so organizacije, ki bi skrbele za naše zdravje, pod močnim vplivom industrije; industrija pa je financirala tudi večji del raziskav, ki niso pokazale vpliva na zdravje. Mednarodna komisija za zaščito pred neioniziranimi sevanji (ICNIRP), ki določa mednarodna priporočila, na katerih temeljijo državne regulative, je bila pred časom s strani raziskovalnih novinarjev Investigate Europe označena kot "kartel" 14 znanstvenikov, katerih delo je izjemno pristransko in ne upošteva na tisoče recenziranih raziskav, ki so pokazale škodljive učinke. Ugotovitve komisije ICNIRP so v diametralnem nasprotju z izsledki več sto znanstvenikov, ki preučujejo vplive neionizirajočih sevanj na zdravje in so resno zaskrbljeni nad razvojem dogodkov, na kar tudi neprestano opozarjajo. Leta 2015 so npr. poslali poziv Združenim narodom, v katere zahtevajo nujno ponovno ovrednotenje mednarodnih priporočil in upoštevanje previdnostnega načela (pri nas 8. člen Zakona o varstvu okolja), ki pravi, da je uvajanje nove tehnologije dopustno le, če ni pričakovati nepredvidljivih škodljivih učinkov na okolje ali zdravje ljudi.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

Information Society 2024, 7–11 October 2024, Ljubljana, Slovenia

© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

<http://doi.org/10.70314/is.2024.env.22>

Tudi Resolucija 1815 Sveta Evrope iz leta 2011 pravi, da elektromagnetna sevanja predstavljajo tveganje za ljudi, živali in rastline, in da je potrebno sevalne obremenitve po načelu ALARA (ang. as low as reasonably achievable) zmanjšati na najnižjo možno raven. V resoluciji je zapisano, da imajo sedanja priporočila komisije ICNIRP, na katera se zagovorniki varnosti brezžične tehnologije sklicujejo, resne pomanjkljivosti, saj ne upoštevajo netermičnih učinkov, in bi jih bilo potrebno ponovno ovrednotiti. Resolucija priporoča zmanjšanje izpostavljenosti v notranjih prostorih na 0,2 V/m (gre za električno poljsko jakost), kar je pri nas pogosto preseženo v urbanih okoljih, številnih vrtcih, šolah, bolnišnicah, domovih za upokojece itd.

V resoluciji obžalujejo, da se kljub njihovim svarilom ukrepi za zmanjševanje izpostavljenosti odvijajo prepočasi ali pa se sploh ne. Opozarjajo, da čakanje na visoko stopnjo znanstvene zanesljivosti lahko pripelje do visokih zdravstvenih in gospodarskih stroškov, podobno kot se je zgodilo v primeru azbesta, osvinčenega bencina in tobaka. Po letu 2011 so se sevalne obremenitve zaradi novih baznih postaj, omrežja 4G, uporabe pametnih telefonov in drugih brezžičnih naprav močno povečale, z uvedbo omrežja 5G pa se nam obeta še dodatno povečanje, tudi z novimi, še neraziskanimi frekvencami.

Opažamo, da so se nekateri slovenski predstavniki elektro stroke v zadnjem času oddaljili od EU koncepta previdnostnega načela in na brezžično tehnologijo ter prihajajoče omrežje 5G gledajo skozi rožnata očala industrije, drugih obolenj. V Sloveniji namreč ta čas, žal nimamo neodvisne institucije za zaščito javnega zdravja (zadnja leta tudi ne v NiJZ), ki bi opozarjala na potencialne nevarnosti elektromagnetnih sevanj.

Zakon iz leta 1996, ki pri nas določa zgornjo dopustno mejo EMS, ni predvidel ne bliskovite ekspanzije brezžične tehnologije, niti njenega prodiranja v višja frekvenčna območja in porasta negativnih zdravstvenih posledic EMS. Do zdaj nam je na voljo na stotine neodvisnih znanstvenih raziskav, ki ugotavljajo korelacijo med bližino BAT in povečanim številom rakavih, hormonalnih in nevroloških obolenj, zato je pri uvajanju nove generacije brezžične tehnologije (5G) nujno treba slediti logiki načela previdnosti. Eden izmed dodatnih razlogov, zakaj je načelo previdnosti tako pomembno, so tudi znanstvena dognanja dr. Martina L. Palla, vodilnega ameriškega strokovnjaka za področje stranskih učinkov EMS, ki opozarja, da: »Varnostne smernice ICNIRP, FCC, ZDA in EU za področje EMS, temeljijo na prepričanju, da je za napovedovanje bioloških učinkov in s tem varnosti mogoče uporabiti povprečne jakosti EMS in povprečno SAR (specifična stopnja absorpcije). Izsledki analize osmih različnih vrst kvantitativnih ali kvalitativnih podatkov za preverjanje, če to drži ali ne, so pokazali, da so varnostne smernice v vsakem od teh primerov pomanjkljive, v večini primerov pa popolnoma zgrešene. Učinki se pojavijo že pri približno 100.000 krat nižjih ravneh, zato je predvidena struktura varnostnih smernic povsem neustrezna.«

