

# JEDRSKA ENERGIJA - NE HVALA!

Dušan Plut



# **Jedrska energija - ne hvala!**

Dušan Plut

Ljubljana, 2024

**NASLOV:** Jedrska energija – ne hvala!

**AVTOR:** Dušan Plut

**COPYRIGHT:** Inštitut za ekologijo, 2024. Vse pravice pridržane.

**UREDIL:** Andrej A. Lukšič

**JEZIKOVNI PREGLED:** Anja Muhvič

**NASLOVNICA IN PRELOM BESEDILA:** Jaka Modic

Izid knjige sta finančno podprla Ustanova dr. Šiftarjeva fundacija  
in Inštitut za ekologijo.

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

COBISS.SI-ID 204653059

ISBN 978-961-96131-8-4 (Inštitut za ekologijo, PDF)

# Kazalo

Predgovori .....	5
Preambula .....	13
Uvod .....	17
Energetska vloga jedrskih elektrarn .....	36
Stroški gradnje jedrskih elektrarn in cena proizvedene električne energije .....	41
Razgradnja jedrskih elektrarn .....	55
Problematika radioaktivnih odpadkov .....	60
Degradacije posledice rudnikov urana .....	67
Jedrske nesreče, biodiverzitetna in druga jedrska varnostna tveganja .....	72
Jedrska energija in podnebne spremembe .....	84
“Miroljubni” in vojaški atom - siamska dvojčka .....	96
Manjši modularni jedrski reaktorji in oplodni reaktorji - ohranjanje jedrskih tveganj .....	102
Jedrska energija in energetska demokracija .....	112
Jedrska energija in trajnostna, varna, medgeneracijsko pravična energetska prihodnost .....	118
Slovenska energetika na razpotju .....	143
Ključni razlogi za gradnjo JE Krško 2 .....	149
Ključni razlogi proti gradnji JE Krško 2 .....	161
Nejedrski, globinsko trajnostni gradniki energetike Slovenije .....	171
Literatura .....	206

Srčni Manci Košir v spomin ...

## Predgovori

*Dušan Plut*, geograf in zaslužni profesor Univerze v Ljubljani, se že vse svoje ustvarjalno obdobje iskreno zavzema za *ekohumanizem*, kar pomeni sopovezano, celostno reševanje okoljskih in družbenih problemov. Za ta namen je v tem našem ranjenem času globalnih paradigmatških sprememb razvil znanstveno metodologijo, ki temelji na etiki. Njegova monumentalna monografija *Ekosistemska družbena ureditev* (2022) analizira ves kompleks teh sodobnih vprašanj, pričujoča knjiga *Jedrsko energija – ne, hvala!* pa postavlja v ospredje tisti del teh celostnih, nepristranskih analiz, ki se nanašajo na aktualno slovensko razpravo o potencialni gradnji drugega bloka jedrske elektrarne v Krškem (JEK2).

Toda žal pri nas doslej neke resnejše razprave o tem skorajda ni bilo, čeprav se hitro bliža datum predvidenega referendumskega odločanja o tem vprašanju. Le kako naj se državljani izrekamo o tej zelo kompleksni temi, če pa nimamo skorajda nobenih kredibilnih podatkov: zlasti o realnih stroških gradnje (ter obratovanja in nazadnje razgradnje) in s tem o ceni elektrike iz nove nuklearke, o dolgoročnih varnostnih tveganjih, nadalje o zanesljivih rokih (to je izjemno pomembno, kajti totalni okoljski zlom se lahko zgodi že prej kot v desetih letih), nenazadnje seveda tudi o etičnih zagotovilih, da se ne bo ponovila podobna netransparentna, koruptivna blamaža kot pri TEŠ-6 (le da tokrat še petnajstkrat dražja). Vlada se je deklarativno sicer zavezala za »transparentnost in neodvisnost pri vodenju investicijskih odločitev«, a že zamegljeno prehitavanje z referendumom ne spoštuje teh zavez.

Pričujoča knjiga navaja množico tako zelo potrebnih podatkov, iz katerih si bralec/bralka šele lahko izoblikuje svoje lastno mnenje o morebitni upravičenosti, a še verjetneje o neupravičenosti načrtovanega državnega projekta JEK2. Posebna dragocenost knjige je v tem, da nam končno ponuja celostni vpogled v to

problematiko. To je edini način, da se izognemo preštevilnim manipulacijam. Projekt JEK2 je kapitalsko (pa seveda tudi okoljsko in družbeno) izjemno »težak«, zato so se vanj vgnezdili številni parcialni interesi, ki zamegljujejo celotno sliko.

Poleg tega pa uradno, vse preveč enostransko propagando za JEK2 poganja še nekaj drugega. Uvidimo psihološko past, v katero so se nevede ujeli tudi sami propagandisti: Res, tako lepo je verjeti, da nas bo zaščitil in potešil našo energetske želje nek »alfa samec« na področju energetike. Namreč, v sodobni tehnokratski mitologiji nuklearna zaseda natanko to funkcijo: vsa moč je skoncentrirana v eni enoti, navzven nje pa se (tudi zaradi zahtevnih jedrskih tehnologij) raztezajo močne hierarhične strukture. Premalo smo predelali te skrivne, vendar že preživele mitološke arhetipe. Zato ni čudno, da je pretežni večini politike in jedrskih lobijev ideja močnega »odrešitelja« vseč – ne glede na finančne, okoljske in družbene posledice takega verovanja.

*Andrej Detela, fizik in inovator*

•••

V novi knjigi »Jedrska energija - ne hvala!« nam dr. Dušan Plut s prepričljivimi argumenti in bogatim znanjem, na zanimiv in strokoven način, podrobno ter uravnoteženo predstavi dva scenarija energetskega prehoda Slovenije: sodobnega z obnovljivimi viri, in zastarelega z jedrsko energijo. Absolutni zmagovalec so obnovljivi viri energije, katerih stroški kapitala so nekajkrat manjši zaradi pospešenih inovacij in konkurence, cena elektrike pa je najnižja med vsemi viri. Zato bo odločitev na posvetovalnem referendumu o morebitni gradnji nove jedrske elektrarne Krško (JEK2) zelo lahka.

Revija *The Economist* je junija 2024 posebno številko nasloвила: »Zora sončne dobe« (v ang. »*Dawn of the Solar Age*«), v kateri navaja, da je sončna energija nedvoumni zmagovalec svetovnega zelenega energetskega prehoda in razogljčenja, saj z eksponentno rastjo, hitro padajočimi cenami in trajnostnim energetskim sistemom močno prehiteva celotno konkurenco. Proizvodnja sončne energije se

podvoji vsake tri leta, kar pomeni, da se je v zadnjem desetletju povečala kar za desetkrat. Naslednje desetletno povečanje pa bo že osemkrat preseгло proizvodnjo energije vseh jedrskih elektrarn. Nove študije Univerze v Oxfordu (*Institute for New Economic Thinking*), kažejo, da bodo obnovljivi viri energije, predvsem sončna in vetrna s hranilniki in elektrolizerji (*naprave za proizvodnjo vodika*), ki so »ključne zelene tehnologije«, že v nekaj letih postali največji, najpomembnejši in najcenejši na planetu. Njihova eksponentna rast popolnoma spreminja energetska trajnostni jutri, z najnižjimi cenami v zadnjih sto letih (*ob upoštevanju inflacije*) in jasno predvidljivimi padajočimi trendi cen (*povprečno 10% letno*); s pospešenim razogljičenjem in z učinkovitim naslavljanjem podnebne krize, vse do ničelnih emisij ogljika v energetiki najkasneje do leta 2050. Nov, bolj zdrav, varen, trajnosten, zelen energetski sistem bo zagotovo mnogo cenejši kot je sedanj s fosilnimi gorivi, in bistveno cenejši kot jedrski scenarij. Podnebne, trajnostne, zdravstvene in družbene koristi pa bodo enormne. Sončna doba končno prinaša nujno demokratizacijo in digitalizacijo energetike. Zaton fosilne in jedrske energetike pa odnaša preživele in zastarele prakse prejšnjega stoletja ter pomeni konec visokih in monopolnih cen energije.

*Zoran Kus,*

*bivši državni sekretar za okolje in prostor, poznavalec podnebne in trajnostne krize*

• • •

Posvetovalni referendum o izvedbi JEK2 v novembru 2024 je javna oblast zastavila tako, da se bodo državljani in državljanke lahko odločali le o tem, ali je jedrska tehnologija kot taka sprejemljiva za proizvodnjo električne energije v Sloveniji ali ne, torej referendumski izid bo bolj pokazal načelno podporo oz. ne podporo državljanek in državljanov jedrski tehnologiji in ne, kako in s katerimi tehnologijami za proizvodnjo električne energije, ki so danes na razpolago, naj zadovoljimo prihodnje proizvodnje in potrošniške potrebe v Sloveniji.

Referendum torej ne bo govoril o različnih scenarijih zadovoljevanje skupnostnih in individualnih potreb po električni energiji in o vseh možnih tehnologijah; tak demokratični referendum bi terjal različne tipe strokovnih informacij, interdisciplinarno strokovno podlago, javno razpravo s soočanjem različnih mnenj in pozicij; skozi proizvajanje kvalificiranega kolektivnega vedenja bi se oblikovale diskurzivne koalicije različnih akterjev; ta proces bi potekal znotraj obstoječih kolektivnih akterjev in institucije in jih razdvajal ter na novo povezoval; tudi Državni zbor kot skupnostni politični odločevalec bi se razdelil in polariziral, pa vendar bi na koncu odločil, kako naj zadovoljimo zadostno količino električne energije in s katerimi tehnologijami. Izvedba takega vsebinskega referenduma terja vse tisto, na kar so poslanke in poslance v Državnem zboru opozorili 11. maj 2024 nevladne organizacije (Greenpeace Slovenija, Umanotera, Focus, PIC) in Dušan Plut; opozorili so na številne sporne vsebinske vidike resolucije ter na nedemokratičen proces odločanja v primeru načrtovanega novega bloka jedrske elektrarne Krško – JEK2.

Javni oblasti torej ne gre za vsebinski, temveč za načelni referendum o miroljubni uporabi jedrske tehnologije; to bo referendum o načelni sprejemljivosti jedrske tehnologije; v tem smislu lahko govorimo o etičnem referendumu, ki bo presojal o tem, ali je jedrska tehnologija dobra ali slaba in ali je prav, da se zanjo odločimo ali ne, v katerih državah so ji naklonjeni, kdo vse jo tam podpira, in ne nazadnje, s katerimi sprejetimi mednarodnimi in domačimi normami je usklajena, kaj nam pozitivnega prinaša ta na jedrski tehnologiji vzpostavljena vizija razvoja. Pri presoji na tem referendumu bo torej pomembna splošna predstava in načelne naklonjenosti oz. nenaklonjenosti tej tehnologiji, zato se že v dlje časa potekajočih PR-aktivnostih - in gre pričakovati, da bo tako tudi v referendumski kampanji – izpostavljajo predvsem informacije, podatki, narativi ipd., ki jačajo/bodo jačali splošno razpoloženje do te tehnologije, upajoč, da se bo javno mnenje in splošno razpoloženje spremenilo do te mere, da bodo volivci načelno podprli miroljubno uporabo jedrske tehnologije v Sloveniji.

Javna oblast zato implicitno in posredno podpira le tiste akterje in njihove aktivnosti, ki v javni sferi uporabljajo PR-prijeme

za jačanje in nagovarjanje te splošno ponotranjene predstave; hkrati pa minimalizira možnosti interdisciplinarnih debat in se izogiba akterjem, ki terjajo organiziranje javnih razprav in poglobljenih uvidov; temu modro sledijo tudi odločitve o znatni finančni podpori agencijam, ki so izurjene v oblikovanju naklo-njenega javnega mnenja (rizičnim) tehnologijam.

Eden od pomembnih poudarkov pred referendumске in refe-rendumske kampanje je/bo zagotovo to, da se jedrsko tehnologijo želi čim širšemu krogu volivcev in volivk prikazati tako, da bo do-jeta kot le ena izmed mnogih tehnologij 20. stoletja, ki so ljudem omogočali kvalitetno življenje, boljše zdravje, dovolj hrane ipd.; torej kot tehnologijo, ki je zagotavljala družbeni in ekonomski razvoj ter blagostanje slehernemu posamezniku in celotni skup-nosti. Kdo pri zdravi pameti bi hotel nasprotovati nadaljnji rabi te tehnologije?

Pa vendar se jih nekaj najde. Tisti, ki si upajo tej predstavi oporekati, z argumenti ali brez, so pri ljudeh, ki so ponotranjili ta tehno-razvojni narativ, dojeti kot tisti, ki so proti tehnološke-mu razvoju, proti znanosti, proti ekonomskemu in družbenemu razvoju, proti blagostanju in dobrobiti posameznikov in celotne skupnosti. S takimi se pač nima smisla ukvarjati, z njimi se ne da niti pogovarjati niti česar koli dogovoriti, njihovo mnenje in stališče je treba spraviti čim prej iz javnega prostora in jim prepre-čiti ali čim bolj ovirati dostop vanj. Tehno-razvojni narativ tako implicitno, kot svojo skrito stran, vsebuje tudi ta način selekcije in celo izključevanja, ki javni oblasti na sploh ni tuja.

Pa vendar so najdejo tudi takšni, ki se temu narativu zo-perstavljajo z argumenti; nemški sociolog Ulrich Beck, ki je prvi opozoril leta 1985 s knjigo Risikogesellschaft, da tehnologije ni-majo vse istega dometa in da so rizične tehnologije po svoji naravi - po učinku na družbo in naravo - povsem nekaj drugega kot teh-nologije prejšnjih generacij; v mednarodni znanstveni skupnosti ni edini glas, ki terja javno refleksijo glede uporabe teh tehnologij. Ob refleksivni strokovni javnosti se tudi v civilni družbi takšni glasovi vse bolj glasni in organizirani v različne forme (NVO, gibanja, iniciative, lokalne pobude, strokovna društva ipd.).

Zagovorniki jedrske tehnologije zato hočejo čim bolj zmanjšati tako vpliv na javno mnenje civilnodružbenih akterjev kot omiliti glas refleksivnih strokovnjakov, ki kažejo na temne plati tehnološkega razvoja, še posebno na to specifično naravo rizičnih tehnologij, kamor nedvomno sodi tudi jedrska tehnologija. Čeprav se Janusov obraz jedrske tehnologije želi prikazati kot obličje nedolžnega otroka v najbolj abstraktni obliki, se njeni neposredni in posredni ter potencialni učinki na okolje, na demokratično-politično življenje, na specifične polarizacije po spolu, razredu, starosti, generacijah, pa tudi na pogoje vsakdanjega življenja posameznikov in skupnosti vse bolj izpostavlja; ponuja se nam podoba, kot da je jedrska tehnologija po vsem nevtralna in ne proizvaja specifičnih učinkov na družbo in naravo; kot da dolgoročno ne zaznamuje pogojev bivanja vseh živih bitij v Sloveniji oz. v širši okolici jedrskega objekta, ki obsega več držav, že s tem, da je tu, s svojo prisotnostjo in normalnim delovanjem, kaj šele če pride do kakršnih koli manjših ali večjih naravnih, vojaških, klimatskih, tehničnih ipd. napak, ki bi vodile naravnost v katastrofo širšega obsega.

Referendum bo torej na tiho stavil na dejstvo, da bodo imeli volivci in volivke ponotranjeno splošno predstavo o pozitivni vlogi tehnologij pri razvoju družbe in njihovega blagostanja in da se temu blagostanju niso in ne bodo pripravljene odpovedati. V tem smislu pred referendumom ne gre pričakovati širše javne razprave, ki bi pokazala na to, da je jedrska tehnologija kot rizična tehnologija po svoji naravi povsem nekaj drugega, kot so druge tehnologije 20. stoletja, in da je pripoznana kot medgeneracijsko neetična in da bi morali staviti na druge manj problematične tehnologije za proizvodnjo električne energije.

Odločitev za jedrsko opcijo ima veliko etično težo in sproža vrsto političnih kontroverz; javna oblast želi z referendumskim izidom dobiti od državljanov in državljanek načelno podporo o sprejemljivosti te tehnologije, da jo bo lahko vključila ne le ob bok ostalim tehnologijam za proizvodnje električne energije (ki sodijo v drug rang tehnologij in niso po svoji naravi rizične), ko bo izdelovala scenarije za prihodnost, pač pa jo bo lahko zaradi

finančnega obsega in z referendumsko legitimnostjo postavila v samo jedro elektro-energetskega razvojnega scenarija.

Torej tokrat na referendumu o alternativnih scenarijih razvoja produkcije električne energije ne bo govora in najverjetneje pa bo po referendumu o strateško pomembnem razvojnem vprašanju razpravljala in odločala le »zainteresirana« stroka in politični odločevalci, široka demokratična razprava, utemeljena na interdisciplinarnih osnovah, pa je glede na obljube javne oblasti preložena na referendum v letu 2027-28 oz. za nedoločen čas; po-referendumska inercija bo naredila svoje.

