



ENERGETSKA PRIHODNOST SLOVENIJE

Znanstveno srečanje

Program posveta in povzetki referatov

Svet za varovanje okolja pri SAZU,
Svet za razvoj pri SAZU,
Svet za energetiko pri SAZU in
Podnebni svet RS

Slovenska akademija znanosti in umetnosti
Dvorana SAZU
Ljubljana, Novi trg 3

8. november 2024

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

620.9(497.4)(082)

ENERGETSKA prihodnost Slovenije (srečanje) (2024 ; Ljubljana)

Energetska prihodnost Slovenije : znanstveno srečanje : program posveta in povzetki referatov : Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Dvorana SAZU, Ljubljana, Novi trg 3, 8. november 2024 / [organizatorji] Svet za varovanje okolja pri SAZU, Svet za razvoj pri SAZU, Svet za energetiko pri SAZU in Podnebni svet RS. - Ljubljana : Slovenska akademija znanosti in umetnosti, 2024

ISBN 978-961-268-107-4
COBISS.SI-ID 212910083

Kazalo

ENERGETSKA PRIHODNOST SLOVENIJE	4
Program srečanja.....	5
Kako se podnebje spreminja v Sloveniji?.....	6
World nuclear report	8
Ocena ekonomskih in podnebnih učinkov NEPN na slovensko elektroenergetiko.....	10
Kako pospešiti prehod v nizkoogljično družbo?	13
Pomen učinkovite rabe in obnovljivih virov energije v energetskem prehodu Slovenije.....	15
Obnovljivi viri energije v Sloveniji	17
Fotovoltaika	19
Vloga jedrske energije pri razogličanju.....	20
Geotermija v Sloveniji – današnje stanje in perspektive ...	22
Gradniki trajnostnega in pravičnejšega energetskega prehoda Slovenije	24
Družbena tveganja in veliki projekti: primer JEK 2	27
Ekonomska analiza energetskega prehoda – veliko več kot osredotočenje na finance	29
Okrogla miza.....	31
Energetska revolucija z obnovljivimi viri.....	32
Pogled na globalni razvoj elektroenergetike do leta 2050 in slovenske dileme razvoja.....	34
Zapiski.....	36

ENERGETSKA PRIHODNOST SLOVENIJE

Znanstveno srečanje

8. november 2024 od 9.00 do 14.30
Dvorana SAZU, Novi trg 3, Ljubljana

Organizatorji: Svet za varovanje okolja pri SAZU, Svet za razvoj pri SAZU, Svet za energetiko pri SAZU in Podnebni svet RS

V okviru treh svetov SAZU in Podnebnega sveta RS želimo prispevati k razumevanju problematike in pripravi usmeritev na poti k vzdržni slovenski energetski prihodnosti. Svet za varovanje okolja (SVO), Svet za energetiko (SE) in Svet za razvoj (SR) SAZU pri svojem delovanju analiziramo in sprejemamo stališča, povezana tudi z učinkovito in zanesljivo ter okolju in naravi prijazno energetsko oskrbo.

S skupno organizacijo posveta bi radi osvetlili vse vidike trajnostne rabe energetskih virov, proizvodnje energetskih produktov, transporta in distribucije ter končne rabe energije. Cilj posveta je, da slovensko javnost in odločevalce energetske politike seznanimo s celovitim pogledom na prihodnji razvoj slovenske energetike. Politične odločevalce pa pozivamo, da svoje odločitve utemeljujejo na strokovnih osnovah.

Program srečanja

- 9.00–9.20 **Uvodna nagovora (Peter Štih, predsednik SAZU, Nataša Pirc Musar, predsednica RS)**
- 9.20–9.40 **Mojca Dolinar.** *Kako se podnebje spreminja v Sloveniji?*
- 9.40–10.20 **Mycele Schneider.** *World nuclear report (Coordinator of the World Nuclear Industry Status Report (WNISR), Paris, France)*
- 10.20–10.35 **Drago Babič in Jože P. Damijan.** *Ekonomska in okoljska analiza scenarijev oskrbe z električno energijo*
- 10.35–10.50 **Andrej Gubina in Ferdinand Gubina.** *Kako pospešiti prehod v nizkoogljično družbo?*
- 10.50–11.05 **Alojz Poredoš.** *Pomen URE in OVE v energetskega prehodu Slovenije*
- 11.05–11.20 **Uroš Stritih in Andrej Senegačnik.** *Obnovljivi viri energije v Sloveniji*
- 11.20–11.45 Premor
- 11.45–12.00 **Marko Topič.** *Fotovoltaika*
- 12.00–12.15 **Leon Cizelj in Luka Snoj.** *Mali in veliki reaktorji*
- 12.15–12.30 **Mihael Brenčič in Nina Rman.** *Geotermija v Sloveniji – današnje stanje in perspektive*
- 12.30–12.45 **Dušan Plut.** *Gradniki trajnostnega in pravičnega energetskega prehoda v Sloveniji*
- 12.45–13.00 **Pavel Gantar.** *Družbena tveganja in veliki projekti: primer JEK2*
- 13.00–13.15 **Jonas Sonnenschein.** *Ekonomska analiza energetskega prehoda – veliko več kot le ozko osredotočenje na finance*
- 13.15–13.30 Premor
- 13.30–14.30 **Okrogla miza – uvodne besede Bojan Kumer, minister za okolje, podnebje in energijo RS (moderator Jonas Sonnenschein).** K razpravi vabljeni: Zoran Kus, Krešimir Bakič, Danijel Levičar, Bogomir Kovač, Lučka Kajfež Bogataj, Miroslav Gregorič in drugi.

Kako se podnebje spreminja v Sloveniji?

Mojca Dolinar, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo,
ARSO, m.dolinar@gov.si

Poudarki:

Podnebje Slovenije bo leta 2050 še za stopinjo toplejše od današnjega, manj bo snega, povečale se bodo zimske padavine, zaradi dviga morske gladine se bo pogostost obalnih poplav povečala za en velikostni razred

Vsak ukrep prilagajanja je vsaj dvakrat cenejši kot škoda, ki nastane, če se ne prilagodimo, pri čemer ne upoštevamo rešenih človeških življenj.