A tudi če so INIS-ove meritve sprejememo kot merodajne, ni nobenega razloga, zakaj bi se morala BAT nahajati tako blizu naseljene hiše, šole, vrtca, igrišča in vikenda...

Pri ZEG podpiramo izključno uvajanje naprednih tehnologij, ne pa spornih novotarij, ki ogrožajo telesno in duševno zdravje njenih uporabnikov. Tehnologija omrežja 5G ne prinaša nobenih omembe vrednih izboljšav komuniciranja na daljavo, povzroča pa nepopravljivo duševno in telesno škodo, sploh ko gre za bližnje občane.

3. Moderna in zastarela zakonodaja na področju EMS

V ZEG si prizadevamo, da bi Vlada RS sprejela novelo Uredbe o elektromagnetnem sevanju (ta je že šesto leto leži v predalih MOP), s katero bi določila strožje mejne vrednosti od trenutno veljavnih. Poleg tega si prizadevamo, da bi Državni Zbor RS čimprej sprejel tako zakonodajo, ki bi določila širše preventivne varovalne pasove visokonapetostnih daljnovodov (DV) in odmika baznih antenskih postaj (BAT, 5G). Tako v mnogih članicah EU se mora mobilna telefonija, Wi-Fi umakniti iz učilnic. Trenutno veljavna uredba, ki je bila sprejeta leta 1996, določa mejno vrednost elektromagnetnega sevanja daljnovodov pri 10 μ T. Številne tuje znanstvene raziskave kažejo, da je zdravju škodljiva že 50 krat nižja vrednost elektromagnetnega sevanja (WHO in SCENIHR, telo Evropske komisije). V tem času je znanost napredovala in vedno bolj se pritrjuje dejstvu, da je bivanje ali dolgotrajno zadrževanje blizu daljnovodov, BQAT, WI-FI, 5G zelo škodljivo.

V ZEG predlagamo, da se mejna vrednost elektromagnetnega sevanja zniža na vrednost primerljivo z zakonodajami razvitih držav. Predlagamo, da nova uredba mejno vrednost elektromagnetnega sevanja iz maksimalno dovoljenih 10 μ T zniža na maksimalno 0,4 μ T. Medtem, ko v primeru hišnih aparatov, kot virov EMS lahko sami odločamo v kakšni meri se bomo izpostavljali škodljivim učinkom, se v primeru energetskih objektov kot so 5G, daljnovodi in bazno-antenske postaje temu težko izognemo. Opozarjamo, da o škodljivih učinkih EMS govorimo predvsem v primeru dolgotrajne izpostavljenosti in da so negativni vplivi na zdravje posledica permanentnega delovanja BAT tudi v povprečnem oziroma kumulativnem smislu. Zaradi fizikalnega pojava širjenja EMS in moči virov EMS je pomembno, da v smislu upoštevanja načela previdnosti pri načrtovanju sledimo odmiku od virov sevanja tako, da v nobenem primeru ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi, predvsem otrok, kot najobčutljivejše skupine prebivalcev. Da elektromagnetno sevanje vpliva na zdravje ljudi ni več sporno. Prav je torej, da bi se pri umeščanju novih virov takšnega sevanja v prostor ravnalo skladno z načeli previdnosti in da bi se v čim večji meri izogibalo možnosti nastankom škodljivih posledic na zdravju ljudi. Tem ugotovitvam pa mora slediti tudi sodna praksa in sicer tako pri obstoječih virih, kakor tudi pri umeščanju novih virov v prostor, saj bo le tako lahko sčasoma prišlo do tega, da bo državi in investitorjem načelo previdnosti postalo edino in osnovno vodilo pri sprejemanju odločitev v zvezi s tem.