Kljub temu da se zavedamo, kaj generira politično-odločevalski dizajn referendumu o jedrski tehnologiji, pa želimo z izdajo pričujoče knjige cenjenega okoljskega strokovnjaka in aktivista Dušana Pluta v javni sferi vsaj nekoliko odpreti vrata za vsebinsko razpravo, in sicer tako o komunikacijskih formah (politi) kot o sami energetske prihodnosti (polisi). S to knjigo želimo ojačati in podpreti Dušanove – in ne le njegove - napore, ki so usmerjeni h kolektivnemu premisleku o možnosti energetske opcije brez jedrske tehnologije.

*Andrej A. Lukšič, urednik zbirke Oikos*



## Preambula

»Glej, ta svet je tudi zate.«

*Karel Destovnik - Kajuh*

Svet, Evropa in Slovenija so na civilizacijskem energetske in eksistenčnem razpotju, saj so zaradi večplastnih človekovih pritiskov bistveno presežene obnovitvene in samočistilne zmogljivosti planetarnega ekosistema in njegovih sestavin. Interdisciplinarni raziskovalec Vaclav Smil (2023, 12) zaskrbljeno ugotavlja, da so naraščajoče potrebe po energiji in materialih tako močno in tako hitro obremenile biosfero, da smo ogrozili njene možnosti vzdrževanja tokov in zalog v okvirih, združljivih z dolgoročnim delovanjem. *Povprečni Zemljan ima danes na voljo skoraj 700-krat več uporabne energije kot njegovi predniki na začetku 19. stoletja. V okoljsko in podnebno tveganih globalnih razmerah energetskega preobilja bogatih držav pa praktično vse napore še vedno vlagamo v povečanje porabe energije.* Fosilna goriva so po mnenju Smila (2023) najpomembnejši dejavnik napredka sodobne civilizacije, hkrati pa tudi temeljni vzrok naše velike zaskrbljenosti glede vpliva na okolje pri njihovem zgorevanju. Švedski okoljski aktivist in profesor na univerzi v Lundu Andreas Malm (2023) opozarja, da se svetovna poraba fosilnih goriv ne zmanjšuje, obenem pa so razmerja moči, ki so utemeljena in zgrajena na izkoriščanju zalog fosilnih goriv po vsem svetu, zaradi zagotavljanja, ustvarjanja in ohranjanja nepravilne delitve presežne vrednosti ostala nespremenjena vse od začetka industrializacije. Tudi t. i. realni socializem je ohranil model stalne rasti porabe surovin in energije ter s tem okrepil procese degradacije lokalnega in planetarnega okolja. *Niti kapitalizem niti realni socializem ne prepoznavata omejene nosilnosti našega planeta.*

Na globalno podnebno in širšo okoljsko krizo ter na večplastne izzive neobhodne, vendar skrajno zahtevne pospešene opustitve fosilnih goriv zaradi podnebno in razvojno neobhodnega hitrega zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov (in črnega ogljika) države sveta obotavljivo odgovarjajo na dva načina:

- a. s kombinacijo rabe decentraliziranih obnovljivih virov energije (OVE) in jedrske energije;
- b. s prehodom na 100-odstotno rabo OVE.

Na svetu je okoli 200 držav, le 33 od njih jih proizvaja jedrsko energijo. Od 27 držav članic EU jih je 12 »jedrskih« in 15 »nejedrskih«. Številne države sveta torej stavijo na nujno zamenjavo fosilnih goriv z lastnimi OVE, druge pa na kombinacijo večje rabe OVE in jedrske energije. Mehanizmi in ukrepi zmanjševanja, učinkovite rabe energije (t. i. negativna energetika) so tudi v večini bogatih držav z veliko, razsipno porabo energije močno potisnjeni v ozadje, čeprav so okoljsko in podnebno najbolj učinkoviti. Na omejenem planetu še vedno prevladuje model trajne količinske rasti porabe energije, snovi in prostora, tradicionalna količinska rast gospodarstva in potrošnje je vse bolj okoljsko, preživetveno nevaren temelj sicer zelenega dviga osebnega in skupnega blagostanja.

Zagovornik prehoda h globalnemu in nacionalnim energetskega konceptom 100-% rabe OVE najpozneje do srede 21. stoletja, profesor Univerze Stanford Mark Z. Jacobson (2021b) poudarja: *ključna omejitev energetskega prehoda k rabi zgolj OVE ni tehnološka ali ekonomska, temveč družbena in politična*. Prebivalke in prebivalci morajo verjeti, da so rešitve realno mogoče, zato morajo podpreti tiste politike, ki jih lahko izpeljejo in jih želijo izpeljati. Politični odločevalci pa morajo biti dovolj drzni, da sicer zahtevne decentralizirane, sonaravne, nejdrske energetske koncepte VVS (»ve-ter-voda-sonce«; WWS = wind-water-solar) s hranilniki energije na ravni podjetij, mest, regij, držav udejanjijo. Sončne in vetrne elektrarne, hidroelektrarne ter geotermalne elektrarne so ob neobhodnem bistvenem zmanjšanju rabe primarne in tudi končne energije (prepolovitev v bogatih državah) temeljni gradniki koncepta VVS oziroma energetskega koncepta OVE. Izjemno pomemben družbeni dejavnik, ki vodi k energetskega prehodu in globinskim spremembam, pa je trajnostno izobraževanje o dejanskih možnostih prehoda in o tem, zakaj so spremembe neobhodne.

## Široka politična podpora dolgoročni »miroljubni« rabi jedrske energije v Sloveniji

Vlada RS je na Državni zbor RS poslala predlog Resolucije o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji in Predlog za razpis posvetovalnega referenduma o zagotavljanju stabilne oskrbe z nizkoogljično električno energijo. Pred sejo Državnega zbora (11. maj 2024) so nevladne organizacije (Greenpeace Slovenija, Umanotera, Focus, PIC) in Dušan Plut poslanke in poslance opozorili na številne sporne vsebinske vidike resolucije ter na nedemokratičen proces odločanja v primeru načrtovanega drugega bloka jedrske elektrarne Krško – JEK2 (JEK2: Referendum na slepo, 2024). Nevladne organizacije so glede na pomanjkanje vključujoče in transparentne javne razprave o energetski prihodnosti Slovenije in ob popolni odsotnosti ključnih informacij o projektu JEK2 zastopale skupno stališče, da je referendum o tako pomembnem strateškem projektu izsiljen in preuranjen.

22. maja 2024 je Državni zbor RS s podporo vseh parlamentarnih strank z izjemo Levice (torej Gibanje Svoboda, SD, SDS in NSi) sprejel omenjeno resolucijo in predlog. Posvetovalni referendum naj bi se izvedel novembra 2024.

Načrtovana nova JEK zaradi ogromnih stroškov gradnje, v višini celoletnega državnega proračuna (vsaj 15 milijard evrov), ter zlasti zaradi teroristične, kibernetске, vojaške, potresne in hidrološke tveganosti ne bi bila varen, temveč z vidika jedrske varnosti – nevaren objekt. Prav vsaka proizvodnja in raba energije prinaša večje ali manjše negativne vplive na okolje ter na varnost sedanjih in prihodnjih generacij, kar glede večjih negativnih vplivov seveda še izrecno velja za jedrsko energijo. Državljanke in državljani Slovenije morajo zato imeti demokratično možnost izbire, da se pred referendumsko odločitvijo vsestransko in strokovno korektno seznanijo z vsemi konkretnimi posledicami in tveganji tako jedrskega kot nejedskega energetskega scenarija Slovenije. Te možnosti sedaj nimajo. *Gre za izsiljeni referendum za legitimacijo projekta, za katerega niti glavni investitor niti vlada*

*ne vesta, kako velik bo, kdo ga bo izvajal, katere države ga bodo financirale, kdo bo imel gospodarske koristi, kdo bo nosil finančno tveganje in kakšna bo cena električne energije iz načrtovane nove JEK2. Projekt JEK2 je že ob samem začetku skrenil iz demokratičnih tirnic in je državi ušel izpod nadzora, vzporednice s TEŠ6 so več kot očitne.*

**P. S.**

»Vlada bo odgovorno odločala o gradnji nove jedrske elektrarne. Poskrbeli bodo za transparentnost in neodvisnost pri vodenju investicijskih odločitev. Spoštovali bodo odločitev ljudi na referendumu ... Vlada bo specificirala dokumentacijo, ki jo je potrebno pripraviti za informirano odločanje na referendumu.«

*Program za delo vladne koalicije 2022–2026*

## Uvod

»Če pogled preleti dežele našega planeta, takoj opazi, da je človeštvo razočaralo božje pričakovanje.«

*Papež Janez Pavel II., 2001*

»V interesu vseh človeških bitij, tudi tistih, ki se še niso rodila, je ohranjati takšne nujne naravne pogoje bivanja, ki bodo omogočili nadaljnji obstoj človeške vrste in tudi drugih obstoječih oblik življenja.«

*Andrej Lukšič, 2022*

»Živimo v jedrski dobi. Jedrska grožnja po Hirošimi, Černobilu ali Fukušimi ni izginila z obzorja in preži kot nevarna senca na že tako skrhamo sedanost.«

*Srećko Horvat, 2024*

Skoraj celotna zgodovina človeštva je bila zasnovana na zelo počasnem povečanju uporabe trajnih prilivov Sončeve energije, sicer omejene zaloge fosilnih goriv pa so postale srce industrijske revolucije. Fosilni viri so bili več kot 200 let temelj gospodarske rasti ter obet odmika od zelo razširjene lakote in materialnega pomanjkanja. Zaradi edinstvene vloge v družbi je industrija fosilnih goriv po mnenju Sandrine Dixson Declève (idr., 2022, 127) postala globalno najbolj pomembna industrijska panoga.

Sodobna civilizacija se je torej v zadnjih 200 letih pospešeno zagrizla v omejeno, milijone let nastajajočo (akumulirano) sončno doto biosfere Zemlje, v količinsko omejene, z vidika trajanja človeškega življenja praktično neobnovljive fosilne vire, pa tudi v omejene količine urana. Tako fosilna goriva kot jedrsko gorivo pa označuje velika energijska gostota, ki med drugim omogoča bistveno večjo porabo energije. Trajna in linearno zasnovana antropogena rast, torej povečevanje svetovnega prebivalstva in še bolj pospešena rast svetovnega gospodarstva, je povzročila večkratno povečanje porabe energije v zadnjih 50 letih, kar je med drugim sprožilo pospešene entropične procese naraščanja degradacije energije in snovi. Z nastalimi izpusti toplogrednih plinov ob zgorevanju fosilnih goriv

so bile že pred nekaj desetletji presežene samočistilne zmogljivosti celotnega svetovnega ozračja (naravni ponori – gozdovi, oceani), radioaktivni odpadki kot posledica energijske rabe urana pa bodo še tisočletja bremenili biosfero in prihodnje generacije. Zaradi onesnaženosti zraka letno umre 4 do 9 milijonov ljudi, skupna letna škoda zaradi onesnaževanja zraka pa znaša 2000–2500 milijard dolarjev (Jacobson, 2021b, 1). *Omejene zmogljivosti planetarnega ekosistema za nevtralizacijo naraščajočega antropogenega energetskega in drugega obremenjevanja okolja, ne pa izčrpanost dosegljivih fosilnih goriv in urana, so temeljna, univerzalna omejitev proizvodnje in porabe energije. Na prostorsko omejenem planetu z omejenimi naravnimi viri, ekosistemskimi storitvami in samočistilnimi sposobnostmi ni možna trajna rast prebivalstva, gospodarstva, trajno povečevanje rabe energije, snovi in prostora.* Marko Kovač (2021) upravičeno opozarja, da skrajne meje ne določa naša energetska blaznost, temveč jih je postavil sam planet v obliki čisto otipljivih fizikalnih omejitev.

Leta 2022 je bila letna svetovna poraba primarne energije 179.000 TWh (upoštevana je tudi tradicionalna poraba biomase) oziroma 22.400 kWh na prebivalca, delež energije iz fosilnih goriv (premog, nafta in zemeljski plin) pa je znašal 77 %. Jedrska energija je leta 2022 predstavljala okoli 4 % porabljene primarne energije (oziroma nekaj manj kot 10 % porabljene elektrike), sončna in vetrna energija 5 %, hidroenergija in energija iz trde biomase pa po 6 % (Energy Production and ..., 2023). Tudi po podatkih svetovnega inštituta za energijo so jedrske elektrarne (JE) leta 2022 pokrile 4 % svetovnih potreb po primarni energiji, po podatkih mednarodne agencije za energijo (IEA) pa 5 % potreb po primarni energiji in 9 % potreb po električni (Statistical Review ..., 2023; World Energy Outlook, 2023).

Poraba primarne energije je bila leta 2022 1,8 tone ekvivalentov nafte (toe) na prebivalca sveta, v EU pa 3,2 tone na prebivalca oziroma okoli 40.000 kWh na prebivalca. V državah z največjo porabo energije na svetu (Islandija, Norveška, ZDA, Kanada, Saudska Arabija, Katar, Oman) je poraba energije na prebivalca več kot 100-krat večja od porabe energije na prebivalca v najbolj revnih državah sveta. Po konceptu okoljskega prostora naj bi bila globalno dolgoročno sprejemljiva poraba primarne energije pod 1,5 toe

na prebivalca, torej pod 2000 W/h oziroma 17.520 kWh na leto po konceptu »družbe 2000 negativov« (dnevna poraba primarne energije), a zgolj v primeru visokega deleža nizkoogljične energije (Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft ..., 2020). Povprečna svetovna poraba (primarne) energije na prebivalca je bila že leta 2022 za 28 % večja, kot je planetarno sprejemljiva poraba energije po konceptu trajnostne družbe 2000 negativov. Nekateri energetske strokovnjaki poudarjajo, da bi zlasti s pomočjo inovacij za varčno in bolj učinkovito rabo energije sedanjo svetovno porabo primarne energije lahko zmanjšali za 40 %, kljub rasti svetovnega prebivalstva, dejavnosti in dohodkov (Elliott, 2020, 93).

Fizik in inovator Andrej Detela (2013, 387) upravičeno poudarja, da je med vsemi oblikami energije, ki jih v praksi uporabljamo, najbolj čista električna energija, saj ima najnižjo količino entropije na vsako enoto energije. Druge oblike energije so že bolj degradirane, ker se pri energijskih pretvorbah zaradi delovanja entropijskega zakona proizvaja dodatna entropija, ki energijo »kontaminira«. Detela (2013, 389) opozarja, da se je tudi v preteklosti človeštvo oskrbovalo skoraj izključno z energijo iz virov (omejene zaloge premoga, nafte, urana), ki v energijskih pretvorbah večajo entropijo oziroma energijsko degradacijo. V letu 2022 je znašala svetovna proizvodnja električne energije okoli 29.000 TWh, delež virov energije pa je bil naslednji (World Energy Outlook, 2023, 267):

- fosilni viri (61 %): premog – 36 %, zemeljski plin – 22 %, nafta – 2 %;
- obnovljivi viri energije (30 %): hidroenergija – 15 %, vetrna energija – 7 %, Sončeva energija – 4 %, bioenergija – 2 %;
- jedrska energija – 9 %.

Po enem od osnovnih globalnih energetskega scenarijev Mednarodne agencije za energijo (IEA), ki predpostavlja nadaljevanje dosedanjih trendov proizvodnje električne energije, naj bi OVE leta 2030 prispevali 47 % k skupni proizvodnji električne energije na svetu, fosilni viri 43 % in JE 9 %. V letu 2050 pa naj bi OVE prispevali 70 % od skupne svetovne proizvodnje elektrike (sončne elektrarne – 32 %, vetrne elektrarne – 22 %, hidroelektrarne 12 %, jedrske elektrarne – 22 %).

bioelektrarne – 3 % in geotermalne elektrarne – 1 %), fosilni viri (največ zemeljski plin) 21 % in JE 8 % (World Energy Outlook, 2023, 267). Po energetskega scenariju doseganja neto ničelnih ogljikovih izpustov leta 2050 pa naj bi OVE prispevali 89 % svetovno proizvedene elektrike, JE 8 %, 3 % pa fosilna goriva in drugi viri energije. *IEA je sicer naklonjena jedrski energiji, vendar ji pri civilizacijskem energetskega prehodu (opustitev rabe fosilnih goriv) oziroma pri deležu proizvodnje električne energije do leta 2050 po sicer različnih svetovnih scenarijih ne pripisuje pomembnejše vloge, saj njen delež naj ne bi presegal desetine proizvedene elektrike.*

V zadnjih 100 letih sta se svetovna proizvodnja in poraba energije povečali 11-krat in za skoraj 3-krat presegli hkratno povečanje svetovnega prebivalstva (Enough is Enough ..., 2010). Model trajne rasti označuje dosedanje zgodovino človeške civilizacije, ki se vse do srede 20. stoletja ni srečevala z negativnimi posledicami globalnega presejanja nosilnosti okolja. Rast globalnih materialnih dejavnosti in materialnega blagostanja prebivalcev je prvi, rast svetovnega prebivalstva pa drugi ključni razlog eksponentne rasti proizvodnje in porabe energije. Povpraševanje po energiji še vedno po svetu narašča, zgolj z uporabljenimi ukrepi za bolj učinkovito rabo energije do sedaj ni bilo mogoče zaustaviti globalnega naraščanja potrošnje energije, čeprav se je sicer visoka poraba primarne energije v nekaterih bogatih državah v zadnjem obdobju zmanjšala. Prav zmanjšanje porabe energije pa je dejansko največji izziv v obdobju civilizacijskega energetskega prehoda, ki sloni na pospešenem opuščanju fosilnih goriv in se preusmerja v rabo nizkoogljicnih virov energije (OVE in jedrska energija). V letu 2020 so JE po svetu proizvedle okoli 10 % električne energije (2021 – 9,8 %), elektrarne na OVE pa 29 %, delež jedrske energije stagnira ali upada, delež OVE pa pospešeno narašča (Lovins, 2022b). Leta 2022 so jedrske elektrarne po svetu proizvedle 9,2 % električne energije, delež pa je bil največji leta 1996 – 17,5 % (The World Nuclear Industry ..., 2023).