Izveček:

V Sloveniji se povprečna temperatura od sredine osemdesetih let dviguje za več kot 0,5 °C na desetletje. Podnebne spremembe so torej že nekaj časa med nami. Podnebne projekcije nam kažejo različne scenarije podnebja v prihodnosti. Ti so v največji meri odvisni od nas – človeštva, kako uspešni bomo pri omejevanju izpustov toplogrednih plinov (TGP) v naslednjih desetletjih. Najbolj gotova in tudi največja sprememba, ki jo že doživljamo, in se bo v prihodnosti še stopnjevala, je dvig temperature zraka. Do sredine stoletja pričakujemo, da se bo povprečna temperatura v Sloveniji dvignila še za 1 °C, kar bo največ izzivov prineslo v poletnem času. Imeli bomo več vročinskih valov, ki bodo vedno daljši in močnejši. Projekcije kažejo, da se bo količina padavin začela postopoma večati na račun povečanja zimskih padavin. Za naravne ekosisteme v Sloveniji je zelo pomembna snežna odeja, ki je naravni zadrževalnik vode. Zadrževanje padavin v snežni odeji bo iz desetletja v desetletje manjše. Ob hkratnem povečanju padavin, se bo pozimi zelo povečalo tveganje za poplave. Z višanjem temperature se bo povečala tudi jakost najbolj ekstremnih padavin, kar bo povečalo tveganje za hudourniške poplave v poletnem času. Močno se bo povečala verjetnost za nastanek neviht in s tem tudi močnih sunkov vetra in toče. Z višanjem temperature se krepí hidrološki cikel in

posledično se povečuje tveganje za oba hidrološka ekstrema, poleg poplav tudi za suše. Velik izziv za Slovenijo je tudi dvig gladine morja, ki se je v zadnjih šestdesetih letih dvignila za 12 cm. Posledica so vedno pogostejše poplave najnižjih predelov slovenske obale. Do sredine stoletja se bo zaradi dvigovanja gladine morja verjetnost za izjemne poplavne dogodke na obali povečala za en velikostni razred. Podnebne projekcije kažejo, da se bo do leta 2050 naše podnebje še močno spremenilo. V naših rokah pa je moč, da se prilagodimo na novo podnebje. S preudarnimi rešitvami lahko močno zmanjšamo našo ranljivost in postanemo bolj odporni. Vsak ukrep prilagajanja je vsaj dvakrat cenejši kot škoda, ki nastane, če se ne prilagodimo, pri čemer ne upoštevamo rešenih človeških življenj.

Literatura in viri:

Bertalanč R., Dolinar M., Draksler A., Honzak L., Kobold M., Kozjek K., Lokošek N., Medved A., Vertačnik G., Vlahovič Ž. in Žust A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del. Ljubljana: ARSO.

Gljučne besede:

Podnebne spremembe, dvig temperature, sprememba padavin, sprememba snežne odeje, dvig morske gladine, Slovenija.

World nuclear report

Mycele Schneider, Independent Analyst on Energy and Nuclear Policy, Paris, France; Coordinator and Publisher of the annual World Nuclear Industry Status Report (WNISR), mycele@worldnuclearreport.org

Highlights:

Contrary to public perception, most of the trend indicators of the nuclear industry are on the decline, with historic peaks reached decades ago.

Nuclear power is irrelevant in today's world market for electricity-generating technologies.

Abstract:

Over the past 20 years, 102 new nuclear power reactors started up in the world and 104 closed; while in 2023, 5 units started up and 5 closed with a capacity balance of -1 gigawatt [1 gigawatt (GW)=1,000 megawatt (MW)]. The same year, solar and wind power grew by about 460 GW; China added 1 GW of nuclear and over 200 GW of solar capacity alone. China generated 40% more electricity with solar than with nuclear; adding wind and other sources like biomass, net total generation of non-hydro renewables was four times higher than nuclear output.

Over the past 5 years until mid-2024, a total of 35 construction starts took place in the world of which 22 in China and 13 implemented by the Russian nuclear industry in various countries. None elsewhere. China has by far the most units (27) under construction at home (none abroad) and Russia dominates the international market with 20 units under construction in seven other countries. France is the only other country building abroad (2 units in the U.K.).

In the E.U., the number of operating reactors peaked in 1989 at 136 and has been shrinking to 100 as of mid2024 with an average age of over 38 years. Only 3 new reactors started up in the past two decades, and only 2 units remain under construction, one in Slovakia (since 1985) and one in France (since 2009). Worldwide, two Small Modular Reactor (SMR) projects are in operation (with 2 modules each), one in China, one in Russia. The Chinese construction took 10 years, twice as long as planned, and the Russian one 12.7 years instead of 3.7 years

as planned. Both projects are underperforming for unclear reasons. No SMR design has been certified in the western world, thus none is under construction anywhere. One domestically developed project—rather a small prototype than a modular design—in Argentina started building 10 years ago. Its construction has been halted for budgetary reasons and its future is uncertain. The only commercial project in the western world, NuScale's Carbon Free Power Project in the U.S., was terminated in November 2023—prior to construction start—after costs had soared.

References:

Mykle Schneider, Antony Froggatt, et al., The World Nuclear Industry Status Report 2024, Mykle Schneider Consulting, 513 pages, Paris, September 2024, see <https://www.worldnuclearreport.org/World-Nuclear-Industry-Status-Report-2024>.

Key words:

Nuclear Power, Nuclear Energy, Renewables, Electricity Generation, World, Nuclear Newbuild.

Ocena ekonomskih in podnebnih učinkov NEPN na slovensko elektroenergetiko

Jože P. Damijan, Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani,
joze.damijan@ef.uni-lj.si

Drago Babič, Svet za razvoj Slovenske akademije znanosti in
umetnosti, drago.babic3@gmail.com

Izvleček s poudarki:

Cilj Nacionalnega energetskega in podnebnega načrta (NEPN) bi moral biti razogljičenje proizvodnje električne energije in gospodarstva, ob hkratni zagotovitvi zanesljive oskrbe z električno energijo in stabilnega elektroenergetskega sistema ob konkurenčnih cenah za odjemalce. Vendar pa NEPN, kot podrobno dokumentira ta analiza, teh ciljev ne izpolnjuje:

- Prvič, NEPN ne zagotavlja razogljičenja elektroenergetike.
- Drugič, NEPN povečuje energetske odvisnosti in Slovenijo izpostavlja strateškemu tveganju glede zanesljivosti oskrbe in cene električne energije.
- Tretjič, NEPN zaradi poudarka na razpršenih obnovljivih virih energije (OVE) prinaša previsoke stroške na enoto električne energije iz novih kapacitet in v scenariju zgolj z OVE potencialno prinaša tudi za do dvakrat višje cene električne energije glede na optimalno kombinacijo vseh nizkoogljičnih virov energije.
- Četrto, NEPN zaradi poudarka na razpršenih OVE zahteva zelo velika vlaganja v distribucijska in prenosna omrežja, kar zahteva visoko povečanje omrežnine za odjemalce električne energije.
- In petič, zaradi visokih cen električne energije kot posledice izvajanja NEPN se bo konkurenčnost slovenskega gospodarstva še bolj zmanjšala in pričakovati je trend deindustrializacije, podoben nemškemu po uveljavitvi programa Energiewende.