Zakaj se pri umeščanju virov EMS ne upošteva načelo previdnosti ter poveča oddaljenost od virov oziroma išče optimalne rešitve umeščanja v prostor zaradi dokazanih bioloških učinkov na žive organizme, ampak se sklicujemo na

zastarelo zakonodajo, ki bazira na mejnih vrednostih na osnovi segrevanja tkiv?

V postopkih načrtovanja in umeščanja visokoenergetskih daljnovodov BAT, RTV oddajnikov, Wi-Fi-ja v šolah, 5G ... kot virov EMS je potrebno v interesu varovanja zdravja ljudi upoštevati načelo previdnosti.

V primeru načrtovanja in umeščanja npr. BAT in visokoenergetskih daljnovodov, katerih nazivna napetost je večja kot 100 kV, načelo previdnosti zahteva, da je potrebno poiskati prostorske in tehnične rešitve (kabliranje), ki se ognejo oziroma v najmanjši možni meri obremenjujejo občutljiva območja stanovanjskih stavb. Izbrati je treba rešitev, ki predstavlja čim večjo možno oddaljenost od naštetih občutljivih območij in ki upoštevajoč načelo previdnosti zagotavlja varovanje zdravja, varnost in kvaliteto bivanja čim večjemu številu ljudi. Kadar se v prejšnjem odstavku navedenim občutljivim območjem ni mogoče v celoti izogniti, je med več možnostmi potrebno izbrati tisto, ki v najmanjši možni meri obremenjuje občutljiva območja oziroma se izogne čim večjemu številu ljudi.

4. Zdravstvene posledice neionizirnih sevanj

Znanstveniki že več kot 20 let pridno zbirajo podatke, delajo statistiko in povezujejo število bolnikov s kumulativnim številom ur dela z mobilnimi napravami ali računalniki. Očiten je porast obolenj, a kljub na tisoče znanstvenih člankov, ki dokazujejo škodljivost mikrovalovnega sevanja za zdravje ljudi, nekateri "znanstveniki" in tudi vlade mnogih držav še vedno "tiščijo glavo v pesek" in nočejo priznati očitna dejstva. Še naprej podajajo polresnice, favorizirajo sponzorje in »močnejše« stranke ter nočejo pogledati resnici v oči. dr. Henry Lai z Univerze v Washingtonu je nedavno naredil zbirko vseh objavljenih člankov o škodljivosti EM sevanja in ugotovil, da so rezultati raziskav zelo odvisni od tega, kdo je raziskavo plačal: če gre za neodvisno, pošteno raziskavo, potem več kot 70 % raziskav potrjuje škodljivost EM sevanja, če pa je raziskava sponzorirana s strani industrije, je situacija obratna, in sicer skoraj 70 % raziskav trdi, da EM sevanje ni škodljivo (slika). Več o tej študiji in njegovih raziskovalnih rezultatih na splošno na povezavah [1, 2].

Se sprašujete, kako je to mogoče, kako lahko znanstveniki "ponarejajo" rezultate? Tukaj je primer: med raziskovanjem literature na to temo smo naleteli na dela, ki so delali na primer poskuse z mišmi. Skupino miši so vsak dan za uro ali dve izpostavljali EM sevanju določene frekvence (običajno v območju med 0,5 in 2,5 GHz) dva ali tri tedne. Nato so miši secirali in iskali spremembe v možganskem tkivu, preverjali kakovost ali mobilnost semenčic itd. ter rezultate primerjali z enakimi analizami kontrolne skupine miši, ki niso bile obsevane. In seveda, rezultati so bili pričakovani: med rezultati obsevane in kontrolne skupine miši ni bilo razlike!! Kot smo že povedali, le dolgotrajna izpostavljenost EM sevanju potencialno povzroča zdravstvene težave... le nekajurna izpostavljenost seveda ne bo pokazala statistično pomembne škode. Komentar je nepotreben! Na žalost je takšnih »znanstvenih«, torej naročenih prispevkov, veliko in proizvajajo »hrup«, s katerim tisti, ki zastopajo interese industrije, zasenčijo resne in neodvisne znanstvene prispevke.