Leta 2019 je bila proizvodnja električne energije v EU z okoli 0,5 milijarde prebivalcev (3215 TWh) 3,7-krat večja kot v Afriki z okoli 1,3 milijarde prebivalcev (870 TWh), na prebivalca pa 10-krat večja (EU – 6400 kWh, Afrika – 640 kWh) (Statistical Review of

World ..., 2020, 61). V letu 2020 so skupne investicije v proizvodnjo električne energije s pomočjo OVE presegle 300 milijard dolarjev in so bile 17-krat večje kot v jedrsko energijo. V obdobju 2009-2020 so se t. i. levelizirani stroški za sončne elektrarne zmanjšali za 90 %, za vetrne elektrarne za 70 %, za jedrske elektrarne pa povečali za 33 % (The World Nuclear Industry ..., 2021, 18, 32). V razliko od vlaganj v jedrsko energijo so veliko večino finančnega kapitala za rabo OVE predstavljale privatne investicije (Lovins, 2022b, 107).

Skupne emisije toplogrednih plinov (ogljikov dioksid, metan, didušikov oksid, F-plini), skupaj s posledicami spremembe rabe zemljišč (npr. zmanjšanje naravnih ponorov zaradi krčenja gozdnih površin in številnih velikih gozdnih požarov), še vedno naraščajo in so po podatkih OZN leta 2000 znašale 41,8 milijarde ton ekvivalentov CO<sub>2</sub>, leta 2022 pa več kot 57,4 milijarde ton ekvivalentov CO<sub>2</sub> oziroma okoli 7 ton na prebivalca (Emissions Gap Report, 2023, XVII).

Revnejša polovica svetovnega prebivalstva prispeva zgolj 12 % izpustov toplogrednih plinov, 10 % najbogatejših prebivalcev sveta pa 48 %. Podatki za ZDA kažejo, da je zgolj 1 % najbogatejših v zadnjem obdobju še naprej povečeval že tako velike izpuste, pri vseh drugih ekonomskih skupinah pa so se izpusti zmanjšali.

V letu 2023 so se zmogljivosti OVE povečale za več kot 500 GW, kar je največ v zgodovini, delež fosilnih goriv pa je upadel na sicer še vedno visokih 73 % (World Energy Outlook, 2023). Po izračunih Mednarodne agencije za obnovljivo energijo (IRENA) bi morali že do leta 2030 potrojiti kapacitete OVE in podvojiti energetske učinkovitost, Mednarodna agencija za energijo (IEA) pa napoveduje, da bodo OVE namesto 30 % leta 2022 v letu 2030 proizvajali že polovico elektrike na svetu, delež elektrike iz jedrskih elektrarn pa naj bi kljub določenemu povečanju njihove proizvodnje znašal 8–10 % (Tripling Renewable Power ..., 2023; World Energy Outlook, 2023). V povprečju naj bi se do leta 2030 zmogljivost OVE vsako leto povečala za 1000 GW, skupna zmogljivost OVE pa naj bi leta 2030 znašala 11,000 GW, zlasti na račun bistveno večje moči in vloge sončne ter vetrne energije. V državah v razvoju naj bi bilo povečanje zmogljivosti proizvodnje energije s pomočjo OVE zaradi nujnih potreb še hitrejše kot v bogatih državah. Dolgoročno sta za

oskrbo z električno energijo Evrope pomembna tudi zelo sončna in vetrovna Severna Afrika (zlasti Maroko, Libija in Alžirija) ter Bližnji vzhod, ki bi lahko krila 15–20 % potreb v EU (Elliott, 2020, 119). V severni Evropi znaša povprečno letno sončno obsevanje 900-1000 kWh/m<sup>2</sup>, v srednji Evropi 1100-1200 kWh/m<sup>2</sup>, v južni Evropi okoli 1500 - 1700 kWh/m<sup>2</sup> in v severni Afriki ter Bližnjem Vzhodu pa 2000-2200 kWh/m<sup>2</sup> (Weiss in Spoer Deuer, 2023).

Civilizacijski energetske prehode se je pravzaprav že začel, saj so globalne investicije v proizvodnjo elektrike iz OVE dvakrat večje kot v proizvodnjo iz fosilnih goriv, bistveno pa presegajo tudi vlaganja v rabo jedrske energije. Letni svetovni trg »čiste« energije znaša okoli 1300 milijard evrov, po napovedih Evropske komisije pa bo trg OVE v EU naraščal celo počasneje kot na nekaterih drugih celinah, npr. v Aziji in Severni Ameriki (In-Depth Analysis ..., 2018, 262). Globalne letne investicije v proizvodnjo električne energije s pomočjo OVE naj bi se od 500 milijard dolarjev povečale na 1300 milijard dolarjev v letu 2030 (Tripling Renewable Power ..., 2023, 13). Po osnovnem energetske scenariju IEA naj bi se moč JE na svetu od 417 GW v letu 2022 do leta 2050 povečala na 622 GW, zlasti z gradnjo novih JE na Kitajskem in v nekaterih državah v razvoju. V razvitih državah se skupna moč JE naj ne bi povečala, dolgoročno pa bi po oceni IEA lahko prišlo do večje vloge malih jedrskih reaktorjev (SMR) (World Energy Outlook, 2023, 126, 267), ki pa pri številnih strokovnjakih vzbujajo številne pomisleke in nasprotovanja.

Trajnostno naravnani energetske scenariji so zasnovani na naslednjih gradnikih: OVE + energetska učinkovitost + elektrifikacija; vendar trajnostni gradniki na globalni ravni še vedno niso pomembno prisotni v obstoječi energetske mešanici, saj so npr. leta 2019 fosilna goriva zagotavljala 81 % primarne energije (2009 – 82 %), OVE 14 % in jedrska energija 5 % (Re-structuring Power Systems ..., 2022, 26).

Energetska učinkovitost na globalni ravni pa je skromna, leta 2018 se je povečala zgolj za 1,2 % namesto zelenega 2–3-% letnega dviga, ki bi bil možen ob široki uporabi obstoječih, torej najboljših razpoložljivih tehnologij. Čeprav se je poraba energije na enoto proizvoda in storitev zmanjšala, se zaradi rasti svetov-

nega prebivalstva in gospodarstva ter dviga BDP absolutna poraba primarne ter končne energije vsako leto globalno poveča v povprečju za okoli 1,5–2 %. Za udejanjanje celo manj ambicioznega cilja Pariškega podnebneega sporazuma (povečanje povprečne globalne temperature za največ 2 °C) bi bilo treba planetarno energetske intenzivnost zmanjševati letno za 3,4 %, za udejanjanje bolj ambicioznega cilja (pod 1,5 °C) pa bi bilo potrebno zmanjšanje energetske intenzivnosti celo za 6,7 % letno (Lovins idr., 2019, 8). Nekateri raziskovalci upravičeno opozarjajo, da se pri sicer zelenem prehodu na izključno rabo OVE zanemarja problematika zmanjšanja potreb po energiji in biofizikalnih omejitev rabe energije (Hansen idr., 2019).

Zmanjšanja porabe energije in energetske intenzivnosti ni možno doseči zgolj s sicer zelo pomembnimi tehnološkimi spremembami in inovacijami, neobhodne so tudi strukturne spremembe v gospodarstvu in načinu življenja. To vključuje npr. omejeno uporabo avtomobila in večjo uporabo javnega prevoza, prenos prevoza tovorov s cest na železnice, uvedbo krožnega gospodarstva, izboljšanje izolacije zgradb, večjo vlogo toplotnih črpalk (Tripling Renewable Power ..., 2023, 28).

Energetsko zgodovino človeštva v zadnjih 100 letih temeljno označujejo trajno povečanje porabe energije (nad stopnjo rasti prebivalstva), ključna vloga neobnovljivih zalog energije (fosilna energija), omejena vloga obnovljivih virov energije in jedrske energije ter ključen prispevek proizvodnje, prevoza in porabe energije pri preseganju planetarnih samočistilnih zmogljivosti, kar še posebej velja za svetovno ozračje (koncentracije toplogrednih in drugih plinov). *Človeštvo je na energetskega razpotju, saj se zlasti zaradi prekomernega energetskega obremenjevanja planetarnega ekosistema (predvsem ozračja) majo temeljne globalne podstati sedanjega modela oskrbe z energijo.* Prepoznavanje posledic delovanja drugega zakona termodinamike oziroma entropijskega zakona (enosmernost sprememb energije in snovi) je na omejenem planetu krepko spodkopalo napačno in preživetveno nevarno predpostavko o zgodovini kot trajni (gospodarski) rasti (Rifkin, 1989, 20, 21). Tako je tudi tradicionalno pridobivanje velikih količin energije skoraj izključno iz virov, ki v energijskih pretvorbah izrazito večajo entropijo (energijsko de-

gradacijo), vedno bolj ekološko problematično, pa tudi obljubljeni povečevanje rabe OVE seveda ni brez entropijskih, ekoloških in prostorskih posledic. Dimitrij Bogdanov in sodelavci (2021, 29) so sicer zagovorniki in podporniki globalnih energetskih sistemov na osnovi OVE (brez rabe fosilnih goriv in jedrske energije), vendar med drugim opozarjajo, da nekateri od teh scenarijev neupravičeno zanemarjajo ali podcenjujejo prihodnjo vlogo in problematiko tehnologij shranjevanja energije v energetskih sistemih.

Tudi papež Francišek v zgodovinsko zelo pomembni okoljski papeški Okrožnici o skrbi za skupen dom (2015, 19) odločno zagovarja drugačen, trajnosten koncept oskrbe človeštva z energijo, saj zaradi trdnih znanstvenih ugotovitev ne dvomi v antropogeno pogojenost sodobnih podnebnih sprememb, zlasti zaradi naraščanja velike koncentracije toplogrednih plinov kot posledice rabe fosilnih goriv in spreminjanja namembnosti tal. Opozarja, da bi nadaljevanje dosedanjega energetskega vzorca zaradi hitrega ogrevanja ogrozilo svetovno ozračje (podnebje) kot skupno dobro nas vseh. Skrbi ga, da bi bili v 21. stoletju priče nezaslišanim podnebnim spremembam in edinstvenemu uničenju ekosistemov, najtežje posledice pa čakajo države v razvoju, kjer bodo množice najbolj prizadetih, najbolj revnih ljudi zaradi degradacije okolja po njegovem mnenju dobesedno prisiljene v selitve. Opozarja na tragičen porast števila migrantov zaradi degradacije okolja, pred temi tragedijami pa vlada splošna brezbriznost. Pomanjkanje odzivov ob dramatični teh naših bratov in sestrá označuje kot znamenje izgube tistega občutka odgovornosti za naše najbližje, na katerem temelji vsaka civilizirana družba. Zagovarja pospešeno nadomeščanje fosilnih goriv z OVE, razvoj tehnologij za shranjevanje energije in izboljšanje energetske učinkovitosti, jedrske energije ne omenja. Razvite države pa poziva, da močno zmanjšajo porabo energije iz neobnovljivih virov (Papež Francišek, 2015, 18, 19, 30).

Industrijsko, ekspanzijsko dobo človeštva so na energetske polju v zadnjih 200 letih temeljno označevali trajna rast proizvodnje in porabe energije, pospešeno trošenje zaloga neobnovljivih virov energije (fosilna goriva in uran) ter prekomerne okoljske obremenitve energetike. Postindustrijsko energetske dobo pa naj bi temelj-

no označevali smotrna in v gospodarsko razvitih državah bistveno manjša poraba energije ter posredna in neposredna raba sončne energije in dodatno geotermalne energije, pomembno vlogo pa naj bi predstavljala še proizvodnja zelenega vodika, tudi kot velikega hranilnika energije iz OVE. Tako npr. nizozemska vlada severno od Waddenskih otokov v Severnem morju načrtuje postavitve obrata za elektrolizo z zmogljivostjo 500 MW, ki naj bi začel delovati v letu 2031 in bo največji obrat za proizvodnjo vodika na morju na svetu. Lokacija proizvodnje je izbrana načrtno, gre namreč za območje, kjer je že načrtovano veliko polje vetrne elektrarne, ki bo zagotavljala potrebno energijo za proizvodnjo vodika. Hkrati je prednost umestitve proizvodnje vodika na morje tudi možnost uporabe morske vode za postopek elektrolize, s katero pridobivajo vodik. Projekt je umeščen tudi v bližino obstoječega plinovoda, s čimer bo omogočena uporaba obstoječe infrastrukture za transport proizvedenega vodika na kopno. Gre za prvi primer tovrstne proizvodnje vodika v večjem obsegu, s čimer na Nizozemskem orjejo ledino pri vpeljavi novih tehnologij na področju zelene proizvodnje vodika.

Severnojadranska vodikova dolina (Slovenija, Hrvaška in italijanska avtonomna dežela Furlanija - Julijska krajina) je prva tovrstna transnacionalna pobuda v okviru programa EU Obzorje Evrope, ki jo podpira široko raziskovalno in aplikativno partnerstvo za zeleni vodik. Cilj je ustvariti gospodarski, družbeni in industrijski sistem, ki temelji na t. i. obnovljivem vodiku. S 17 pilotnimi projekti v okviru testnega okolja čezmejno povezuje proizvodnjo, distribucijo in porabo doma proizvedenega in uvoženega vodika ter vzpostavlja zmogljivosti za letno proizvodnjo več kot 5000 ton vodika. Obnovljivi in nizkoogljični vodik naj bi severnemu Jadranu omogočal prehod v trajnostno gospodarstvo in zmanjšal izpuste toplogrednih plinov. Zeleni vodik zagotavlja stalno oskrbo z energijo in s tem bistveno zmanjšuje probleme oskrbe s pomočjo nekaterih nestanovitnih OVE.

Avtorji novega poročila Rimskega kluba, 50 let po odmevnih Mejah rasti, izrecno poudarjajo, da je za sedanjo ekonomsko paradigmo ključen korak povečanje učinkovitosti, saj je veliko energije (vključno s hrano) izgubljene, predstavlja odpadno energijo. *Analize Arnulfa Grublerja in sodelavcev kažejo, da bi ob vseh potrebnih in*

*možnih ukrepih lahko bila globalna poraba energije leta 2050 za 40 % manjša od današnje.* Ključna polja radikalnega zmanjšanja porabe energije so trajnostne oblike prometa, energetska sanacija zgradb, raba toplotnih črpalk itn. Toplotne črpalke so približno štirikrat učinkovitejše od standardnih električnih grelnikov (MacKay, 2013, 21). Tudi omejena raba električnih vozil je lahko del trajnostih rešitev, saj so energetske tri- do štirikrat bolj učinkovite od vozil z motorji na fosilna goriva (glede primarne energije), kar velja tudi za toplotne črpalke. Fosilna goriva naj bi v prometu razen električnih vozil nadomeščal tudi zeleni vodik (Dixson Declève idr., 2022, 132–134). David Elliott (2020, 94, 95) sicer poudarja nekatere okoljske prednosti električnih vozil, vendar hkrati opozarja, da seveda ne zmanjšujejo prometnih zgostitev; zato je ključno zmanjšanje individualnega motoriziranega prevoza in osrednja vloga javnega prometa ter prenos prevoza tovora s cest na železnice. Električna mobilnost, pa tudi proizvodnja sončne in vetrne energije ter hranilniki energije zahtevajo večjo rabo redkih mineralov (npr. litija), njihovo pridobivanje pa povzroča resne okoljske, prostorske, pa tudi geopolitične posledice. Zaradi pričakovane večje rabe redkih kovin je treba veliko pozornost nameniti visoki stopnji njihove reciklaže in iskanju okoljsko bolj primernih materialov (Elliott, 2020, 99). Seveda pa na drugi strani tudi raba fosilnih goriv in jedrske energije zaradi velikih količin vode ter uporabljenih tradicionalnih materialov (jekla, železa, bakra itn.) povzroča velike negativne spremembe v okolju, prostoru. Zgodovinske izkušnje kažejo, da bo seveda tudi pri civilizacijsko zahtevnem prehodu na OVE v začetni fazi prišlo do določenih okoljskih in drugih problemov, ki se bodo pozneje bistveno zmanjšali.