Namesto favoriziranja cilja doseganja deleža obnovljivih virov energije bi morala slovenska energetska politika stremeti k uravnoteženi, optimalni kombinaciji vseh nizkoogljičnih virov energije (NOVE). Naše simulacije kažejo, da bi tak elektroenergetski

sistem, ki bi temeljil na kombinaciji jedrske, hidro, sončne in vetrne energije ter optimalnega obsega hranilnikov energije:

- zahteval za tretjino nižje investicije v elektroenergetski sistem,
- pomenil bi za polovico nižje stroškovne cene električne energije kot NEPN OVE scenarij, in
- za razliko od NEPN bi tudi vodil k (skoraj popolnemu) razogljičenju proizvodnje električne energije.

Literatura in viri:

- Emblemsvåg, J. (2024). 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*, 43(1), 2355642. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2355642>.
- IEA, NEA, OECD (2020). Projected Costs of Generating Electricity; 2020 Edition. Paris, France: OECD.
- IEA (2024). Levelised Cost of Electricity Calculator. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/levelised-cost-of-electricity-calculator>.
- IEA (2022). World Energy Outlook 2022. Paris, France: IEA.
- Herath, N. (2022). System integration costs and emission savings of high penetration of intermittent renewable electricity. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102504, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102504>.
- Hirth, L., Ueckerdt, F., & Edenhofer, O. (2015). Integration costs revisited—An economic framework for wind and solar variability. *Renewable Energy*, 74, 925-939, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.08.065>.
- IPCC (2021). IPCC Working Group III – Mitigation of Climate Change, Annex II Metrics and Methodology - A.II.9.3 (Lifecycle greenhouse gas emissions), pp. 1306–1308. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-ii.pdf#page=26.

- NEA (2023). Economics of Nuclear Power. Paris, France: OECD. <https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power#CapitalCosts>.
- NEA (2019). The Cost of Decarbonisation: System Costs with High shares of Nuclear and Renewables. Paris, France: OECD. https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_15000/the-costs-of-decarbonisation-system-costs-with-high-shares-of-nuclear-and-renewables?details=true.
- Nacionalni energetska podnebni načrt (NEPN) (2020).
- Osnutek posodobljenega nacionalnega energetska podnebne načrta (NEPN) (2024).
- Resolucija o Dolgoročni podnebni strategiji Slovenije do leta 2050 (ReDPS50, 2021).
- SR SAZU (2022). Strategija razvoja elektroenergetskega sistema Slovenije do leta 2050. SAZU, Ljubljana.
- Statistični urad RS (2022). Projekcije prebivalstva EUROPOP2019.
- Ueckerdt, F., Hirth, L., Luderer, G., & Edenhofer, O. (2013). System LCOE: What are the costs of variable renewables?. *Energy*, 63, 61-75, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.072>.
- Zappa, W., Junginger, M., & Van Den Broek, M. (2019). Is a 100% renewable European power system feasible by 2050?. *Applied energy*, 233, 1027-1050, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.109>.

Ključne besede:

NEPN, razogljičenje energetike, zanesljivost oskrbe z električno energijo, cene električne energije, vlaganja v omrežje, konkurenčnost slovenskega gospodarstva, nizkoogljični viri energije.

Zahvale:

Avtorja se zahvalujeta Aleksandru Mervarju, Dejanu Paravanu, Tamari Lah Turnšek s sodelavci, ki so pod okriljem Sveta za razvoj SAZU skupaj z avtorjema pripravili Strategijo razvoja elektroenergetskega podnebne sistema Slovenije do leta 2050 ter generalni direktorici GZS Vesni Nahtigal s sodelavci iz GZS, ki so pomagali oblikovati to gradivo v sedanjih oblikah.

Kako pospešiti prehod v nizkoogljično družbo?

Andrej Ferdo Gubina, Inovacijsko-razvojni inštitut Univerze v
Ljubljani, in Ferdinand Gubina

Za vsako področje moramo napraviti **načrt razvoja**. Še posebej to velja to za elektroenergetski sistem, ker se električno energijo težko ekonomsko učinkovito shranjuje za daljša obdobja, porabo pa je treba v vsakem trenutku pokriti. Načrt razvoja ne sme zajemati samo energije, ki jo porabimo v časovnem obdobju enega leta, ampak predvsem moči, ker vsaka električna naprava za delovanje zahteva določeno moč, energijo pa porablja glede na trajanje svojega delovanja.

Elektroenergetski sistem je v fazi nujnega razogljičenja in zahteva zamenjavo večine klasičnih energentov, ki uničujejo okolje s škodljivimi izpusti. Zamenjava energentov potrebuje nove tehnologije. To predstavlja velike težave, ker je za njihov razvoj potrebno veliko časa in veliko finančnih sredstev, saj so elektroenergetski postroji zaradi velikih moči izredno dragi.

Med okolju bolj prijaznimi viri je jedrska energija, ki omogoča proizvodnjo celotne moči ves čas obratovanja, (98 % časa letno in remont), in ima nekaj stranskih učinkov. Na razpolago je še energija naših rek, ki jo oblikujemo v potrebno moč z zaježitvami, ki tudi niso okolju najbolj prijazne. Veter je pri nas kljub potencialu na razpolago v manjši meri.

Drugi pomembni vir pa je sonce s sončnimi elektrarnami. Problem sončne energije je njena nihajnost, saj obsevanje ni na razpolago ves čas. Iz **1000 MW** nameščenih sončnih elektrarn dobimo povprečno le za **100 MW moči**, torej le približno desetino. Za njeno izrabo pri pokrivanju dnevnega obremenitvenega diagrama porabe moči jo je treba shraniti v akumulatorjih in jo nato posredno z razsmerniki vrniti v omrežje. Dolgoročno shranjevanje poletne sončne energije za zimske mesece je zato izjemno težak problem, ker je treba shraniti zelo veliko količino energije: 180 MW ČHE Avče lahko obratuje s polno

močjo le 18 ur; baterija pa le nekaj ur, potem pa jo moramo spet napolniti.

Za daljši čas lahko **sončno energijo** shranimo v črpalnih elektrarnah (ČE), vendar s predhodno transformacijo v moč, kar pa predstavlja izgubo energije. Drugi način je njena pretvorba v vodik, ki je mogoča z elektrolizerji pri relativno veliki izgubi energije (izkoristek pretvorbe in prenosa je okrog 68 %). Pretvorba nazaj v elektriko za pogon npr. ČE daje okrog 33 %. Vodik je mogoče uporabiti v gorilnih celicah, ki imajo izkoristek pri pogonu vozil ali pri drugem delu okrog 48 %.