Najpogostejši, tako rekoč začetni simptomi EMS so: □ anksioznost in nespečnost, ki ju pogosto spremlja glavobol □ zvonjenje v ušesih - tinitus □ utrujenost, stres □ izguba spomina in osredotočenega mišljenja (možganska megla) □ veliko ljudi razvije pretirano občutljivost na EM sevanja. Glede resnejših obolenj bom navedel le tiste bolezni, ki so najpogosteje omenjene v literaturi: □ Porast raka glave pri ljudeh, ki že leta intenzivno uporabljajo mobilne naprave □ Porast raka na modih pri moških, ki imajo mobilne naprave v sebi. žepi in □ Povečanje raka dojke pri ženskah, ki imajo mobilne naprave v nedrčku □ Poškodba enojne in dvojne vijačnice DNK, nenormalno prepisovanje genov □ Zmanjšana sposobnost popravljanja DNK z matičnimi celicami □ Zmanjšanje števila radikalov v telesu □ Sperma morfološke spremembe in zmanjšana njihova gibljivost - kar ima za posledico drastično zmanjšano plodnost mlajših generacij itd. Vse te bolezni imajo dolgo latenco, kar pomeni, da se statistično značilen porast teh bolezni pojavi šele po 10-15 letih intenzivne uporabe mobilnih naprav. Zaradi tega dejstva mnogi uporabniki zanemarjajo izsledke znanstvenih raziskav, računajoč, da se to ne bo zgodilo »samo meni«, kot smo že rekli, imamo podoben pristop pri vožnji z avtomobilom, letalom ali pri katerikoli potencialno nevarni dejavnosti. Mnogi znanstveniki, ki že desetletja raziskujejo to problematiko, se zavedajo problema, zato imajo svoje spletne strani in YouTube kanale z namenom izobraževanja in ozaveščanja ljudi o potencialni nevarnosti EM sevanja. Za tiste, ki želijo vedeti več in znajo angleško, dajem nekaj dobrih povezav: □ Portal EMF Univerze v Aachnu, kjer najdete več kot 30 tisoč znanstvenih člankov in več kot 6 tisoč povzetkov teh člankov, ki govorijo o vpliv EM sevanja na ljudi in živali. Povezava: <https://www.emf-portal.org/en> □ BIOINITIATIVE 2012 – Neodvisna skupina znanstvenikov je na več kot 1500 straneh povzela rezultate 1800 neodvisnih študij, ki potrjujejo pomemben vpliv EM sevanja na številne zdravstvene vidike. Novejše rezultate lahko najdete na povezavi [3].

Trenutno veljavni predpisi v Republiki Sloveniji niso sledili izsledkom medicinske stroke, ki je v zvezi z vplivom EMS na zdravje ljudi, predvsem otrok, v zadnjih desetletjih pripisala pomemben vpliv. Prepoved mobilnih telefonov v šolah, predvsem zaradi EMS. Kot kažejo ugotovitve medicinske stroke, je vpliv EMS na zdravje ljudi zelo velik, saj lahko že izpostavljenost vrednostim, ki so kar 50x nižje od tistih, ki so trenutno predpisane v RS, bistveno poveča možnosti za nastanek malignih obolenj.

Ob dejstvu, da EMS od razdalj, (ki so pokazane v elaboratih kot vplivno območje) naprej pada počasi, so ob najslabših razmerah potrebni večji odmiki, če želimo zadostiti varovanju otrok kot najbolj občutljivejši skupine ljudi na vplive EMS. Nacionalni inštitut za javno zdravje v svojem mnenju z dne 22. 6. 2016 ugotavlja, da je pri izpostavljanju prebivalstva, predvsem otrok EMS zelo nizkih frekvenc, treba nujno upoštevati načelo previdnosti do dokončnega odgovora o vplivu tega dejavnika na zdravje – še posebej so izpostavili problematiko umeščanja BAT in daljnovodov v bližino naselij.

Zaradi fizikalnega pojava padanja jakosti EMS z razdaljo od vira je pomembno, da v smislu izpolnjevanja načela previdnosti pri umeščanju virov EMS v čim večji možni meri zmanjšamo zdravstveno tveganje tako, da zagotavljamo čim večji odmik

virov, čim večjemu številu ljudi, predvsem otrok. Zaradi različne občutljivosti ljudi na vplive EMS je to še posebej pomembno na območjih povišane koncentracije tam, kjer se dlje časa zadržujejo ljudje. Zdravstveno tveganje skratka pomembno zmanjšujemo, če se prednostno umikamo območjem, kjer se zadržuje večje število ljudi. Konkretizacija načela previdnosti v bistvu zagotavlja, da se v primeru umeščanja nevarnih in zdravju škodljivih objektov v prostor, kot so BAT, poiščejo in upoštevajo variante, ki imajo najmanjši vpliv na ljudi.