Geografa Lange in Cummings (2024, 5) sodita, da je za reševanje globalne krize človeštva ključno in neohodno udejanjanje paradigme post-rasti oziroma odrasti. Po njunem mnenju pa npr. uveljavljanje mednarodnih protokolov za zmanjševanje TGP zgolj s predlaganimi tehnološkimi inovacijami (zelene tehnologije in strategije) ne bodo dovolj za doseg ciljev. Sodita, da bodo tudi za zmanjšanje izpustov TGP hkrati potrebne celostne alternativne prakse v celotnem gospodarstvu in socialne ter kulturološke post-rastne rešitve. Benedikt Schmid (2024) navaja, da je za post-rastno

družbo, skupnost temeljno načelo zadostnosti, zavestne materialne skromnosti ter s tem povezano skupno družbeno vprašanje materialno zasnovane opredelitve »prave mere«.

Nova trajnostna in glede porabe energije odrastna ekonomska paradigma (kakovostno sonaravno gospodarstvo ter hkratio zmanjšanje rabe energije in materialov) na energetskeu polju razen zmanjšanja absolutne porabe energije in vse večje vloge električne energije (in delno tudi zelenega vodika) postavlja v ospredje ključno, pospešeno rabo obnovljivih virov energije (kritje polovice potreb po elektriki zgolj s pomočjo sonca in vetra do konca petdesetih let 21. stoletja, leta 2016 – 5 %!) in shranjevanje energije ter v nekaterih državah časovno in količinsko omejeno rabo jedrske energije. Delež vetra in sonca v skupni proizvodnji energije se globalno podvoji vsakih pet let, ob vsaki podvojitvi pa se zlasti zaradi tehnoloških inovacij cena energije zmanjša za 20–25 % (Dixson Declève idr., 2022, 135). Ključno vprašanje v času globalno prekomernih okoljskih pritiskov energetike se glasi: ali bo trajnostni energetski prehod dovolj hiter in hkrati – pravičen? Rimski klub v zaključku knjige *A Call to Action* predlaga naslednje gradnike svetovne energetike (jedrska energija ni omenjena) (Dixson Declève idr., 2022, 171):

- čim prejšnja opustitev rabe fosilnih goriv;
- učinkovita raba energije;
- čim prejšnja potrojitev investicij v rabo obnovljivih virov energije;
- globalna elektrifikacija;
- investicije v tehnologije hranilnikov energije.

Zaradi entropijske narave rabe energije in okoljskih posledic prekomerne rabe je po zahtevah koncepta okoljskega prostora treba v bogatih državah porabo primarne energije zmanjšati za najmanj polovico, bruto končne energije pa za več kot tretjino. Kljub temu v tradicionalnih energetskih scenarijih v najboljšem primeru prevladujejo mehanizmi in ukrepi za stabilizacijo oziroma za zelo skromno zmanjšanje rabe primarne oziroma končne energije. Z ekosistemskega vidika pa je jasno, da planetarni ekosistem v nobe-

nem primeru ni sposoben nevtralizirati negativnih emisijskih posledic v primeru preslikave zahodnega potrošniškega energetskega vzorca še v države v razvoju. Bogate države morajo torej radikalno zmanjšati absolutno porabo energije, tako bogate države kot države v razvoju morajo imeti na razpolago najbolj učinkovite tehnologije za prepotreben dvig energetske storitev, vendar ne na račun dodatnega emisijskega in drugega obremenjevanja ozračja ter drugih naravnih sestavin okolja.

Sonaravnost kot neobhodna prilagoditev družbe, gospodarstva in gospodinjstev naravnim sestavinam ter procesom okolja praktično pomeni »pristajanje« na zmerno materialno blagostanje, zahteva odpoved iluziji trajnega povečevanja porabe snovi, energije, prostora, proizvodnje in potrošnje. Papež Frančišek (2015) v okoljski encikliki kritično ugotavlja, da načelo maksimiranja dobička običajno spregleda drugačno gledanje, je v bistvu popačeno pojmovanje gospodarstva. Ne ozira se namreč na dejstvo, da se v takem sistemu proizvodnja in rast povečujeta na račun prihodnjih virov ali ugodnega stanja okolja, stroški pa se prenašajo na druga ljudstva ali prihodnje rodove.

Na omejenem planetu z omejenimi naravnimi viri in omejeno samočistilno zmogljivostjo je omejeno tako število populacije človeške vrste kot njena materialno-energetska dejavnost. *Z vidika preživetja in blaginje človeške vrste je nosilnost okolja, torej zgornja planetarna meja porabe naravnih virov (zmogljivost obnavljanja) in obremenjevanja okolja (zmogljivost samočiščenja, nevtralizacije onesnažil) temeljno etično, sonaravno zasnovano vrednotno vodilo pri določanju skupnega obsega materialne dejavnosti, torej celotne proizvodnje, potrošnje in storitev.*

Optimizacija, torej materialna zmernost, zavestna zadostnost klimaksne, zrele civilizacije je ključna za ohranjanje planetarnega ekosistema, njegovega bogatega, vendar omejenega naravnega »kapitala«. *Brez širokega, bistveno prevladujočega družbenega sprejemanja materialne zadostnosti (vzdržnosti) tudi kot ključnega etičnega kompasa tako gospodarstva kot življenjskega stila posameznika in skupnosti seveda uveljavitev ekosistemske, ekohumanistične družbe, ekocivilizacije ni mogoča.* Človeška vrsta naj bi končno le posvojila,

ponotranjila obnašanje zrelih, klimaksnih, nič več »rastočih« ekosistemov. Vsak sedanji in tudi prihodnji prebivalec ima pravico do enakega deleža naravnih virov, do življenja v zdravem okolju. Vsak torej lahko sorazmerno troši zgolj toliko naravnih virov, kot jih lahko za vse prebivalce naš energijsko odprti planet brez negativnih posledic obnovi. Po načelu univerzalne pravičnosti in zlatega pravila nima na omejenem planetu z omejenimi naravnimi viri nihče moralne pravice, da si prilašča in porablja več naravnih virov, kot jih lahko Zemlja obnavlja. Strokovnjaki OZN poudarjajo, da je npr. dostop do trajnostno sprejemljive količine energije za vse Zemljane pomembna osnova za dostojno raven blagostanja, kar pa zahteva globalno sodelovanje in pravičnost (Emissions Gap Report, 2023, 36). Zaradi planetarno prekomernih okoljsko-podnebnih pritiskov je realno možno potrebno večjo količino energije iz OVE za revnejše države in prebivalce zagotoviti zgolj s pomembnim obsegom zmanjšanja porabe primarne in končne energije v bogatih, energetske potratnih državah. Strokovnjaki OZN opozarjajo, da je že sedanja povprečna globalna poraba primarne energije na prebivalca bistveno nad okoljsko dolgoročno sprejemljivo in varno količino. Skupna osebna poraba energije v razvitem svetu za več kot 40-krat presega osebne energetske potrebe, a v zadnjih nekaj desetletjih več ne narašča, temveč stagnira (Kovač, 2021, 20, 24).

*Po mnenju radikalnejših snovalcev energetske prihodnosti je za prehod h globalnemu sonaravnemu, ekosistemsko zasnovanemu gospodarstvu in k varni organizaciji življenja človeštva (pa tudi za druge zemeljske vrste) ter stabilizaciji svetovnega podnebja ključen globinski energetski prehod, pravočasna zamenjava energetske osnove človeštva: učinkovitejša in manjša raba energije, zamenjava neobnovljivih virov energije (fosilna goriva, uran) z OVE, decentralizirana, vendar mrežno povezana proizvodnja in potrošnja energije, razogljičenje svetovne energetike, shranjevanje energije ter prebivalci, skupnosti kot potrošniki in hkrati proizvajalci energije iz lokalnih OVE. Povečanje proizvodnje in deleža električne energije iz variabilnih OVE bistveno povečuje potrebo po kratkotrajnem in dolgotrajnem shranjevanju elektrike. Po mnenju pisca je prav tehnološko zaostajanje pri razvoju hranilnikov energije (električne energije in delno tudi toplote) eden od temelj-*

nih problemov oskrbe z energijo s pomočjo OVE. V preteklosti so bile akumulacijske in črpalne hidroelektrarne (HE) ključni načini shranjevanja elektrike, izjemno hiter tehnološki razvoj in inovacije pa odpirajo in omogočajo številne druge možnosti shranjevanja (Tripling Renewable Power ..., 2023; Becker idr., 2021): elektro-kemijski hranilniki (različni tipi baterij), toplotni hranilniki energije (kamnine, opeka, stopljena sol itn.), mehanske tehnologije hranjenja energije (zgoščen zrak, tekoči zrak, potenciali gravitacije) in hranilniki v obliki kemijskih zalog (shranjena energija zlasti v obliki proizvedenega zelenega vodika ali njegovih derivatov). Zelo pomembni pa bodo tudi pametni ukrepi upravljanja energije na strani porabnikov energije, kjer je temeljna naloga zmanjševanje izrazitih dnevnih viškov porabe električne energije. David McKay (2013, 189, 190) kot zelo uporabni rešitvi obvladovanja zatišij (dolga obdobja z majhno proizvodnjo obnovljive energije) in sunkov (nenadne spremembe v ponudbi ali povpraševanju) navaja akumulacijo vodne energije v črpalnih HE (uporaba poceni elektrike za potiskanje vode z nižje višine na višjo) in baterije električnih vozil.

Hranilniki električne energije so zasnovani tako, da prevzamejo in hranijo presežek električne energije, ko so prenosni vodi preobremenjeni. Hranilniki elektrike delujejo kot alternativa elektrarnam na plin za rezervno napajanje (Valenčič, 2023). S svojo visoko energijsko gostoto pa je vodik najboljši način za shranjevanje energije v velikih količinah in na dolgi rok. Tako kot zemeljski plin lahko vodik poganja turbine v elektrarnah in se tako spremeni nazaj v električno energijo. To predstavlja pomemben del razogljčenega in stabilnega energetskega sistema prihodnosti. Lipnik (2024) navaja, da so plinske elektrarne kot stabilizator omrežja seveda priljubljene, ker jih je mogoče zagnati v nekaj minutah, toda visoka investicija in zgolj občasno delovanje pomenita visok strošek elektrike iz teh elektrarn. Prenos energije po plinovodih je po mnenju Valenčiča (2023) odlična dopolnitev električnih prenosnih daljnovodov, zemeljski plin pa bi postopoma nadomestili z vodikom (soproizvodnja elektrike in toplote) in plinske elektrarne predelali. Zaradi izboljšane ekonomike hranilnikov pa se načrti gradenj plinskih elektrarn upočasnjujejo in spreminjajo.

Evropsko združenje za shranjevanje energije sicer ocenjuje, da bo Evropska unija do leta 2030 potrebovala za 200 GW hranilnikov energije in do leta 2050 za več kot 600 GW. Da bi dosegli ta cilj, je Iberdrola pred kratkim vzpostavila tudi svoj prvi komercialni baterijski sistem na Irskem. Objekt s 50 MW ima zmogljivost 25 MWh, sistem pa je sestavljen iz več kot 4000 modulov v 16 kontejnerjih. Poleg tega so v začetku tega leta odprli tudi Aranuelo III, prvo večjo sončno elektrarno v Španiji, ki je integrirana s sistemom za shranjevanje energije; 40-MW fotonapetostni sistem namreč vključuje komponento za shranjevanje energije zmogljivosti 3 MW / 9 MWh. Leta 2019 je bilo v nemška stanovanja nameščenih 180.000 baterijskih hranilnikov elektrike (Becker idr., 2021, 189), v letu 2023 je bilo nameščenih 0,5 milijona baterijskih hranilnikov, skupna zmogljivost vseh gospodinjstev hranilnikov elektrike pa je bila po navedbah organizacije Ember 5,6 GW (European Electricity Review, 2024).

Drastične »odrastne« spremembe v energetiki bogatih držav so med drugim dejansko predpogoj, da lahko revnejše države zahtevne spremembe izvedejo po bolj postopni, »gradualistični« poti in se obenem izognejo ponavljanju ekosistemsko in okoljsko napačnih energetskih odločitev bogatih držav. Strokovnjaki OZN izrecno podčrtujejo, da je za blaženje podnebnih sprememb ključno naslednje desetletje (do leta 2035), potrebna je takojšnja, še nikoli videna globalna akcija za bistveno zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. To pomeni, da bi se v primeru povečanja globalne temperature za največ 2 °C skupni svetovni izpusti toplogrednih plinov morali od okoli 56 milijard ton ekvivalentov CO<sub>2</sub> do leta 2035 zmanjšati na okoli 36 milijard ton, v primeru dviga povprečne temperature za največ 1,5 °C pa na okoli 25 milijard ton (Emissions Gap Report, 2023, 28–30). Večina starejših napovedi je kot sistemsko pomembno gorivo prehoda navajalo ogljično manj agresiven zemeljski plin, vendar so v zadnjem času stroški proizvodnje elektrike s pomočjo Sončeve energije in vetra v večini držav sveta postali najnižji, kar je še dodaten razlog, da zemeljski plin ne bo odigral glavne prehodne energetske vloge (Emissions Gap Report, 2023, 35). V začetnem, najbolj občutljivem elektroenergetskem prehodu k izključni rabi OVE pa bodo lahko plinske elektrarne kot rezervni vir (zgolj) v primeru krajših

kritičnih razmer omogočile redno oskrbo z električno energijo. Nekateri strokovnjaki namreč opozarjajo, da črpanje zemeljskega plina sproža tudi znatno sproščanje podnebno zelo nevarnega metana.

Sistemska, celostno in medgeneracijsko pravično zasnovano vrednotenje vloge in vseh posledic uporabe jedrske energije pri energetske oskrbi človeštva ne izhaja iz poenostavljenega vrednotenja zgolj samega objekta jedrskih elektrarn, zajeti mora vse večplastne in dolgoročne učinke v celotni jedrski verigi proizvodnje električne energije (in toplote) s pomočjo uporabe urana (Roche idr., 2019):

1. izkop urana oziroma uranove rude (odprti in podzemeljski rudniki urana);
2. mletje uranove rude (kemijska obdelava, izdelava »rumene pogače« –  $U_3O_8$ );
3. obogatitev urana (povečanje koncentracije urana na 3–5 %);
4. jedrski reaktorji (uporaba jedrskih gorivnih elementov za proizvodnjo električne energije);
5. začasno shranjevanje izrabljenega jedrskega goriva (začasno skladiščenje v hladilnih bazenih v bližini JE ali pa t. i. reprocessiranje izrabljenega jedrskega goriva, tudi za ločitev urana in plutonija kot materiala za izdelavo jedrskega orožja) in drugih radioaktivnih odpadkov;
6. razgradnja jedrskega reaktorja, celotne JE in odprta problematika zlasti stalnega in varnega skladiščenja izrabljenega jedrskega goriva.

*Šestega avgusta 1945 se je zgodil samomorilski civilizacijski prelom, človeška vrsta je namreč prvič dobila v roke skrajno nevarno in zelo močno orodje, ki lahko v trenutku do obisti spremeni vsako geografsko območje planeta. Z jedrsko energijo so in bodo Hirošima, Marshallovi otoki, Černobil in Fukušima, torej siamski "miroljubni" in vojaški atomi – še vedno tesno povezani...*

Zaradi nedvoumnih fizikalnih in ekosistemskih omejitev planeta nas čakata dve ključni »energetske« nalogi: zamenjava fosilnih goriv ter v bogatih državah hitro in znatno zmanjšanje porabe energije. Pregreti planet torej podnebno urgentno potrebuje hitro opus-

titev dominantne proizvodnje in potrošnje visokoogljičnih fosilnih goriv ter njihovo nadomeščanje z nizkoogljičnimi viri energije. Z vidika prihodnje nizkoogljične oskrbe so teoretično državam sveta na razpolago tri možnosti: izključna raba energije iz obnovljivih virov, izključna raba jedrske energije ter kombinirana raba obeh. Praktično pa države sveta glede procesa razogljičenja energetike razen neobhodnega varčevanja z energijo čaka izbira ene od dveh možnosti oskrbe z energijo: kombinirana raba jedrske energije (urana) in energije iz obnovljivih virov ali pa 100-% raba energije iz obnovljivih virov.