Obremenitveni diagram porabe elektrike lahko uspešno pokrijemo s konstantno proizvodnjo jedrskih agregatov, delno z močjo hidroelektrarn, za uporabo sončne energije pa je **potrebujemo v izjemno velikih količinah** zaradi nizkega faktorja moči, **saj je veliko izgubimo pri shranjevanju**. Samo z elektriko iz sonca imamo velike težave pri pokrivanju odjema električne moči, ki zahteva **stalno napetost, frekvenco in neprekinjenost dobave**. Primanjkljaj moči v sistemu ocenjujemo s kazalnikom LOLE (Loss of Load Expectation), kjer upoštevamo verjetnost proizvodnje moči posameznega vira.

Za reševanje teh problemov je nujno izdelati **načrt pokrivanja predvsem moči porabe** in ne le energije, kot je to v NEPN, za naslednjih 30 let in jih popravljati vsakih 10 let zaradi razvoja tehnologij, kot smo to delali doslej, zadnjič leta 1993.

Pomen učinkovite rabe in obnovljivih virov energije v energetskem prehodu Slovenije

Alojz Poredoš, Slovensko združenje za energetiko (SZE),
Alojz.poredos@sze.si

Poudarki:

Energetsko učinkovitost moramo zagotavljati v vseh členih verige energetske oskrbe: pretvorbah, transportu, distribuciji in rabi energije.

Tesna povezava med URE in OVE je ključnega pomena za trajnostno energetske prihodnost.

Izvleček:

Energetska učinkovitost (URE) na prvem mestu (»Energy efficiency first«) je pred desetletji uveljavljen in čedalje bolj upoštevan princip upravljanja z energijo. Direktiva o energetske učinkovitosti EU2023 močno poudarja energetske učinkovitost kot prvi ključni element zelenega prehoda. Nedvomno so dokazani mnogi neposredni in posredni pozitivni učinki učinkovite rabe energije na gospodarski razvoj, okolje in zdravje ljudi. Do nedavnega je bila pozornost posvečena predvsem učinkoviti rabi končne energije. Za resnično varčevanje s primarnimi energetske viri moramo zagotoviti energetske učinkovitost v vseh členih verige energetske oskrbe. To so pretvorbe oz. proizvodnja energetske produktov (el. energija, toplota ...), transport in distribucija energije ter končna raba energije. Pri vseh projektih učinkovite rabe energije moramo vsekakor poleg energetske upoštevati tudi stroškovno učinkovitost.

Viri energije so omejeni, tako fosilni kot nefosilni. Obnovljivi viri energije (OVE) imajo prednost pred fosilnimi viri zaradi bistveno nižjih emisij pri njihovi izrabi. Energetske oskrbe iz OVE ne smemo načrtovati na osnovi teoretičnega potenciala, ampak na osnovi realno ocenjenega tehničnega potenciala. Pri tem moramo opraviti analizo emisijske koristi posameznega OVE in jih na osnovi tega razvrstiti v prioritetni vrsti red. Temeljita analiza, kot na primer LCA analiza skozi življenjski cikel, nam pokaže, da ne obstaja povsem emisijsko nevtralen OVE.

Literatura in viri:

- Energy Efficiency Directive EU, 13. september 2023.
- Agencija za energijo: Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji za leto 2023.
- Posodobljeni Nacionalni energetska podnebni načrt NEPN, 2024.
- EASAC: The current status of biofuels in the European Union, their environmental impacts and future prospects, RSB EU RED (Roundtable of Sustainable Biofuels EU RED), December 2012.

Obnovljivi viri energije v Sloveniji

Andrej Senegačnik, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani,
andrej.senegacnik@fs.uni-lj.si

Uroš Stritih, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani,
uros.stritih@fs.uni-lj.si

Poudarki:

Potencial obnovljivih virov energije v Sloveniji, tehnološka zrelost uporabe časovno naključnih virov energije, iluzija razogličenja Slovenije do 2050.

Izveček:

Zelo zahteven okoljski načrt Evropske zveze (EU) je »Green deal«, ki predvideva, da bodo države EU do leta 2050 dosegle podnebno nevtralnost z opustitvijo fosilnih in jedrskih goriv in prehodom na obnovljive vire energije (OVE). Načrt je navidezno zelo všečen, toda ali je z obstoječimi OVE tehnologijami izvedljiv? Pomembne slovenske OVE delimo na časovno upravljive, kot so voda, biomasa, odpadki, in časovno naključne VRE (*ang. Variable Renewable Energy*), kot sta sončna (PV) in vetrna energija. Sedaj tudi IEA (*International energy Agency*) priznava, da za rast OVE v bližnji bodočnosti ostajata samo dva VRE vira – PV in veter, pri čemer veter v Sloveniji nima večjega potenciala. Ocena globalnega letnega prirasta VRE v letu 2023 je kar 550 GW (~75 % PV, 25 % veter). Pri električni energiji se kot ozko grlo prehoda na VRE izpostavlja sezonsko skladiščenje energije, zagotavljanje stabilnosti elektroenergetskega sistema in zmogljivosti prenosnega omrežja. Od neizkoriščenih OVE je v Sloveniji na voljo še nekaj vodnega in biomasnega potenciala ter energija odpadkov. Največji potencial imajo PV sistemi, toda brez systemske podpore in sezonskih hranilnikov je vsak dodatno instaliran kilowatt moči manj vreden (to priznava tudi že IEA). Za nadomestitev zemeljskega plina in naftnih derivatov z električno energijo se bo po optimističnem scenariju raba električne energije povečala najmanj štirikratno. Trenutno največji tehnološki problem polnega prehoda na VRE so velika systemska sezonska skladišča električne energije, ki

zagotovijo napajanje za čas, ko VRE viri ne delujejo (zima), kar je lahko tudi en mesec neprekinjeno.

Literatura in viri:

- Senegačnik, A., Sekavčnik, M., The Illusion of a Green Transition in Slovenia by 2050, Journal of Mechanical Engineering, 2024, vol. 70, 405-416, <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2024.1007>.
- Senegačnik, A., Stropnik, R., Sekavčnik, M., Rodman Oprešnik, S., Mlakar, U., Ivanjko, Š., Stritih, U., Integration of Renewable energy sources for sustainable energy development in Slovenia till 2050. Sustainable cities and society. 2023, vol. 96, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104668>.
- Schernikau, L., Smith, W.H., Falcon, R. Full cost of electricity “FCOE” and energy returns “eROI”. Journal of Management and Sustainability, 2022, vol. 12, p. 96-121, <https://doi.org/10.5539/jms.v12n1p96%0D>.