Znanstvene raziskave dokazujejo škodljivost elektromagnetnega sevanja električnih daljnovodov in BAT na zdravje ljudi. Te škodljive vplive priznavata tudi Svetovne Zdravstvena organizacija in Evropska komisija. Le-ta je ustanovila SCENHIR (the Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), posvetovalno telo Evropske Komisije, ki proučuje na novo odkrita oz. na novo identificirana tveganja za zdravje in okolje. V najnovejšem poročilu SCENHIR ugotavlja, da znanstvene raziskave potrjujejo škodljive vplive elektromagnetnih sevanj na zdravje ljudi.

Trenutno v Sloveniji velja, da v bivalnih objektih sevanje ne sme preseči 10 μ T. Raziskave o otroški levkemiji pa ugotavljajo, da je povečana verjetnost levkemije že pri 50 krat nižji vrednosti sevanja. Prav tako to velja za otroško astmo in otroško debelost. Mimogrede, po naši zastareli zakonodaji oz. uredbi lahko stanovanjski objekti, šole, vrtci stojijo pri 400 kV DV že na 40 metrih oz. na 16 metrih pri BAT?! Po podatkih ZEG je v Sloveniji več kot sto BAT v neposredni bližini šol in vrtcev. Pod DV /110, 220, 400 kV/ pa živi na razdalji 100 m levo/desno približno 20.000 ljudi.

Napovedi obratovanja za desetletja vnaprej so nezanesljive. Z naraščanjem potreb po 5G in prenosa električne energije preko mednarodnih tranzitnih daljnovodov, ki bi bili postavljeni na občutljivih poseljenih območjih, ki imajo visoke prenosne kapacitete, jim zato zagotovo nihče nikoli v prihodnosti ne bo

omejeval prenosnih moči zaradi negativnih vplivov EMS. Izračuni negativnih vplivov na osnovi povprečnih vrednosti napovedanih obremenitev imajo preveč neznank, zato so možne številne manipulacije in napačno prikazovanje rezultatov. Morebitne vplive na okolje bi morali v fazi načrtovanja vedno prikazovati na osnovi najneugodnejših pogojev obratovanja oziroma maksimalni možni vrednosti gostote magnetnega pretoka. Področje EMS, kot okoljski problem je zapisan v dokumentih : NPVO, NEPN

Viri, Literatura

- [1] <https://bioinitiative.org/research-summaries/>
- [2] <https://www.radiationresearch.org/articles/biological-effects-of-rf-prof-henry-lai/>
- [3] <https://bioinitiative.org/whats-new/>
- [4] <https://www.emf-portal.org/en> □ BIOINITIATIVE 2012
- [5] <https://bioinitiative.org/whats-new/>
- [6] <https://bioinitiative.org/research-summaries/>
- [7] <https://www.radiationresearch.org/articles/biological-effects-of-rf-prof-henry>
- [8] [https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU\(2021\)690_012](https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU(2021)690_012)
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Martin_Pall
- [10] <https://www.researchgate.net/profile/Martin-Pall>
- [11] CENHIR, ICNIRP, MOPE, NIJZ
- [12] Inštitut za neionizirna sevanja -INIS
- [13] Arhivi ZEG na www.zeg.si

Indeks avtorjev / Author index

Bohanec Borut	91
Cizelj Leon	82
Gams Matjaž	11, 47
Hribar Andraž	41
Kregar Aleš	86
Lipič Karel	100
Margan Erik	19
Mihalič Rafael	27
Ogrin Tomaž	73
Povh Dušan	97
Radonjič Gregor	34
Schenk Richard	15
Senegačnik Andrej	93
Šinik Bogdan	7
Špiler Jure	54
Teklu Henok	11
Tošić Aleksander	7
Trkov Andrej	79
Valenčič Matjaž	62, 67
Verbič Jože	37
Wielgosz Maciej	11

Miti in resnice o
varovanju okolja

Myths and Truths About
Environmental Protection

Uredniki > Editors:

Rafael Mihalič, Tomaž Ogrin, Erik Margan