### **Jedrska energija po svetu** (World Nuclear Industry Status Report, 2023)

- Delež električne energije iz jedrskih elektrarn (JE) je leta 2022 znašal 9,2 %, kar je skoraj za polovico manj, kot je bil največji delež, leta 1996 (17,5 %).
- Sredi leta 2023 je po svetu obratovalo 407 jedrskih reaktorjev (s skupno močjo 365 GW) oziroma štirje manj kot leta 2022 ter 31 manj kot leta 2002 (438).
- V EU je bilo leta 2023 od 27 držav članic brez jedrskih elektrarn na lastnem ozemlju 15 držav, in sicer: Avstrija, Italija, Nemčija, Poljska, Grčija, Danska, Irska, Hrvaška (solastnica JEK), Litva, Latvija, Estonija, Ciper, Malta, Luksemburg in Portugalska. Vse evropske države z jedrskimi elektrarnami, z izjemo Slovenije, so imele več kot 5 milijonov prebivalcev.
- V letu 2022 je bilo po svetu na omrežje priključenih sedem novih jedrskih reaktorjev, pet pa jih je bilo iz omrežja izključenih. V letu 2022 se je začela gradnja desetih jedrskih reaktorjev, od tega sedmih na Kitajskem. V obdobju 2003–2022 je bilo na omrežje po svetu priključenih 99 jedrskih reaktorjev, 105 pa jih je bilo iz omrežja izključenih. Od tega jih je bilo na Kitajskem priključenih 49, nobeden pa ni bil izključen. Brez upoštevanja Kitajske se je v obdobju 2003–2022 število jedrskih reaktorjev zmanjšalo za 55, njihova skupna moč se je zmanjšala za 24.000 MW.

- Proizvodnja elektrike v jedrskih elektrarnah Francije je bila leta 2022 manjša kot leta 1990. V letu 2022 francoske JE v povprečju niso obratovala 152 dni.
- Francija je bila leta 2022 prvič po letu 1980 neto uvoznica električne energije, njen največji uvoznik elektrike pa je bila – Nemčija. Energetsko podjetje Electricite de France (EDF) se je sredi leta 2023 znašlo v rekordno visokih neto dolgovih (70 milijard dolarjev). Nemčija pa je aprila 2023 zaprla zadnje tri jedrske reaktorje. Stroški dveh jedrskih reaktorjev v gradnji v Veliki Britaniji (Hinkley Point C) so v začetku leta 2023 presegli 44 milijard dolarjev. V ZDA bodo stroški dveh jedrskih reaktorjev (Vogtle 3 in 4) presegli 35 milijard dolarjev.
- V letu 2022 so skupne svetovne investicije v proizvodnjo elektrike iz OVE (brez hidroenergije) dosegle novo rekordno vrednost (495 milijard dolarjev) in so bile 14-krat večje kot investicije v gradnjo JE. Vetrne in sončne elektrarne so proizvedle več elektrike (11,7 %) kot JE (9,2 %). Tudi v EU je proizvodnja elektrike iz vetrnih in sončnih elektrarn prvič preseгла proizvodnjo elektrike iz JE.
- Levelizirani stroški elektrike (LCOE) iz jedrskih elektrarn so bistveno presegli nesubvencionirane stroške elektrike iz vetrnih in sončnih elektrarn, cena elektrike iz JE je najvišja. V letu 2022 je začela obratovati finska JE Olkiluoto 3, zgolj mesec dni po začetku komercialnega obratovanja pa je bila proizvodnja elektrike zmanjšana zaradi obsežne proizvodnje cenejše elektrike iz OVE.
- Japonska vlada je stroške jedrske nesreče leta 2011 (Fukušima) ocenila na višino 223 milijard dolarjev, nekatere druge ocene so še znatno višje.
- Zgolj 22 oziroma 10 % zaprtih jedrskih reaktorjev je bilo v celoti razgrajenih, in sicer 17 v ZDA, štiri v Nemčiji in eden na Japonskem. Povprečno obdobje razgradnje je bilo daljše od 20 let.

- Skupni stroški ravnanja z radioaktivnimi odpadki v celotni verigi so izjemno visoki, za Nemčijo je ocena 63 milijard dolarjev, za Švico pa 21 milijard dolarjev. Zgolj stroški ravnanja z izrabljenim jedrskim gorivom se za ZDA ocenjujejo vse do 168 milijard dolarjev, za Kanado pa nad 19 milijard dolarjev. Po prvih ocenah naj bi bili finančni stroški upravljanja radioaktivnih odpadkov malih jedrskih reaktorjev še višji.

## Energetska vloga jedrskih elektrarn

Po najbolj optimističnih napovedih v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja naj bi do konca 20. stoletja jedrske elektrarne postale ključni proizvajalec električne energije (Smil, 2018, 284). Po nekaterih ocenah jedrskih strokovnjakov in politikov iz začetka devetdesetih let prejšnjega stoletja naj bi bilo zgolj v prvih dveh desetletjih 21. stoletja zgrajenih najmanj 500–600 jedrskih reaktorjev. Leta 1975 je bilo na električno omrežje priključeno rekordnih 44 novih jedrskih reaktorjev, leta 2021 pa le šest (od tega trije na Kitajskem), zlata doba jedrske energije je torej minila pred 40 leti. Čeprav je v zadnjih letih gradnja novih JE nekoliko večja, se delež proizvedene elektrike iz JE ne povečuje. Jedrska energija preprosto ni več cenovno konkurenčna, delež jedrske energije v svetovni porabi energije se od srede osemdesetih let dejansko nenehno zmanjšuje. Do leta 2030 bi bilo treba zagnati 178 jedrskih reaktorjev, da bi ohranili današnjo raven proizvodnje jedrske energije (Jedrska energija ..., 2023, 41).

V letu 2023 je znašalo število jedrskih reaktorjev v obratovanja 407–413 (odvisno od definicije obratovanja), kar je bistveno manj od leta 2002, ko je obratovalo največ jedrskih reaktorjev, in sicer 438. V letu 2022 je bilo na omrežje priključenih sedem novih jedrskih reaktorjev, pet pa jih je bilo iz omrežja izključenih. V letu 2023 se je začela gradnja šestih jedrskih reaktorjev, od tega petih na Kitajskem. Moč jedrskih elektrarn na svetu stagnira, zgolj rast kitajskega jedrskega programa rešuje jedrsko industrijo pred globalno smrtonosno spiralo, sodi Jim Green (2023, 2024).

Aprila 2024 je na svetu obratovalo 416 jedrskih reaktorjev, njihova povprečna starost je bila 31,9 leta, njihova skupna moč pa je januarja 2024 znašala 370,9 GW (Nuclear Reactor Construction ..., 2024). Na globalnem jedrskem trgu sta dominantni Kitajska in Rusija, prva gradi največ JE, druga pa je prisotna v tujini, kjer

gradi nove JE. V zadnjih petih letih ni bilo gradnje novih JE zunaj Kitajske ali pa gradnje v tujini brez ruske jedrske industrije.

Zaradi staranja jedrskih reaktorjev bo treba na svetu v obdobju 2018–2050 v povprečju vsako leto izključiti deset jedrskih reaktorjev (10 GW). To pomeni, da bi morala jedrska industrija letno v povprečju začeti z gradnjo desetih jedrskih reaktorjev in deset jedrskih reaktorjev priključiti na elektroenergetsko omrežje (Green, 2024). V obdobju 2014–2023 pa se je letno v povprečju začela gradnja 6,1 jedrskega reaktorja, na omrežje pa je bilo priključenih 6,7 jedrskega reaktorja. Jim Green (2024) torej po navedenih dejstvih sklepa, da se neupravičeno govori o »jedrski renesansi«. Jure Kos (2022) sicer sodi, da je po svetu prišlo do preporoda jedrske energije, vendar hkrati navaja, da so npr. v ZDA v preteklosti obratovali že 104 jedrski reaktorji, a je njihovo število zaradi zapiranja upadlo na 92. Na Kitajskem so leta 2021 jedrske elektrarne (383 TWh) proizvedle šestkrat manj električne energije kot elektrarne na OVE (vetrne elektrarne – 656 TWh, sončne – 327 TWh, HE – 1300 TWh) (Green, 2023).

JE so leta 2022 po svetu proizvedle 2546 TWh električne energije. Delež globalne proizvodnje komercialne električne energije se je v letu 2022 zmanjšal na 9,2 % oziroma za več kot polovico, kot je znašal največji delež, tisti v letu 1996 (17,5 %). Sončne in vetrne elektrarne so leta 2022 proizvedle več elektrike kot JE, in sicer 11,7 % skupne proizvodnje. V letu 2019 je delež proizvedene električne energije iz alternativnih OVE (10,39 % – a brez upoštevanja deleža hidroenergije) na globalni ravni prvič presegel delež električne energije, proizvedene iz JE (10,35 %) (The World Nuclear Industry ..., 2020, 2023). V letu 2023 so se zmogljivosti JE na globalni ravni kljub petim novim JE zmanjšale za 1 GW, moč elektrarn na OVE pa se je povečala za 107 GW (Wehrmann, 2024).

V EU je leta 2023 delež električne energije iz OVE prvič presegel 40 %, in sicer je znašal 44 %, proizvodnja elektrike v vetrnih elektrarnah pa je prvič preseгла proizvodnjo v plinskih elektrarnah. Mesečne razlike v skupni proizvodnji vetrnih in sončnih elektrarn na ravni EU so bile v obdobju 2016–2023 zlasti zaradi manjših medmesečnih nihanj proizvodnje v vetrnih elektrarnah manjše od 20 % (European

Electricity Review, 2024). Tudi Slovenija je v letu 2022 po dolgotrajnem zaostajanju bistveno povečala proizvodnjo električne energije iz sončnih elektrarn, ta je bila glede na proizvodnjo leta 2021 za 49 % večja (Poročilo o stanju ..., 2023, 26).

V ZDA je bil leta 2022 delež proizvodnje elektrike jedrskih elektrarn (93 jedrskih reaktorjev) 18,2 %, kar je najnižji odstotek v zadnjih 25 letih. Potrebne so bile obilne podpore na federalni in državni ravni za neekonomsko delovanje novih jedrskih reaktorjev. V zadnjih sedmih letih je bilo v ZDA zaprtih pet jedrskih reaktorjev, namesto napovedanega 60-letnega delovanja pa je bilo njihovo povprečno delovanje 47 let (The World Nuclear Industry ..., 2023, 28). Povprečna starost delujočih jedrskih reaktorjev se povečuje in je leta 2022 dosegla 31,2 leta; v ZDA 42,1 in v Franciji 37,6 leta (The World Nuclear Industry ..., 2023, 69).

Aprila 2023 je po podatkih Svetovnega jedrskega združenja (WNA) v državah članicah EU (12 od 27) delovalo 100 jedrskih reaktorjev s skupno močjo 96.664 MW, dva jedrska reaktorja sta bila v gradnji (s kupno močjo 2121 MW – Francija in Slovaška), sedem jih je bilo načrtovanih in 25 predlaganih (tudi v Sloveniji) (Nuclear Power ..., 2024). Tudi jedrska »flota« EU se stara, kar prinaša večje tveganje glede zanesljivosti proizvodnje energije (The Future of ..., 2023).

V obdobju 1990–2017 se je proizvodnja električne energije iz evropskih JE povečala za 5 % oziroma 0,2 % na leto (Make the European Green ..., 2020, 31). V EU so leta 2022 sončne in vetrne elektrarne skupaj prvič proizvedle več elektrike (624 TWh) kot JE (613 TWh), vse elektrarne na OVE pa so skupaj proizvedle 38 % električne energije (The World Nuclear Industry ..., 2023). V letu 2023 so v EU vetrne in sončne elektrarne proizvedle 27 % elektrike (721 TWh), jedrske elektrarne pa 23 % (619 TWh). V letu 2000 je bil delež vetrnih in sončnih elektrarn v skupni proizvodnji elektrike v EU le okoli 15 %, delež jedrskih elektrarn pa je bil tretjinski. V EU se je v obdobju 2000–2023 proizvodnja elektrike iz jedrskih elektrarn zmanjšala za 22 % (European Electricity Review, 2024). Po poročilu Svetovnega jedrskega združenja (WNA) iz februarja 2024 je bila skupna moč jedrskih reaktorjev

v EU 97.000 MW. JE v EU so leta 2022 proizvedle 22 % električne energije, od tega polovico zgoj v eni državi – Franciji (56 jedrskih reaktorjev) (Nuclear Power in the ..., 2024).

V Evropi največ novih jedrskih elektrarn načrtujejo v Franciji, leta 2022 pa je zlasti zaradi korozije stalo 32 od 56 njenih jedrskih reaktorjev. V obdobju 2015–2023 se je proizvodnja elektrike iz francoskih jedrskih elektrarn zmanjšala za 102 TWh, povečala pa se je v sončnih, vetrnih in plinskih elektrarnah (European Electricity Review, 2024). Amory Lovins (2022a) navaja, da je bila leta 2020 povprečna starost francoskega jedrskega reaktorja 35 let in da v povprečju tretjino leta ni proizvajal električne energije. Leta 2022 so JE v Franciji (56 jedrskih reaktorjev) proizvedle le 279 TWh (63 % vse proizvedene električne energije v Franciji) oziroma 120 TWh manj, kot je bilo povprečje v obdobju 2005–2015. Proizvodnja električne energije iz JE v Franciji je bila leta 2022 celo manjša kot leta 1990. Francija je bila leta 2022 prvič po letu 1980 neto uvoznica električne energije (16,7 TWh), največ elektrike pa je bilo uvožene – iz »sončno-vetrovne« Nemčije (15,3 TWh). V letu 2022 francoski jedrski reaktorji zaradi problemov s korozijo in drugih vzrokov v povprečju niso obratovali 152 dni, francosko elektroenergetsko podjetje (EDF) pa se je zaradi rekordnih finančnih izgub in velikega neto dolga (65 milijard evrov sredi leta 2023) soočilo z možnostjo potencialnega bankrota. V vetrovni Škotski je bil v zadnjih petih letih povprečni obratovalni čas vetrnih elektrarn daljši od povprečnega obratovalnega časa francoskih JE v letu 2022 (The World Nuclear Industry ..., 2023, 20, 21, 26, 38, 98).

Na 28. svetovni konferenci o podnebnih spremembah decembra leta 2023 v Dubaju je 25 držav (vključno s Francijo, ZDA, Veliko Britanijo in Slovenijo, vendar brez Kitajske in Rusije) sprejelo izjavo o potrojitvi jedrske moči do leta 2050. Za ohranjanje sedanjega števila jedrskih reaktorjev bi bilo treba do leta 2050 skupno zgraditi 270 dodatnih jedrskih reaktorjev oziroma letno dvakrat več od sedanjega števila. Za potrojitev svetovnih zmogljivosti JE pa bi bilo treba do leta 2050 skupaj zgraditi okoli 1000 jedrskih reaktorjev, kar je tudi z industrijskega vidika (upoštevanje dosežanih izkušenj) zelo verjetno nerealističen cilj.

Če bi leta 2050 zgolj 6,4 % elektrike na svetu proizvajale JE, bi se njihovo število morale podvojiti (od 400 na 800); če pa bi leta 2050 celotno električno energijo proizvajali v JE, potem bi na svetu morale obratovati 12.500 JE s povprečno posamično močjo 850 MW (Jacobson, 2021b, 117). V številnih državah, ki opuščajo fosilna goriva za proizvodnjo elektrike, postaja ključna vloga fleksibilnih OVE, kar v primeru velikega deleža elektrike iz OVE postavlja pod vprašaj optimalnost kombinacije OVE-JE in s tem povezanega elektroenergetskega omrežja (Elliott, 2020, 77, 78). Za velike JE je namreč značilna poudarjena pasovna proizvodnja električne energije z omejeno možnostjo hitrega prilagajanja spremembam v porabi elektrike.

### **Proizvodnja električne energije v JEK**

V obdobju 2010–2020 je bila največja letna proizvodnja v JEK 6,06 TWh, najnižja pa 5,04 TWh; v celotnem obdobju obratovanja je JEK proizvedla več kot 210 TWh. JEK kot skupen proizvodni objekt letno pokriva približno 20 % potreb Slovenije (2,5–3 TWh od 15 TWh) in 16 % potreb Hrvaške po električni energiji. Delež proizvedene električne energije JEK v Sloveniji pa znaša okoli 40 % (JE v EU – 25 %, na svetu – 9 %).

## **Stroški gradnje jedrskih elektrarn in cena proizvedene električne energije**

V letu 2019 se je moč JE povečala za neto 2,4 GW, moč sončnih elektrarn za 98 GW, moč vetrnih elektrarn pa za 59 GW. Skupne investicije v OVE so leta 2019 presegle 300 milijard dolarjev in so bile desetkrat večje kot investicije v jedrsko energijo. V obdobju 2009–2019 so se skupni (»levelizirani«) stroški na enoto električne energije, proizvedene v sončnih elektrarnah, znižali za 89 %, v vetrnih elektrarnah za 70 %, v jedrskih elektrarnah pa povečali za 26 % (World Nuclear Industry ..., 2020, 18, 19, 32). Investicije v OVE (brez upoštevanja hidroenergije) za proizvodnjo električne energije so v letu 2022 dosegle novo rekordno vrednost (495 milijard dolarjev) in so bile za 35 % večje kot v letu 2021. *Svetovne investicije v jedrsko energijo pa so v letu 2022 znašale zgolj 35 milijard dolarjev (za 9,4 GW moči novih JE) in so bile 14-krat manjše od investicij v OVE (brez upoštevanja HE)* (The World Nuclear Industry ..., 2023, 38).