Ključne besede:

Zeleni prehod, raba energije v Sloveniji in globalno, (naključni) obnovljivi viri energije, skladiščenje energije.

Fotovoltaika

Marko Topič, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani,
Marko.Topic@fe.uni-lj.si

Vloga jedrske energije pri razogličenju

Luka Snoj, Institut Jožef Stefan, Fakulteta za matematiko in fiziko
Univerze v Ljubljani, luka.snoj@ijs.si

Leon Cizelj, Institut Jožef Stefan, Fakulteta za matematiko in fiziko
Univerze v Ljubljani

Poudarki:

Jedrska energija je najgostejši vir energije.

Jedrska energija je trajnosten nizkoogljičen in vremensko neodvisen vir energije z minimalno rabo virov.

Izvleček:

Jedrska energija je relativno nov vir in najgostejši vir energije, kar jih pozna človeštvo. Omogoča zanesljivo in trajnostno proizvodnjo energije z minimalno rabo virov, kot so prostor, gorivo in strukturni materiali. V predavanju predstavimo klasične jedrske reaktorje za proizvodnjo električne energije kot tudi male modularne reaktorje in jedrske baterije. Poleg proizvodnje električne energije jedrski reaktorji lahko zagotavljajo toploto za industrijske procese, sevanje za radiolitsko pretvorbo kemikalij, radioizotope za industrijo in medicino, dopiranje polprevodnikov ipd. Z jedrsko elektrarno bivamo stoletje, v katerem so zgodbi ogromno družbenih in tehnoloških sprememb. Zato je vloga znanosti in raziskav pri upravljanju jedrskih tehnologij ključnega pomena. Jedrska energija je strateška rešitev za trajnostno prihodnost, saj lahko nadomesti fosilna goriva v obsegu, ki ga alternative, kot so obnovljivi viri energije, težko dosežejo. Je pomemben dejavnik za dosego energetske varnosti ter neodvisnosti Slovenije.

Literatura in viri:

- Energy: A Human History Hardcover, Richard Rhodes.
- Sustainable Energy – without the hot air, David MacKay
FRS, <https://www.withouthotair.com>.

Ključne besede:

Jedrska energija, trajnost, vremenska neodvisnost, raba virov, raziskave.

Geotermija v Sloveniji – današnje stanje in perspektive

Mihael Brenčič, Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Geološki zavod Slovenije, mihael.brencic@ntf.uni-lj.si

Nina Rman, Geološki zavod Slovenije, nina.rman@geo-zs.si

Poudarki:

Slovenija ima na področju uporabe geotermalne energije pomemben potencial.

Geotermalna energija lahko v Sloveniji veliko prispeva k ozelenitvi sektorja ogrevanja in hlajenja.

Razumevanje stanja plitvih geotermalnih virov je dobro, izboljšati moramo poznavanje globokih geotermalnih virov.

Izveček:

Med intenzivnimi razpravami o energetski prihodnosti Slovenije se pogosto pozablja na geotermalno energijo. Naša država res da nima tako visokega geotermalnega potenciala, kot druge. Na primer Nova Zelandija ali Islandija imata zaradi naravnih danosti opraviti z visokoentalpijski sistemi. Tudi v naših sosednjih državah, kot so Madžarska, Hrvaška in Italija, so na voljo že dokazani geotermalni vodonosniki z visokimi temperaturami, ki omogočajo proizvodnjo električne energije. Pri nas poznavanje globokih visokotemperaturnih virov še ni zadostno. Kljub temu ima Slovenija na določenih področjih rabe geotermalne energije zelo pomemben potencial, ki ga ne smemo zanemariti, ampak ga je smiselno izkoristiti. Pri diverzifikaciji rabe obnovljivih energetskih virov in možnostih skladiščenja presežne toplote ali hladu lahko lokalni geotermalni potencial odigra pomembno vlogo.

Sedanje stanje razvoja tehnologije rabe in geotermalni potencial Slovenije še ne omogočata proizvodnje električne energije, geotermalna energija pa že in lahko še pomembno prispeva k ozelenitvi sektorja ogrevanja in hlajenja, še posebej ob ustreznem

prestrukturiranju tozadevnih daljinskih sistemov. Geotermalna energija je lokalni in stalen nizkoogljični obnovljivi vir energije z zelo visokim faktorjem delovanja. Plitvo geotermalno energijo lahko uporabljamo skoraj povsod, pri tem pa je potreben sistematičen pristop s spremljanjem delovanja teh sistemov in ustreznim hranjenjem pridobljenih podatkov. Dosedanje hektične prakse uporabe geotermalne energije in šibkega nadzora moramo izboljšati. Strmeti moramo k uvajanju kombinaciji različnih tehnologij obnovljivih virov energije.

Slovenija je na področju geotermalne energije prepoznana kot država z dobrim monitoringom stanja in visokim energetskega izkoristkom, vendar pa imamo zelo slabo raziskanost večjih globin. Na področju razvoja rabe geotermalne energije se v prihodnosti odpirajo naslednji izzivi: vzpostavitev ustrezne zakonodaje, razvoj učinkovitih upravnih postopkov za pridobivanje dovoljenj in koncesij, upravljanje s finančnimi tveganji, razvoj kadrov, raziskave naravnih potencialov v ustreznem merilu in razvoj projektov na območjih, ki so za to primerna. Raba geotermalne energije ni le vir toplote, hladu ali električne energije, ampak zagotavlja tudi podzemno skladiščenje energije in sočasno proizvodnjo surovin, kot so na primer plini (CO₂), ogljikovodiki ali kritične mineralne surovine.

Ključne besede:

Obnovljivi viri energije, plitva geotermija, globoka geotermija, termalna voda, geotermalni potencial.

Gradniki trajnostnega in pravičnejšega energetskega prehoda Slovenije

Dušan Plut, Svet za varovanje okolja SAZU, dusan_plut@t-2.net

Poudarki:

Prepolovitev porabe primarne energije na prebivalca, čim manjše povečanje porabe električne energije, opustitev rabe fosilnih goriv in rabe jedrske energije ter ekosistemsko pretehtana raba obnovljivih virov energije so ključni globinski trajnostni gradniki energetskega prehoda Slovenije do leta 2050.

Izveček:

Med okoli 200 državami sveta je bilo leta 2023 33 držav z jedrskimi elektrarnami (JE), ki so proizvedle 9 % električne energije (1996 - 17,5 %), sončne elektrarne (SE) (6 %) in vetrne elektrarne (VE) (8 %) pa so proizvedle 14 % električne energije. V obdobju 2003-2022 je bilo na omrežje priključenih 99 jedrskih reaktorjev (od tega 49 na Kitajskem), izključenih pa 105. Leta 2022 so bile investicije v JE 14-krat manjše (35 milijard dolarjev) kot v SE in VE (500 milijard dolarjev). Po podatkih IEA se je v obdobju petih let moč SE po svetu povečala za štirikrat. Po navedbah globalnega energetskega združenja (GEA) so se tudi tehnologije shranjevanja električne energije v obdobju 2013-2023 povečale za 4-krat.

Po konceptu (omejenega) okoljskega prostora in koncepta negativne »družbe 2000 vatov« naj bi bila v bogatih državah (vključno s Slovenijo) prepolovitev letne porabe primarne energije (pod 17.500 kWh) temeljni gradnik zahtevnega sonaravnega energetskega prehoda. Drugi gradnik pa je ekosistemsko skrajno pretehtana raba različnih obnovljivih virov energije (OVE), ki so prepoznavni kot ključni proizvodni gradniki preoblikovane planetarne energetske pokrajine. Seveda tudi raba OVE ni brez nekaterih negativnih okoljskih in ekosistemskih posledic.

Globinsko sonaravni energetski scenariji ne vključujejo JE, tudi zaradi prelaganja skrbi skladiščenja radioaktivnih odpadkov na številne prihodnje generacije, povezanosti civilnega in vojaškega atoma, z

vidika podnebne krize dolgotrajnega umeščanja in gradnje JE, tveganj z zmanjšanjem sredstev za druge investicije in javne storitve, velike tehnološke odvisnosti od proizvajalca jedrskih reaktorjev in uvoženega jedrskega goriva, omejenih demokratičnih mehanizmov za nadzor upravljanja, številnih finančno-ekonomskih, varnostnih (npr. JE kot vojaški cilji) in korupcijskih tveganj itn.

Gradniki trajnostno sonaravne in medgeneracijsko pravičnejše energetske poti Slovenije do srede 21. stoletja naj bi bili po mnenju pisca naslednji:

- ključen trajnostni gradnik - najmanj prepolovitev rabe primarne (in končne) energije na prebivalca (v zgradbah, industriji, storitvah, gospodinjstvih, z uveljavitvijo skladnejšega regionalnega razvoja itn.) in čim manjše povečanje rabe elektrike;
- opustitev okoljsko-podnebno nesprejemljive in visokoentropijske centralizirane rabe omejenih, neobnovljivih zalog fosilnih virov - zaprtje TEŠ verjetno pred letom 2033;
- osrednja in vse večja vloga sicer ekosistemsko pretehtane proizvodnje elektrike s pomočjo mavrice domačih, decentraliziranih OVE - sončna energija (ključna), okvirna stabilizacija proizvodnje v HE, ekosistemsko pretehtana večja raba biomase in v manjši meri vetrne energije, večja raba geotermalne energije za proizvodnjo toplote in kasneje tudi za večjo proizvodnjo elektrike;
- časovno in količinsko omejena raba uvoženega urana - obratovanje obstoječe JEK verjetno do leta 2043 (v razmerah bistveno povečanega varnostnega tveganja – do leta 2063), vendar brez gradnje JEK2;
- interdisciplinarna strokovna ocena: ali bo za stabilno oskrbo z elektriko in zgolj za kritične razmere potrebna a) časovno (verjetno do leta 2040) in količinsko (400-700 MW) omejena dodatna gradnja plinskih elektrarn na uvoženi plin - do čim hitrejši nadomestitve z doma proizvedenimi sintetičnimi plini, zelenim vodikom, novimi viri energije itn.); druga varianta – b) večji uvoz elektrike v kritičnih razmerah;

- pospešena modernizacija elektroenergetskega omrežja ter podpora razvoju in rabi hranilnikov električne energije (baterijski hranilniki, črpalne elektrarne itn.).

Družbena tveganja in veliki projekti: primer JEK 2

Pavel Gantar, Prostorski in okoljski sociolog (upokojen),

Pavel.Gantar@siol.net

Poudarki:

Izgradnja velikih projektov, kot je na primer JEK 2, prinaša specifična družbena tveganja, ki segajo onkraj klasičnih inženirsko tehnoloških, ekonomskih in okoljskih kalkulacij.

Družbena tveganja, ki jih razumemo kot »človeško proizvedena tveganja« se ne nanašajo samo na energetske oskrbo, ki vključuje jedrsko energijo, pač pa tudi na alternativne proizvodnje energije. Poskušali bomo pokazati, da je narava tveganj različna.

Izveček:

Obravnaval bom naslednja tveganja: (1) »Železni zakon« velikih projektov, ki vključuje prekoračitve stroškov, časovnih rokov izgradnje ter nedoseganje predvidene učinkovitosti projektov. (2) Zastarelost tehnologij ob dolgem roku izgradnje, saj se v vmesnem roku lahko zgodijo tehnološke inovacije, ki vplivajo na učinkovitost projekta. (3) Družbene posledice tako imenovanega energetskega prehoda. Vsi dosedanja energetske prehodi so temeljito prestrukturirali družbena razmerja, vendar ne na slabše, čeprav lahko določene skupine izgubljajo. (4) Problemi pristranskega odločanja ob tako imenovani »podedovani odvisnosti«, ki vključuje »zaklenjenost odločanja« v določen vzorec in onemogoča alternativne rešitve. In (5) varnostna tveganja, ki so povezana z različnimi tehnologijami. Obravnaval bom predvsem razlike med tveganji, ki jih prinašajo JE z veliko »interaktivno kompleksnostjo« in razpršenimi tveganji, kot jih predstavljajo OVE.

Literatura in viri:

- Beck, U. 2001. Družba tveganja. Na poti v neko drugo moderno. Ljubljana: Krtina.
- Flyvbjerg, B., (Ed.), 2017. The Oxford Handbook of Megaproject Management. Oxford: University Press.

- Flyvbjerg, B., 2017a. Introduction: The Iron Law of Megaproject Management. V: Flyvbjerg (2017).
- Hirschman, A., 2015, /1967/. Development Projects Observed. Washington, D.C.: The Brookings Institution. (Kindle Edition)
- Malm, A., 2023. Fossilni kapital. Vzpon parne moči in izvori globalnega segrevanja. Ljubljana: Založba *cf.
- Perrow, C., 1999 /1984/. Normal Accidents. Living with High-Risk Technologies. Princeton: Princeton University Press.
- Urry, J., 2016. What is the Future? Cambridge: Polity Press. (Kindle Edition).