JE so se v zadnjih letih v številnih državah (zlasti v Franciji in na Japonskem) soočale s številnimi finančnimi problemi in izzivi, zlasti zaradi nenačrtovanih daljših zaustavitev, pomanjkanja hladilne vode zaradi vse bolj zaostrenih podnebnih sprememb itn. Posvetovalni svet evropskih akademij znanosti (EASAC), ki sicer na splošno ni nenaklonjen jedrski energiji (vendar je ne šteje med ključne vire energetskega prehoda Evrope) med bistvenimi razlogi za omejene investicije v jedrsko energijo v nekaterih državah članicah EU razen visokih stroškov in tveganja ter negotovosti glede odlaganja visokoradioaktivnih odpadkov (VRAO) izpostavlja tudi izzive in tveganja hlajenja z rečno vodo v poletnem obdobju, s katerimi se soočajo jedrske elektrarne (The Future of ..., 2023, 19).

Raziskave kažejo, da so se v zadnjih 30 letih zlasti zaradi posledic podnebnih sprememb stroški gradnje jedrskih elektrarn bistveno povečali, kar seveda še dodatno zmanjšuje cenovno konkurenčnost elektrike, proizvedene v JE, zlasti v primerjavi

s sončnimi in vetrnimi elektrarnami. V ZDA so bile potrebne obsežne državne podpore za neekonomsko proizvodnjo elektrike iz večjega števila JE, francoska vlada pa je lobirala za pridobivanje sredstev iz skladov EU za podporo njeni jedrski industriji (*The World Nuclear Industry ...*, 2023, 33).

Po mnenju Zorana Kusa (2019) so razlike med prvotno ocenjenimi stroški za izgradnjo jedrskega reaktorja in realnimi končnimi stroški v največji meri posledica predlagateljevega namernega in velikega podcenjevanja stroškov. Ta želi prikazati najnižjo možno oceno, saj bi bil v nasprotnem primeru predlog najverjetneje zavrnjen že takoj na začetku. Prekoračitev začetne cene je po Kusovi sodbi tudi posledica dejstva, da je v finančno zelo zahtevnem projektu možno »skriti« vse stranpoti in manipulacije, tudi nelegalne poti in korupcijo. Ko pa je veliki projekt že na pol poti realizacije, ga zaradi velikih stroškov ni več mogoče ustaviti; dodatni stroški nadaljevanja gradnje JE so praviloma veliki, čas gradnje pa se podaljša.

Westinghouse je leta 2006 sodil, da bo gradnja enega jedrskega reaktorja (AP1000) znašala 1,4 milijarde dolarjev oziroma 12-krat manj, kot so sodobne ocene (Green, 2023). Stroški dveh reaktorjev v gradnji (JE Hinkley Point C) v jugozahodni Angliji so bili februarja 2022 ocenjeni na 44 milijard dolarjev oziroma okoli 40 milijard evrov namesto načrtovanih 21 milijard evrov (*The World Nuclear Industry ...*, 2023, 20). Benjamin Wehrmann (2024) predvideva, da bo cena gradnje JE Hinkley Point C okoli 50 milijard evrov, Zoran Kus (2024) pa navaja, da naj bi dejanska nova ocena stroškov (vključno z inflacijo) narasla na 54 milijard evrov, stroškovna cena elektrike iz JE naj bi preseгла 200 evrov/MWh, JE Hinkley Point C pa naj bi bila zgrajena šele leta 2031.

Pri gradnji JE Vogtle 3 in 4 (dva jedrska reaktorja) v ZDA so se stroški proizvodnje elektrike dvignili na okoli 9400 dolarjev/kW, v JE Flamanville in JE Olkiluoto 3 pa na okoli 7000 evrov/kW (Wealer idr., 2019, 238). Po sedemdesetih letih 20. stoletja se je v ZDA začela gradnja zgolj dveh komercialnih jedrskih reaktorjev (tipa AP1000): Vogtle 3 in 4. Gradnja se je začela leta 2013, zaključila pa naj bi se najpozneje leta 2018. Skupna cena gradnje obeh

jedrskih reaktorjev naj bi po prvih izračunih znašala 14 milijard dolarjev. Leta 2023 je začel z veliko zamudo obratovati jedrski reaktor Vogtle 3, Vogtle 4 pa na začetku leta 2024 še ni obratoval. Po oceni iz leta 2022 naj bi znašali stroški gradnje obeh jedrskih reaktorjev okoli 31 milijard dolarjev (The World Nuclear Industry ..., 2023, 240).

V ZDA je po podatkih strokovnjakov Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja iz leta 2019 prišlo do odpovedi investicijskega projekta za gradnjo JE V. C. Summer, a šele po podvojitvi stroškov. Stroški gradnje dveh jedrskih reaktorjev v Južni Karolini (ZDA) so se s prvotnih 11,5 milijarde dolarjev povečali na 25 milijard dolarjev (Fessler, 2019, 255), po navedbah Kusa (2019) so gradnjo JE v Južni Karolini zaradi enormnega povečanja prvotnih stroškov v letu 2017 ustavili, čeprav je bilo porabljenih že 9 milijard dolarjev, kar je povzročilo stečaj podjetja Westinghouse, katerega jedrski reaktor je nameščen tudi v JEK. Sodobna mednarodna jedrska industrija se torej sooča s številnimi problemi, veliki jedrski podjetji Westinghouse (ZDA) in Areva (Francija) celo s problematiko bankrota (The World Nuclear Industry ..., 2019, 14; Fessler, 2019, 255). Westinghouse je leta 2017 zlasti zaradi izjemnega porasta stroškov pri gradnji Vogtle 3 in 4 priglasil nadzorovani stečaj, kar je ostalo od jedrskega dela Westinghousa, pa so Japonci prodali Kanadčanom (Gregorič, 2021). Svetovno znana revija Forbes je zato že pred leti naložbe v jedrske elektrarne v ZDA označila kot »največjo katastrofo poslovanja v zgodovini« (Kus, 2022a). Westinghouse je v zadnjih desetih letih začel z gradnjo zgolj štirih jedrskih reaktorjev, ruski Rosatom je zaradi ukrajinske vojne pod bojkotom zahodnih držav, francoski Framatome se sooča s 65 milijardami evrov neto izgub, južnokorejski KHNP pa sprejema povpraševanja za gradnjo novih JE (Hajek, 2024).

V primerjavi npr. z vetrnimi ali fotovoltaičnimi elektrarnami je zlasti po zaostrenih varnostnih standardih po nesreči v japonski JE Fukušima gradnja JE finančno še bolj zahtevna, zlasti za manjše, finančno šibke države. Tretji jedrski reaktor finske JE Olkiluoto (1630 MW) so začeli graditi leta 2005, stroški gradnje JE pa so od načrtovanih 3 milijard evrov narasli na več kot 11 mili-

jard evrov, kar je enako okoli 7000 evrov/kW (The World Nuclear Industry ..., 2019, 62; Wealer idr., 2019, 238), študija IEA navaja gradbene stroške v višini več kot 5723 dolarjev/kW (Projected Cost of Generating ..., 2020, 152). V začetku leta 2022 je končno začel obratovati nov jedrski reaktor finske JE Olkiluoto, a 12 let pozneje in dvakrat dražji, kot je bilo načrtovano (Tkalec, 2022).

Načrtovanje francoskega jedrskega reaktorja Flamanville 3 (1600 MW) se je začelo leta 2004, izgradnja leta 2007, v letu 2023 pa delo še ni bilo zaključeno. Stroški gradnje so se z načrtovanih 1886 dolarjev/kW do leta 2020 povzpeli na izjemno visokih 8620 dolarjev/kW, stroški gradnje so se torej povečali za več kot 4,5-krat (Projected Costs of Generating ..., 2020, 152). Po oceni francoskega nacionalnega nadzornega sveta naj bi se stroški investicije za JE Flamanville 3 z načrtovanih 3,1 milijarde evrov dvignili na 19 milijard evrov (Haverkamp, 2021, 16). Zaradi že dosedanjih visoko prekoračenih stroškov in podaljšanih rokov izgradnje je predvidena ocena za ceno električne energije 110 evrov/MWh, kar je bistveno nad primerljivo ceno MWh električne energije na trgu EU (Kus, 2019). Kljub temu je francoska vlada leta 2023 pripravila nov jedrski program (šest novih JE s skupno vrednostjo okoli 60 milijard evrov). Temu pa je javno nasprotovalo okoli 800 znanstvenikov, ki so izpostavili zlasti problematiko dolgotrajne gradnje JE (glede na izzive podnebne krize), problematično upravljanje jedrskih odpadkov, monopolni položaj JE v energetskih razvojnih politikah in vse večjo pičlost razpoložljive vode za hlajenje jedrskih reaktorjev. Po mnenju švicarske organizacije Energiestiftung (SES) bi brez obsežne državne pomoči francoska jedrska industrija že propadla. Do leta 2030 bo morala Francija v svoje zastarele JE vložiti okoli 100 milijard evrov, da bo lahko ohranila sedanjo raven proizvodnje električne energije; vendar je vprašljivo, kako bo poldržavno energetska podjetje EDF, ki je zadolženo za okoli 43 milijard evrov, to lahko izvedlo.

Poleg navedenih sta danes v Evropi v gradnji samo še dva manjša reaktorja ruske tehnologije - na Slovaškem, Mochovce 3 in 4, s prekinitvami že od leta 1984 (torej sta skupno v gradnji že 38 let). Analiza Mednarodne agencije za energijo (IEA, 2019) navaja, da vsi

ti reaktorji nikoli ne bodo generirali minimalnega povračila vloženih sredstev, ampak bodo beležili ogromne izgube (Kus, 2022a).

V obdobju 2013–2022 je bilo povprečno obdobje gradnje jedrskih reaktorjev (66) do priključitve na elektroomrežje (a brez upoštevanja načrtovanja in priprave na gradnjo) 9,4 leta. Povprečno obdobje gradnje jedrskega reaktorja na Kitajskem (39) je bilo 6,2 leta, gradnja finske JE Olkiluoto 3 pa je namesto načrtovanih 4,4 leta trajala 16,6 leta. V ZDA je npr. leta 2017 po štirih letih gradnje in večmilijardnih vlaganjih prišlo do opustitve gradnje obeh jedrskih reaktorjev V. C. Summer. V obdobju od leta 1970 do julija 2023 je po svetu prišlo do 92 opustitev načrtovanih gradenj jedrskih reaktorjev, največ v ZDA (42), Rusiji (12), Nemčiji (6) in Ukrajini (6) (*The World Nuclear Industry ...*, 2023). *Podatki za obdobje gradnje JE v Evropi (Francija, Finska in Velika Britanija) po letu 2000 kažejo, da je obdobje od začetka načrtovanja pa do začetka obratovanja 15–20 let* (Jacobson, 2021b, 112).

Po mnenju Fesslerja (2019, 255, 256) jedrska industrija ni v obdobju razcveta, prav izjemno visoki stroški gradnje JE so po njegovi sodbi temeljni žebelj v krsto jedrske energije 21. stoletja. Od načrtovanja do začetka obratovanja JE sta po njegovih navedbah potrebni eno ali dve desetletji, kar je bistveno daljše obdobje kot pri sončnih in vetrnih elektrarnah. Fessler (2019, 256) navaja, da je pri jedrski energiji pri končnih stroških proizvedene energije treba upoštevati ne le stroške elektrarne, temveč še stroške dolgoročnega shranjevanja nastalih radioaktivnih odpadkov ter obratovalne stroške, zato je po medgeneracijsko poštenih izračunih proizvedena elektrika iz JE dejansko najdražji vir energije na svetu. Drago jedrsko energijo mora po njegovem mnenju nadomestiti cenejša energija iz OVE, zato bo 21. stoletje po njegovi napovedi »jedrski zahod« in »vzhod obnovljive energije« (Fessler, 2019, 256).

Jedrski strokovnjak Leon Cizelj (2017), ki je sicer zagovornik rabe jedrske energije, stečaja družbe Westinghouse ne označuje kot veliko presenečenje. Povezuje ga zlasti z dejstvom, da so trgi v Zahodni Evropi in Severni Ameriki že nekaj let razmeroma nasičeni s poceni električno energijo, in tudi že amortizirane JE ne morejo več delati z dobičkom. Danes so po njegovem mnenju edini proizvajalci

JE, ki še dobro funkcionirajo, Korejci, Kitajci in Rusi. Francoski Arevi je leta 2016 pomoč ponudil francoski upravljalec elektrarn EDF, ki je v državni lasti, da bodo lahko dokončali jedrske elektrarne v gradnji. Podobno se je zgodilo Westinghousu, le da jih njihov večinski lastnik, Toshiba, ki ima težave tudi na drugih poslovnih področjih, ni mogel izvleči in so morali razglasiti stečaj. Podčrtati velja naslednjo strnjeno izjavo Cizlja (2017): *današnje razmere na trgu energije praktično nobenim novogradnjam, ki niso subvencionirane, ne dajejo prostora, v takih razmerah dobavitelji opreme in načrtovalci novih tipov JE enostavno ne morejo več preživeti*. Toda jedrski strokovnjak Cizelj (2017) je kljub navedenim pomislekom prepričan, da so po svetu še vedno zelo živahni dobavitelji jedrskih elektrarn z zelo dobrimi referencami in izkušnjami.

Jedrski industrija je ena zelo redkih, ki v svoji dolgi, 70-letni zgodovini ne kaže t. i. učne krivulje (learning curve) oziroma je njena učna krivulja negativna, kar pomeni, da je vsaka nova generacija in izgradnja vsake nove jedrske elektrarne iz leta v leto dražja. Če bi namreč bila učna krivulja za nove reaktorje v daljšem obdobju pozitivna (kar je eden glavnih pogojev za konkurenčnost in obstoj neke industrije na svetovnem trgu), bi današnji jedrski reaktorji morali biti cenejši kot pred desetletji, saj gre za praktično enako tehnologijo (kljub današnjim mnogo višjim varnostnim standardom, ki sicer predstavljajo pomemben del podražitve gradnje), a je v praksi popolnoma nasprotno (Kus, 2022a). Potencialni učni učinek se torej ni izrazil v zniževanju stroškov izgradnje novih jedrskih reaktorjev in je v tej industriji v celoti odpovedal. Trend finančnih izgub naj bi se v naslednjih letih in desetletjih samo še nadaljeval in stopnjeval, saj naj bi se gradnja velikih jedrskih reaktorjev do leta 2040 podražila še najmanj za eno četrtino (Kus, 2022a).

Amory Lovins (2019, 1) je tudi na osnovi ugotovitev poročila *World Nuclear Industry Status Report* iz leta 2019 zaključil, da je dejansko globalna jedrska industrija v počasi potekajočem komercialnem kolapsu, saj dobesedno umira od nepopravljivega napada tržnih sil OVE. Če bi bili vsi zunanji in dodatno še medgeneracijski stroški vključeni v sedanjo ceno električne energije iz JE, potem bi bila ta cena absolutno nekonkurenčna, vse JE pa

bi beležile velike finančne izgube. Medgeneracijsko odgovorna in moralna vlada torej ne bi smela biti (so)lastnica in finančna podpornica gradnje JE, celo porokinja za najete kredite, podpisnica pogodb npr. za večletni zagotovljen in obvezen odkup elektrike po vnaprej dogovorjenih cenah. V etično in medgeneracijsko pravično ceno proizvedene elektrike iz JE pa bi bilo seveda treba vključiti še prihodnje stroške stotin generacij, ki bodo prisiljene skrbeti za visokoradioaktivne odpadke, za izrabljeno jedrsko gorivo sedanjih generacij, ki brez medgeneracijsko solidarnostnega etičnega kompasa uporabljamo jedrsko elektriko.

Priznana, 170 let stara svetovalna hiša Lazard že vrsto let s pomočjo celovito zasnovane metodologije LCOE (*Levelized Cost of Energy* – levelizirani stroški proizvedene elektrike) analizira ekonomičnost (ekonomske stroške) konvencionalnih in sodobnih tehnologij za proizvodnjo električne energije (sedanjo in prihodnjo proizvodnjo) v času obratovanja elektrarn. LCOE je merilo povprečnih neto sedanjih stroškov proizvodnje električne energije za proizvodno napravo v njeni celotni življenjski dobi, ki ga uporabljamo za primerjavo cene med različnimi viri energije. Metodologija LCOE razen stroškov gradnje JE (t. i. *overnight costs*) zajema tudi stroške obratovanja in vzdrževanja, čas gradnje, stroške kreditov in diskontne stopnje, ki skupaj vplivajo na povprečne stroške na enoto energije, proizvedene v življenjskem obdobju JE. Upoštevati je treba tudi dejstvo, da je celotna jedrska veriga (od rudnikov urana do dekomisije JE in odlaganja radioaktivnih odpadkov) finančno zahtevna in zelo kompleksna, skupna cena energije iz JE mora torej vključevati tudi visoke stroške razgradnje JE in stroške ravnanja z odpadki.