Ključne besede:

Veliki projekti, družbena tveganja, negotovost, energetski prehod, podedovana odvisnost, kompleksnost.

Zahvale:

Številnim kolegom iz različnih strokovnih področij za temeljite in včasih dolgotrajne in težavne razprave o naši energetski prihodnosti.

Ekonomska analiza energetskega prehoda – veliko več kot osredotočenje na finance

Jonas Sonnenschein, Umanotera, Slovenska fundacija za
trajnostni razvoj, jonas@umanotera.org

Poudarki:

Preozke finančne analize lahko privedejo do ekonomsko
neoptimalnih odločitev za energetske sistem.

Politične odločitve o energetskih scenarijih morajo temeljiti na
multidisciplinarni ekonomski analizi, vključno z ugotovitvami
makroekonomije, okoljske, inovacijske in vedenjske ekonomije.

Izvideček:

Obstoječe ekonomske analize energetskih scenarijev se pogosto
osredotočajo na preozke finančne vidike, kot so investicijski stroški ali
cene električne energije. Namen tega prispevka je odpreti
multidisciplinarno ekonomsko razpravo o različnih možnostih
energetske prihodnosti Slovenije. K tej razpravi lahko prispeva več
področij ekonomske vede, ne le finance.

Makroekonomija razpravi dodaja vidike, kot so dodana vrednost
energetskih scenarijev, ustvarjanje delovnih mest, uvoz in izvoz.
Osrednji poudarek okoljske ekonomije je, da ne upošteva le tržnih cen
in finančnih stroškov, temveč vključuje tudi širše družbene in okoljske
stroške, tako imenovane eksternalije, kot so emisije TGP,
onesnaževanje zraka in vode, raba tal, itd. V inovacijski ekonomiji je
poudarek na dinamiki energetskega sistema, razvoju novih tehnologij
in krivuljah učenja obstoječih tehnologij, kar je privedlo do strmega
padca cen ključnih tehnologij, kot so sončne elektrarne in baterije.
Vedenjska ekonomija izpodbija predpostavko o popolni racionalnosti
ekonomskih subjektov in prispeva pomembne empirične ugotovitve k
izvajanju energetskega prehoda, na primer, kako se izogniti
vračunavanju potopljenih stroškov in zmoti pri načrtovanju. S tem je
tesno povezana teorija pogajanj, ki med drugim poudarja, da je treba
imeti za uspešna pogajanja vedno rezervni scenarij.

Nobeno od naštetih področij ekonomije ne bi smelo biti izvzeto, da ne
bi, tako kot številne ekonomske analize, preveč poenostavili
zapletenih sistemov in se osredotočili na en projekt/ scenarij/

tehnologijo, namesto da bi izvedli primerjalno analizo. Poleg tega analize redko vključujejo temeljite analize tveganj in občutljivosti rezultatov glede na spremembe ključnih predpostavk. Kako bi lahko različne ekonomske discipline in metode prispevale k boljšemu razvoju energetskih scenarijev, dobro kaže primer odločanja o JEK2, ki zaenkrat temelji predvsem na pomanjkljivih finančnih analizah.

Literatura in viri:

- Sonnenschein, J., 2024. Ekonomika jedrske novogradnje v Sloveniji: od preozke finančne analize do temeljite ocene družbenih stroškov in koristi ter tveganj. Vseslovenska energetska konferenca, Ljubljana.
- ostali viri so navedeni v PPT posveta.

Ključne besede:

Energetski sistem, ekonomska analiza, analiza tveganja, makroekonomija, okoljska ekonomija.

Okrogla miza

(moderator Jonas Sonnenschein)

Uvodne besede Bojan Kumer, minister za okolje, podnebje in energijo RS

K razpravi vabljeni:

Zoran Kus, bivši državni sekretar za okolje in prostor, poznavalec podnebne in trajnostne krize, zorankus1@gmail.com

Krešimir Bakič, Krešimir Bakič, Slovensko združenje elektroenergetikov, CIGRE – CIREN, CIGRE Paris, Honorary member, kresimir.bakic@k-esi.eu

Danijel Levičar, državni sekretar za nacionalni jedrski program

Bogomir Kovač, Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani

Lučka Kajfež Bogataj, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Miroslav Gregorič, Bivši direktor URSJV, Poslanec DZ

Energetska revolucija z obnovljivimi viri

Zoran Kus, bivši državni sekretar za okolje in prostor, poznavalec podnebne in trajnostne krize, zorankus1@gmail.com

Poudarki:

Trajnostni energetske prehode temelji na eksponentnem razmahu obnovljivih virov energije, zlasti sončne, baterij in hranilnikov velike zmogljivosti, ter P2X goriv oziroma prenosnikov energije kot je zeleni vodik in druga, ob hkratnem rapidnem zmanjševanju stroškov kapitala in cen elektrike.

Izveček:

Obnovljivi viri energije, predvsem sončne, so absolutni zmagovalci zelenega in trajnostnega energetskega prehoda. K temu uspehu so pripomogle pospešene inovacije in konkurenca, digitalizacija in umetna inteligenca, eksponentna rast zmogljivosti ter rapidno padajoči stroški kapitala in cene energije. Pomembno vlogo imajo tudi druge zelene tehnologije kot so stroškovno učinkovite baterije in hranilniki energije velike zmogljivosti (v angl. *grid-scale-storage*) ter P2X goriva (v ang. *Power to X*) oziroma prenosniki energije, kot je zeleni vodik in druga. Celotni stroški kapitala za kombinirani scenarij z obnovljivimi viri energije in ključnimi zelenimi tehnologijami bi bili bistveno manjši kot za scenarij z velikim deležem jedrske energije, dolgoročno izravnana cena elektrike pa bi bila najnižja med vsemi viri energije, s padajočim trendom tudi v prihodnje.

Priča smo zori sončne dobe in največje svetovne energetske revolucije v zgodovini, ki bo v naslednjem desetletju eksponentno sledila najbolj strmemu delu ekonomske S-krivulje, s podvojitvijo zmogljivosti vsaki dve do tri leta, velikih hranilnikov pa celo vsako leto. Vsako podvojitve zmogljivosti spremlja 20-odstotno znižanje cen, kar pomeni, da se bodo te najkasneje do leta 2030 prepolovile, z nadaljnjim upadanjem tudi v prihodnje. Govorimo o sodobnem energetskem internetu in o zgodovinski energetski »prelomnici« (v ang. »*Game Changer*«), ki celovito in učinkovito naslavlja globoko podnebno krizo sveta, Evropske unije in tudi Slovenije. Za razumevanje energetske revolucije z obnovljivimi viri in ključnimi

zelenimi tehnologijami moramo intuitivno linearno razmišljanje zamenjati s poznavanjem eksponentne rasti.

Svetovna stroškovna cena elektrike iz sončnih elektrarn se bo z današnjih 40 dolarjev na megavatno uro do leta 2030 zmanjšala na manj kot 20 dolarjev, vetrnih elektrarn s 40 na 30 dolarjev; cena hranilnikov velike zmogljivosti s 120 dolarjev na kilovatno uro na 40 in cena litijevih baterij s 130 dolarjev na 60 (na Kitajskem je takšna cena že danes); cena zelenega vodika pa s 3 dolarjev za kilogram na 1 dolar. In tudi te cene se bodo zaradi Mooreove in Wrightove ekonomske zakonitosti že v nekaj letih praktično spet prepolovile.

Cene fosilnih energentov in jedrske energije bodo tudi v prihodnjih desetletjih ostajale zelo visoke in monopolno oblikovane. Na pasti visokih stroškov energije iz novih jedrskih elektrarn opozarja tudi ena najbolj pomembnih novih strategij Evropske komisije o prihodnosti evropske konkurenčnosti (*poročilo Maria Draghija*), ki navaja, da se je stroškovna cena elektrike iz jedrskih elektrarn v dobrem desetletju povečala kar za 46 odstotkov, in sicer od 123 dolarjev na megavatno uro v letu 2009 na današnjih 180. To predstavlja ogromno razliko v primerjavi s cenami sončne energije, kar že napoveduje postopni zaton jedrske industrije.

Ključne besede:

Energetska revolucija, eksponentna rast, hranilniki velike zmogljivosti, P2X goriva – zeleni vodik.

Pogled na globalni razvoj elektroenergetike do leta 2050 in slovenske dileme razvoja

Krešimir Bakič, Slovensko združenje elektroenergetikov, CIGRE –
CIRED, CIGRE Paris, Honorary member, kresimir.bakic@k-esi.eu

Poudarki:

Razogljičenje energetike in posebej elektroenergetike spodbuja znanost k novim rešitvam razvoja globalnega sistema in nacionalnih energetskega sistemov. Modeliranje dolgoročnega razvoja EES zahteva nove pristope in razvoj novih orodij za dinamične simulacije.

Integracija obnovljivih virov energije velikega obsega in nadgradnja električnih omrežij ter hranilnikov prinašata nižje stroške proizvedene MWh električne energije kot dosednji klasični viri energije. Poprečna globalna stroškovna cena MWh v letu 2050 s 60–70 % OVE bi bila okrog 50 €/MWh.

Izvilleček:

V prispevku se obravnava dolgoročni razvoj globalnega elektroenergetskega sistema do leta 2050. Vse pomembnejše svetovne svetovalne organizacije (IEA, CIGRE, DNV, McKinsey) predvidevajo delež OVE nad 60 % do leta 2050. V CIGRE študijskem komiteju C1 za Razvoj in ekonomijo sistemov smo v delovni skupini (WG C1.44) zadnjih pet let analizirali razvoj globalnega električnega sistema (GES), upoštevajoč že delujoče makrointerkonekcije sveta (teh je 20 po vseh celinah) in primerjali stroškovno ceno MWh pri različnih strukturah virov svetovne elektroenergetike, vplive novih povezav med regijami in celinami, vplive hranilnikov, DR in stroške za CO₂ ter ugotovili naslednje: stroškovna cena je nižja z več OVE in več omrežnih povezav. Tako smo dobili za l. 2050 v strukturi 71 % OVE, 18 % JE in 11 % plinske elektrarne poprečno stroškovno ceno 47,1 €/MWh. Simulacije svetovnih regij (interkonekcij) so bile izdelane z najsodobnejšim programskim paketom (Plexos). Obremenilni diagrami (tedenski za eno leto) so bili pridobljeni na osnovi dejanskih podatkov za leto 2016. Poraba za 2050 je bila modelirana 40.000 TWh skladno s scenarijem WEC. V simulaciji se je upoštevalo povečanje deleža JE iz sedanjih 13 % na 18 %, čeprav

IEA ne predvideva tega povečanja v svojih scenarijih do 2050. Cigre nova delovna skupina C1.50 nadaljuje raziskavo v smeri vpliva deleža vodika na stroškovne cene v letu 2050. Takšna modeliranja zelo dinamičnega sistema so zelo zahtevna.

Slovenija nujno potrebuje energetske strategije in analize variant razvoja z najsodobnejšimi orodji za modeliranje virov, ponorov in celotnega električnega omrežja, kot smo to delali nekoč. NEPN ni strategija.

Literatura in viri:

- Global interconnected and sustainable electricity system, CIGRE WG C1.44, Paris, 2024.
- Global electrical network, CIGRE WG C1.35, Tehnična brošura (TB 775), Paris, 2019.
- Energy transition outlook 2024, Main report, DNV, Oslo, 2024. <https://www.dnv.com/energy-transition-outlook/download/>.
- World Energy Outlook 2024, IEA, Paris, 2024. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>,
- Global energy perspective 2024, McKinsey, September, 2024. <https://www.mckinsey.com/industries/energy-and-materials/our-insights/global-energy-perspective>.

Ključne besede:

Elektroenergetika, globalni razvoj, viri energije, stroškovna cena MWh, simulacija, modeli.

Zapiski

ENERGETSKA PRIHODNOST SLOVENIJE

Znanstveno srečanje

Organizator: Slovenska akademija znanosti in umetnosti

Program posveta in povzetki referatov

Programski odbor:

prof. dr. Hojka Kraigher, predsednica Svet za varovanje okolja pri SAZU

akad. Igor Emri, predsednik Sveta za razvoj pri SAZU

prof. dr. Alojz Poredoš, predsednik Sveta za energetiko pri SAZU

dr. Žiga Zaplotnik, predsednik Podnebnega sveta RS

dr. Jonas Sonnenschein, podpredsednik Podnebnega sveta RS

Prispevki niso jezikovno pregledani niti recenzirani. Za vsebino odgovarjajo avtorji sami.

Tehnična urednica

dr. Sandra Bratuša

Tehnična pomoč

Biblioteka SAZU, mag. Petra Vide Ogrin

Založila in izdala

Slovenska akademija znanosti in umetnosti

Razmnoževanje

Megacop, Ljubljana, november 2024

Naklada

100 izv.