*Rezultati kažejo, da so pod določenimi pogoji tehnologije proizvodnje energije iz OVE že postale stroškovno tekmovalne s tehnologijami konvencionalne proizvodnje energije* (Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis, 2019; 2023). Ocenjeni skupni stroški v življenjskem ciklu po analizah na osnovi rabe metodologije LCOE za proizvodnjo elektrike iz različnih novih energetske proizvodnih objektov so bili v ZDA v letih 2018 in 2019 naslednji (Lazard's Levelized Cost ..., 2019; The World Nuclear Industry ..., 2019,

213; Lovins, 2019, 4; Kus, 2019, 3; Jacobson, 2021b, 114):

- termoelektrarne na premog: 60–143 dolarjev/MWh (za leto 2018) in 66–132 dolarjev/MWh (za leto 2019);
- jedrske elektrarne: 112–189 dolarjev/MWh (povprečje 151) in 118–192 dolarjev/MWh;
- termoelektrarne na plin: 44–68 dolarjev/MWh (leta 2019);
- sončne elektrarne (fotovoltaika): 36–44 dolarjev/MWh (povprečje 41) in 32–42 dolarjev/MWh (2017: 43–48 dolarjev/MWh);
- vetrne elektrarne (kopno): 29–56 dolarjev/MWh (43) in 28–54 dolarjev/MWh.

Tudi študija svetovalne hiše Lazard iz leta 2023 o leveliziranih stroških proizvodnje električne energije iz različnih virov energije kaže, da so tehnologije proizvodnje elektrike iz OVE (sončna in vetrna energija) stroškovno konkurenčne tehnologijam rabe fosilnih virov energije in urana (jedrska energija) (Lazard's Levelized Cost ..., 2023). Amory Lovins (2022b) navaja, da naj bi bila v ZDA cena elektrike (MWh) iz nove JE 3–8-krat višja kot iz sončne ali vetrne energije, po drugih ocenah (upoštevanih več kot 24.000 projektov) pa 5–13-krat višja. Kitajski jedrski reaktorji so sicer cenejši, vendar naj bi kljub temu bila proizvedena elektrika za dvakrat dražja od elektrike iz sončnih oziroma vetrnih elektrarn. Leta 2020 je Kitajska v rabo OVE investirala veliko več kot v jedrsko energijo.

V obdobju 2009–2021 so bili povprečni proizvodni stroški (ameriški dolar/MWh) po različicah Lazardovih analiz (LCOE) naslednji (Jedrska energija ..., 2023, 22):

- jedrska energija: 123 dolarjev/MWh (leta 2009) in 167 dolarjev/MWh (leta 2021) (povečanje za 36 %);
- premog: 111 in 108 (–3 %);
- zemeljski plin: 83 in 60 % (–28 %; pred vojno v Ukrajini);
- vetrna energija: 135 in 38 (–72 %);
- sončna energija (fotovoltaični kristali): 359 in 36 (–90 %).

Lovins (2019, 4) metodologijo svetovalne hiše Lazard (LCOE) za izračune celostnih stroškov sicer ocenjuje kot bolj naklonjeno energetskim objektom za proizvodnjo električne energije iz fosilnih goriv in urana (JE). Tako med drugim metodologija izračunov stroškov ne upošteva npr. cenejšega kapitala za gradnjo objektov za proizvodnjo elektrike iz OVE, saj je njihova gradnja hitrejša; vendar tudi tako zasnovana metodologija kaže na vse bolj izrazito konkurenčnost OVE, v letu 2019 se je namreč nadaljeval trend zmanjševanja predvidenih skupnih stroškov proizvodnje elektrike iz OVE, na drugi strani pa je bila stagnacija ali rast stroškov JE in TE. Proizvodnja elektrike iz sončnih in vetrnih elektrarn je vse pogostejše cenejša od proizvodnje elektrike iz TE na premog in JE. Lovins (2019, 7) za ZDA navaja podatek, da je za nadomestitev zaprte JE z učinkovito rabo energije (zmanjšanje porabe) ali pa s proizvodnjo elektrike iz OVE potrebno zgolj 1–3 let.

V letu 2020 sta Mednarodna agencija za energijo (IEA) in Agencija za jedrsko energijo (NEA) pri projekcijah načrtovanih skupnih »izravnanih« stroškov proizvodnje električne energije (v obdobju obratovanja elektrarn) metodološko prvič upoštevali tudi stroške shranjevanja energije (npr. pri vetrni in sončni energiji), stroške gorivnih celic (vodik), nekatere dolgoročne stroške jedrske energije (razgradnja JE in stroški odlaganja radioaktivnih odpadkov v obdobju obratovanja JE) ter predvidene stroške ogljika za leto 2025 (30 dolarjev za tona CO<sub>2</sub>). Izračuni kažejo, da se bodo skupni stroški proizvodnje električne energije s pomočjo nizkoogljčnih tehnologij še naprej zniževali. V letu 2025 naj bi bili levelizirani stroški proizvodnje električne energije najnižji pri kopenskih vetrnih elektrarnah (že leta 2020 – pod 100 dolarjev/MWh), zelo konkurenčne stroškom proizvodnje elektrike iz fosilnih goriv pa naj bi bile tudi večje fotovoltaične elektrarne in hidroelektrarne. S povečevanjem deleža OVE pri proizvodnji električne energije se stroški na enoto proizvedene elektrike zmanjšujejo (Projected Costs of Generation ..., 2020, 13). V nasprotju z vrsto drugih izračunov prihodnjih skupnih stroškov nove proizvodnje električne energije iz JE pa so izračuni IEA in NEA bistveno nižji, leta 2025 naj bi namreč bila elektrika iz novih

JE najbolj poceni (45–100 dolarjev/MWh). Ta cena je primerljiva zgolj z nizko ceno elektrike iz velikih HE, ki pa ostajajo zelo odvisne od vodnih pretočnih razmer v posamezni državi (Projected Costs of Generation ..., 2020, 14, 15).

A poudariti velja, da je bilo pri izračunih cene proizvedene električne energije harmonizirano življenjsko obdobje pri JE kar 60 let, čeprav se praviloma za jedrske reaktorje navaja kot povprečno obdobje obratovanja 40 let, ki ga je možno ob novi, seveda pozitivni okoljski presoji in ob večjem varnostnem tveganju podaljšati za 10–20 let. Pri npr. fotovoltaičnih in vetrnih elektrarnah pa je pri izračunih skupnih stroškov vzeto harmonizirano življenjsko obdobje – 30 let. Na drugi strani velja poudariti, da se v skupnih stroških proizvodnje električne energije iz OVE pogosto »pozabljajo« upoštevati tudi stroški shranjevanja energije, ki so razmeroma visoki pri OVE z večjimi dnevnimi in sezonskimi nihanji v proizvodnji električne energije, vendar so tudi v tem primeru stroški proizvodnje energije iz OVE konkurenčni stroškom energije iz JE. Največ novih JE se gradi na Kitajskem, kjer pa visoke stroške njihove gradnje v veliki meri pokrivajo s pomočjo obilnih državnih subvencij (Jacobson, 2021b, 115). Prav tako pa je na mestu zelo zaskrbljujoče geostrateško opozorilo, da je v letu 2022 Kitajska proizvedla skoraj štiri petine svetovne proizvodnje fotovoltaičnih modulov.

Mark Jacobson (2021b, 114, 115) poudarja, da model leveliziranih stroškov energije (LCOE) iz JE določenih stroškov ne vključuje ali pa jih podcenjuje:

1. Za izračune se kot povprečno obdobje gradnje uporablja 5,75 leta, kar je prekratko obdobje, zato so dejanski skupni stroški gradnje bistveno večji, obenem pa je čas gradnje npr. sončnih ali vetrnih elektrarn nekajkrat krajši.
2. Ne vključuje stroškov celotnega obdobja potrebnega skladiščenja jedrskih odpadkov, torej za obdobje več 100.000 let, ko seveda JE več ne bodo proizvajale elektrike in s tem finančnih sredstev za stroške skladiščenja jedrskih odpadkov.

3. Ne vključuje stroškov za sanacijo (čiščenje) v primeru velike jedrske nesreče (taljenje jedrske sredice). Ocenjeni stroški sanacije jedrske nesreče v treh jedrskih reaktorjih JE Fukišima Daichi leta 2011 so med 460 in 640 milijardami dolarjev oziroma potencialno okoli 1,2 milijarde dolarjev na vsak delujoči jedrski reaktor na svetu.

### Ocene stroškov gradnje JEK2

Predsednik slovenske vlade Robert Golob je na posvetu o prihodnosti jedrske energije julija 2023 napovedal, da bi novo JEK2 lahko zgradili v najboljšem primeru do leta 2037, v primeru brez sprememb v zakonodaji glede postopkov gradnje pa leta 2048.

*Kus (2019) navaja podatek, da bi bili zgolj stroški kapitala (brez obratovalnih in vzdrževalnih stroškov, ki predstavljajo praviloma okoli 40 %) za 1200-MW reaktor (model AP1000) med 7 in 13 milijardami evrov. Damijan in Babič (2020) za novo JEK navajata okvirno ceno okoli 8 milijard evrov, Tkalec (2022) pa okoli 10 milijard evrov.*

Vodstvo GEN energije je maja 2024 predstavilo okvirno ekonomiko projekta JEK2. Na podlagi do zdaj zbranih in prejetih podatkov potencialnih dobaviteljev strošek gradnje novega bloka velikosti 1000 MW ocenjujejo na 9,3 milijarde, strošek gradnje 1650-MW bloka pa na 15,4 milijarde evrov (Prelesnik, 2024, 30). Študija, ki so jo pripravili na Elektroinštitutu Milan Vidmar, sicer kaže, da bi bil z vidika elektroenergetskega sistema najprimernejši blok velikosti do 1300 MW neto električne moči na izhodu generatorja. Dejan Paravan, generalni direktor GEN energije, ocenjuje, da bi ob predvideni zahtevani donosnosti 2–3 % predvidena prodajna cena električne energije znašala med 66 evri/MWh (za 2 %) in 81 evri/MWh (za 3 %). JEK2 pa naj bi obratovala 60 let (Prelesnik, 2024, 30).

Zoran Kus (2022) navaja Lazardovo analizo iz leta 2021, po kateri bi bili za 1200-MW jedrski reaktor (model AP1000, Westinghouse, ZDA, ki ga podjetje GEN energija vrsto let navaja kot prvo izbiro za JEK2) stroški kapitala 8,4–13,8 milijarde

evrov. Celotni stroški projekta (vključno z obratovalnimi, zunanjimi in preostalimi stroški ter stroški razgradnje JEK2, vendar brez stroškov geološkega skladiščenja visokoradioaktivnih odpadkov) pa bi bili v rangju 14–23 milijard evrov. Za 1600-MW reaktor (model EPR, Francija, ki ga podjetje GEN energija vrsto let navaja kot drugo izbiro za JEK2) bi stroški kapitala dosegli 11–18 milijard evrov, celotni stroški projekta pa že enormnih 18–30 milijard evrov. Predvidena modela za JEK2 (oba sta tip PWR) bi proizvedla približno 9 oziroma 12 TWh elektrike na leto (sedanji jedrski reaktor JEK proizvede približno 6 TWh letno, od teh polovica pripada Hrvaški) (Kus, 2022a).

Srednja, povprečna ocena celotnih stroškov za JEK2, in sicer za 1100-MW reaktor (toleranca plus ali minus 100 MW), ki ga navaja energetska dovoljenje vlade za JEK2 iz julija 2021, po Kusu (2022) presega 15 milijard evrov. Ta ocena predstavlja 3–4-krat višje celotne stroške, kot jih za JEK2 uvodoma navajalo podjetje GEN energija (3,5–5 milijard evrov). Resnična ocena stroškov predstavlja približno tretjino celotnega slovenskega bruto domačega proizvoda v letu 2020 (47 milijard evrov). Zaradi napovedi strokovnih institucij o nadaljnji rasti stroškov za izgradnjo jedrskih elektrarn v prihodnjih letih pa bi bila ocena celotnih stroškov JEK2 že čez nekaj let še višja, s tem pa tudi cena vsake kWh proizvedene elektrike (Kus, 2022a). V zadnjih desetih letih se je po podatkih Lazarda (2021) cena sončne energije znižala za 90 % (na povprečno 29 evrov/MWh), vetrne energije za 70 % (na povprečno 33 evrov/MWh), medtem ko se je cena elektrike iz novih jedrskih elektrarn povečala za 33 % (na povprečno 151 evrov/MWh) (Kus, 2022a).

V prvi oceni stroškov tudi za JEK2 ni naveden podatek glede zelo pogostih prekoračitev stroškov (overrun costs) zaradi zamud izgradnje reaktorjev, ki so po statistiki za več kot 80 % vseh reaktorjev na svetu v rangju 100–300 % (Kus, 2022a). Vsako dodatno leto zamude pri izgradnji jedrskega reaktorja doda k stroškom financiranja približno 500 milijonov evrov za velikost jedrskega reaktorja 1000 MW. Statistika kaže, da po jedrski nesreči v Černobilu aprila 1986 nobena jedrska elektrarna v

zahodnih državah ni bila zgrajena v predvidenem roku in v okviru prve ocene stroškov pred začetkom izgradnje. Največje povečanje stroškov, za 500 %, beleži reaktor Vogtle, ki je trenutno v izgradnji v ZDA (s 6,1 na 28,5 milijarde dolarjev oziroma 11.000 dolarjev na MW moči), in po oceni francoskega računskega sodišča za 500 % tudi reaktor Flamanville 3 v Franciji (s 3,3 na 19,1 milijarde evrov), reaktor Olkiluoto 3 na Finskem za 300 % (s 3 na 12 milijard evrov), reaktor Hinkley Point C v Združenem kraljestvu pa za 200 % (ocena 25,4 milijarde evrov). Gradnjo reaktorja V. C. Summer v Južni Karolini v ZDA so zaradi enormnega povečanja stroškov v letu 2017 dokončno ustavili, čeprav je bilo porabljenih že 9 milijard dolarjev, kar je povzročilo stečaj podjetja Westinghouse (Kus, 2022a).

Zoran Kus (2024) navaja, da naj bi stroški kapitala gradnje čez noč in stroški financiranja – ceno kapitala za gradnjo JEK2 z močjo 1100 MW presegli za 16 milijard evrov, v primeru gradnje JEK2 z močjo 1600 MW pa 23 milijard evrov. Celotni stroški gradnje JEK2 (okoli 20 milijard evrov) bi v letnem bruto domačem proizvodu (BDP) Slovenije predstavljali okoli 30 %, npr. na Poljskem 3 %, v Franciji in Veliki Britaniji pa manj kot 1 % BDP. Oportunitetni stroški jedrske opcije so za Slovenijo bistveno previsoki. Po metodologiji hiše Lazard bi stroškovna cena elektrike presegla 170 evrov/MWh, maloprodajna cena pa bi bila še bistveno višja. Stroškovna cena elektrike iz novih JE naj bi bila najmanj trikrat višja kot nesubvencionirana cena elektrike iz novih velikih OVE, ki dosega povprečno 50–60 evrov/MWh. Nasprotno pa Damijan in Babič (2024) pričakovano stroškovno ceno električne energije iz JEK2 ocenjujeta na 70–80 evrov/MWh.

GEN energija je maja 2024 predstavila interno ekonomsko oceno načrtovane gradnje JEK2 (GEN energija ..., 2024). Stroški »gradnje čez noč« naj bi bili 9,3 evra/kW moči, kar pomeni pri moči elektrarne 1000 MW 9,3 milijarde evrov, pri moči 1300 MW 12,1 milijarde evrov in pri moči 1650 MW 15,4 milijarde evrov. Študija priključitve JEK2 na elektroenergetski sistem Slovenije je pokazala, da bi bila optimalna velikost JEK2 do 1300 MW neto električne moči. V primeru upoštevanja še

zelo različno ocenjenega povprečnega stroška kapitala (stroški financiranja) naj bi bila povprečna cena elektrike iz elektrarne 66–144 evrov/MWh. Družba GEN energija sama ni zmožna zagotoviti vseh finančnih sredstev za JEK2.

Za vse izračune in uporabljene predpostavke je predvidena pridobitev mednarodne recenzije priznane institucije, in sicer pred izvedbo referendumoma. JEK2 naj bi bila po optimistični oceni izgrajena leta 2039, gradnja pa naj bi se začela leta 2032, obratovala naj bi 60–80 let, torej vsaj do konca 21. stoletja. Eno od ključnih vprašanj glede ekonomike projekta je nedvomno naslednje: zakaj je družba GEN energija v ospredje postavila izračun stroškovne cene 66 evrov/MWh, direktor Elesia Aleksander Mervar pa jo je ocenil na najmanj 125 evrov/MWh?

## Razgradnja jedrskih elektrarn

Povprečna starost delujočih jedrskih reaktorjev je več kot 30 let, predvideno celotno obdobje njihovega obratovanja pa je 40 let. *Do srede leta 2023 je bilo po svetu zaprtih 212 jedrskih reaktorjev, a zgolj 22 jih je bilo v celoti razgrajenih (dekomisija jedrskega reaktorja).* Zgolj v osmih primerih razgradnje jedrskih reaktorjev pa so bile dosežene razmere, ki omogočajo ponovno rabo prostora brez omejitev. V Evropi je prenehalo obratovati 130 jedrskih reaktorjev, podrobnejše analize stroškov zapiranja oziroma razgradnje jedrskih reaktorjev v Nemčiji, Italiji in Litvi kažejo, da so bistveno višji od načrtovanih (The World Nuclear Industry ..., 2023, 298, 299). V Italiji so se predvideni stroški zapiranja štirih JE od leta 2004 skoraj podvojili in skupaj dosegli 8,1 milijarde dolarjev, vendar ne vključujejo stroškov shranjevanja visokoradioaktivnih odpadkov (The World Nuclear Industry ..., 2019, 14, 15, 23, 165).

Razgradnja JE Greifswald - Lubmin na območju nekdanje Nemške demokratične republike traja že 30 let, porabljenih pa je bilo 6,6 milijarde evrov. Sklad za razgradnjo nemških upravljalcev JE ima za vse nemške jedrske elektrarne na voljo le 24 milijard evrov, stroški razgradnje se torej prenašajo na prihodnje generacije (Jedrska energija ..., 2023, 21). Stroški razgradnje, dolgoročnega skladiščenja radioaktivnih odpadkov in izrabljenega jedrskega goriva ter t. i. rekultivacije območja JE so visoki in strmo naraščajo, npr. za litovsko JE Ignalina (sovjetska tehnologija) naj bi znašali okoli 6 milijard evrov, EU pa krije polovico stroškov njenega zapiranja (The World Nuclear Industry ..., 2020, 236). Ocene stroškov razgradnje JE v Nemčiji, Italiji in Litvi so zelo visoke (6,8; 106 in 15,7 dolarja/MWh). Skupni stroški za odlaganje vseh radioaktivnih odpadkov za Nemčijo se ocenjujejo v višini 163 milijard dolarjev, za Švico pa 21 milijard dolarjev.

## Finančna problematika razgradnje obstoječe JEK

Podčrtati velja, da je bilo po knjigovodskih podatkih v (ločena) namenska državna sklada do (vključno) leta 2017 za financiranje razgradnje JEK ter za izgradnjo skladišča njenih nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov ter za dolgoročno, vendar začasno odlagališče visokoradioaktivnih odpadkov (izrabljeno jedrsko gorivo) s strani Slovenije zbranih 198 milijonov evrov, s strani Hrvaške pa več, in sicer 252 milijonov evrov. Konec leta 2018 je celotno premoženje slovenskega Sklada za razgradnjo znašalo 200,6 milijona evrov (Letno poročilo Sklada ..., 2019, 8). V celoti se je v obeh skladih leta 2018 skupaj zbralo 530 milijonov evrov, a je bilo 80 milijonov evrov porabljenih za potrebe izbora lokacije, pripravo dokumentacije in za pridobitev gradbenega dovoljenja za skladišče nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov v Vrbini, na načrtovani lokaciji skladišča v neposredni bližini JEK.

*Dotok sredstev v hrvaški in slovenski sklad za razgradnjo JEK je občutno preskromen.* Leta 2021 je hrvaška vlada sprejela poročilo hrvaškega Sklada za razgradnjo JEK za leto 2020, skupno je bilo leta 2020 na računu hrvaškega Sklada 334 milijonov evrov. Knjižno stanje portfelja slovenskega Sklada pa je bilo 31. decembra 2019 bistveno manjše, znašalo je okoli 206 milijonov evrov, kar je le okoli 9 milijonov več kot v letu 2018. Ob upoštevanju natečenih obresti, kupljenih obresti in terjatev za dividendne donose ter sredstev na TRR je portfelj Sklada ob koncu leta 2019 znašal okoli 208 milijonov evrov, konec leta 2018 okoli 199 milijonov evrov (Letno poročilo Sklada ..., 2020, 10). GEN energija je leta 2019 plačala 8,3 milijona evrov prispevka za razgradnjo ter s tem v celoti in v dogovorjenih rokih poravnala vse svoje obveznosti do slovenskega Sklada iz naslova prispevkov za razgradnjo, v letu 2020 pa 11 milijonov evrov (dvig prispevka od evra/MWh proizvedene elektrike na 48 evrov/MWh od septembra 2020 dalje). V letu 2019 je Sklad Občini Krško plačal 6,1 milijona evrov za omejeno rabo prostora na območju jedrskega objekta, druge sosednje občine do navedenega prispevka niso (več) upravičene. V naslednjih le-

tih naj bi se torej vplačila v slovenski sklad za razgradnjo JEK končno le povečala (za več kot tretjino), a bila še vedno bistveno prenizka npr. za zelo drago (verjetno 1,5–2 milijardi evrov ali celo več) celostno razgradnjo.

Novinarka Urška Rus (2024) navaja, da se sicer odločamo o morebitni gradnji JEK2, vendar podatki okoljskega ministrstva kažejo, da nimamo zagotovljenih niti sredstev za razgradnjo obstoječe JE Krško. Poleg tega bomo, kot kaže, večino doslej zbranih sredstev porabili za gradnjo odlagališča nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov. Razgradnja JE Krško naj bi po podatkih ministrstva za okolje, podnebje in energijo slovensko stran stala 1,16 milijarde evrov. Na podlagi tretje revizije programa razgradnje JEK in programa odlaganja radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva, ki je bila pripravljena v letih 2018–2019 in sprejeta leta 2020, znašajo stroški za razgradnjo za obdobje od leta 2018 do 2111 skupaj za slovensko stran 1162,42 milijona evrov. Za hrvaško stran ti stroški znašajo 1030,55 milijona evrov. Uradni podatki razkrivajo tudi, da Slovenija z dosedanjno dinamiko zbiranja sredstev ne bo mogla pokriti stroškov razgradnje obstoječe jedrske elektrarne in stroškov ravnanja z njenimi radioaktivnimi odpadki. Do konca leta 2023 je namreč Slovenija v Skladu NEK zbrala le 238,57 milijona evrov ali le dobro petino potrebnih sredstev (Rus, 2024).

Ob tem velja spomniti, da je Slovenija Sklad NEK ustanovila leta 1994, elektrarna pa ima obratovalno dovoljenje do leta 2043. To pomeni, da bo treba v sklad do razgradnje elektrarne zbrati približno petkrat toliko sredstev, kot smo jih doslej zbrali v daljšem obdobju oziroma v treh desetletjih. Zanimiva je tudi primerjava s sosednjo Hrvaško, ki je svoj sklad za zagotovitev sredstev za razgradnjo NEK in odlaganje radioaktivnih odpadkov, imenovan Fond NEK, ustanovila leta 2007. Konec leta 2023 je po podatkih ministrstva za okolje, podnebje in energijo v hrvaškem skladu ležalo za dobrih 150 milijonov evrov več sredstev kot v slovenskem, in sicer 391,6 milijona evrov (Rus, 2024).

Strošek za odlaganje VRAO v višini verjetno celo več milijard evrov in verjetno dodatno najmanj 1,5 milijarde evrov za

razgradnjo JEK čaka tudi Slovenijo oziroma (kot kažejo načrti GEN energije) njene prihodnje generacije. O izgradnji dolgoročnega skladišča VRAO žal Slovenija (še) ne razmišlja, trenutno končno le potekajo dejavnosti za skladiščenje manj nevarnih NSRAO v Vrbini v bližini JEK, po 40 letih obratovanja JE ... Izgradnja dolgoročnega skladišča VRAO pa je namreč izredno drag ter okoljsko, tehnično in družbeno zelo zahteven projekt. Tudi dolgoročno so zelo skromne realne možnosti, da bi se lahko izrabljeno jedrsko gorivo JEK skladiščilo zunaj ozemlja Slovenije. Povečanje količine izrabljenega jedrskega goriva možnost njihovega izvoza dodatno zmanjšuje.

Radioaktivni odpadki se v Sloveniji začasno skladiščijo na dveh lokacijah: radioaktivni odpadki iz JE so na območju elektrarne v Krškem, v Brinju pri Ljubljani pa se skladiščijo radioaktivni odpadki iz medicine, raziskovalnih dejavnosti in industrije. Površinsko odlagališče za NSRAO v Vrbini (občina Krško) je načrtovano za polovico NSRAO iz JEK in za vse t. i. institucionalne odpadke. Zgrajeni bodo en odlagalni silos, tehnološki in drugi objekti ter pripadajoča infrastruktura. Odlagališče NSRAO bo torej prevzelo polovico NSRAO iz JEK, drugo polovico pa bi prevzela hrvaška stran, kjer načrtujejo odlagališče na lokaciji nekdanje vojašnice Čerkezovac na Trnovski gori blizu meje z Bosno in Hercegovino (Kos, 2024). Avgusta 2023 se je v Vrbini po veliki zamudi začela gradnja odlagališča za NSRAO, trajala naj bi do leta 2027, stala pa naj bi 93 milijonov evrov. Prostora za morebitno odlaganje NSRAO iz drugega bloka JEK ne bo.

Jonas Sonnenschein iz Umanotere navaja, da bo sklad za razgradnjo JEK ob investiciji v skladišče NSRAO praktično izprazen (Kos, 2024). Zoran Kus (2022) pa poudarja, da za celotne stroške razgradnje JEK in gradnjo skladišč za vse vrste radioaktivnih odpadkov v Sloveniji zbiramo bistveno premalo denarja glede na letno proizvedeno elektriko. V Skladu za financiranje razgradnje JEK se je v 25 letih zbralo samo okrog 200 milijonov evrov. Ta dodatek se je od začetka leta 2022 sicer povečal na 12 evrov na MWh (letno 36 milijonov evrov), toda za pokritje vseh navedenih stroškov bi moral biti po njegovi oceni

med 50 in 100 evri na MWh (odvisno od števila let morebitnega podaljšanja obratovanja JEK). Ta ugotovitev po mnenju Kusa (2022a) pove, da je cena elektrike iz novih velikih elektrarn sonca in vetra že danes mnogo nižja, kot so mejni stroški proizvodnje elektrike iz JEK, kar jasno narekuje, da obratovanja JEK iz stroškovno-ekonomskega razloga ne bi smeli več podaljšati.

Energetik Peter Novak stroške razgradnje JEK ocenjuje na 2,2 milijarde evrov, jedrski strokovnjak Tomaž Žagar pa na zgolj 300 milijonov evrov (Žagar in Novak, 2022), kar je glede na dosegljive podatke dosedanjih celostnih razgradenj JE po svetu po mnenju pisca bistveno finančno podcenjen strošek. Stroški razgradnje jedrskega reaktorja, dolgoročnega skladiščenja VRAO in vrnitve lokacije jedrske elektrarne v »zeleno« površino so v Evropi izjemno visoki (ocena za Italijo 7,2 milijarde evrov, za Litvo 6 milijard evrov). V Nemčiji so stroški razgradnje v enem primeru (reaktor Gundremmingen A) po navedbah Kusa (2022d) dosegli celo 9280 evrov na kW moči, kar bi za obstoječo JEK s približno 700 MW moči pomenilo kar 7 milijard evrov.

## Problematika radioaktivnih odpadkov

Po navedbah Agencije za radioaktivne odpadke ostane neposredno odloženo izrabljeno jedrsko gorivo radioaktivno še milijon let (Radioaktivni odpadki ..., 2020, 12). Snovalci odmevne knjige *Meje rasti* uvrščajo visokoradioaktivne odpadke, skupaj z nevarnimi kemičnimi odpadki in odpadki (emisijami), ki vplivajo na globalne biogeokemične kroge (kot so toplogredni plini), v skupino najbolj »neukrotljivih« odpadkov. Jedrski odpadki so škodljivi za vse oblike življenja, strupeni in mutageni, v naravi pa ni samočistilnih mehanizmov, ki bi zmanjšali njihovo škodljivost. Odlaganje nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov tehnološko in okoljsko sicer ni zahtevno, a je tudi v tem primeru nujno demokratično zasnovano vključevanje lokalnega prebivalstva, ki se seveda mora z lokacijo skladišča za navedene radioaktivne odpadke strinjati.

Po mnenju številnih strokovnjakov in strokovnjakinj pa je z dolgoročnega vidika največji okoljski, varnostni in zdravstveni problem izjemno dolgoživo izrabljeno visokoradioaktivno jedrsko gorivo, ki hkrati proizvaja toploto. Trenutno še nobena država na svetu ni našla poti in načina varnega odlaganja visokoradioaktivnih odpadkov za obdobje več kot milijon let. Finska je edina država, ki je začela graditi odlagališče radioaktivnih odpadkov globoko pod zemeljskim površjem, skladišče naj bi bilo zgrajeno okoli leta 2025. Zadnje analize Evropske komisije kažejo, da bodo stroški upravljanja radioaktivnih odpadkov bistveno višji, kot so nakazovale starejše raziskave (Make the European Green ..., 2020, 35). Janez Penca (2021) zaskrbljeno opozarja, da je lahkomišno razglašati, da je jedrska energija varna, čista in poceni, če je treba smrtonosne odpadke jedrske energije skrbno zapečatene odlagati 500 m globoko pod zemljo. Jedrska industrija in njej naklonjena politika pa nosita še staro okoljsko breme odlaganja več kot 150.000 jeklenih kontejnerjev radioaktivnih odpadkov na morsko

dno, in sicer vse do leta 1993. V Tihem oceanu, nekaj deset kilometrov od San Francisca, kjer so se na morsko dno odlagali radioaktivni odpadki, je bila izmerjena koncentracija plutonija 1000-krat višja od normalnega stanja (Palz, 2020, 41).

Na svetu je bilo leta 2017 okoli 370.000 ton izrabljenega jedrskega goriva, ki se začasno praviloma hrani v hladilnih bazenih ob JE, okoli 120.000 ton od tega pa je bilo »reprocesiranega«. Količine izrabljenega jedrskega goriva naraščajo, in sicer letno za okoli 12.000 ton, s tem pa tudi možnost nesreč (Preglednica podanih pripomb ..., 2018). Na svetu je okoli 400.000 ton VRAO, ki že desetletja čakajo na varno odstranitev, 30.000 generacij se bo moralo spoprijeti z jedrskimi tveganji, saj mora biti skladišče milijon let tesno zaprto (Jedrska energija ..., 2023, 44, 45). Dodaten problem dolgotrajnega shranjevanja odsluženih gorivnih elementov (izrabljeno jedrsko gorivo) je namreč razen intenzivnega radioaktivnega sevanja sproščanje toplote tudi po prenehanju obratovanja jedrskega reaktorja. Shranjevanje izrabljenega jedrskega goriva v vodnih bazenih (borova kislina) ob JE je le začasna rešitev, toda npr. leta 2019 še nobena država na svetu ni imela licence za trajno odlaganje VRAO.

Ob upoštevanju načela, da mora vsaka država sama poskrbeti za doma proizvedene odpadke, je verjetno nerealno pričakovanje, da bi države z bolj ugodnimi geološkimi in poselitvenimi razmerami za trajno skladiščenje VRAO bile tudi v primeru dobrega plačila pripravljene sprejeti v tisočletno hranjenje še VRAO iz drugih držav. Vsi dosedanji poskusi iskanja primerne lokacije za trajno skladiščenje VRAO (npr. v ZDA in Nemčiji) so bili neuspešni. Potekajo pa geološke in druge raziskave za trajno odlaganje VRAO v tektonsko in potresno stabilne kamnine pod zemeljskim površjem ali v kamnine pod morjem, vendar obstajajo številni, zlasti dolgoročni problemi in dileme. Visokoradioaktivni odpadki so v izrabljenem jedrskem gorivu, torej stalno radioaktivno sevajo in proizvajajo toploto, vendar morajo ostati izolirani tisoče let, brez stika z vodo, s sposobnostjo absorpcije visokih emisij toplote iz visokoradioaktivnih odpadkov (Beck, 1994, 13).

Pri tradicionalni oceni stroškov za izgradnjo jedrskih reaktorjev in pri ceni proizvedene elektrike iz JE dejanski celokupni

stroški tisočletnega varnega skladiščenja seveda niso vključeni, kar je medgeneracijsko skrajno krivično, egoistično pa z vidika sedanjih generacij, ki uživajo dobrobiti oskrbe z jedrsko energijo, skrb in tveganja varovanja radioaktivnih odpadkov pa prepuščajo številnim bodočim rodovom. Projekt skladiščenja radioaktivnih odpadkov v nekdanjem rudniku soli Asse v Nemčiji pa se je končal kot polomija, čeprav naj bi se po načrtu skladiščili samo manj radioaktivni odpadki (Kus, 2019). ZDA so država z največjim številom komercialnih jedrskih reaktorjev na svetu (93), ki so skupno proizvedli več kot 88.000 ton izrabljenega jedrskega goriva. Najbolj radioaktivni odpadki bi morali biti trajno skladiščeni v primernih geoloških skladih globoko pod zemeljskih površjem. ZDA so potrošile milijarde dolarjev za poskus odprtja trajnega odlagališča visokoradioaktivnih odpadkov v Yucca Mountainu (Nevada), ki pa ni bil realiziran, zaradi problemov glede doseganja dovolj visokih varnostnih jedrskih standardov je bil projekt ustavljen. Trenutno je celotno izrabljeno jedrsko gorivo skladiščeno v bazenih ali v začasnih suhih odlagališčih, količina izrabljenega jedrskega goriva pa se letno poveča za 2000 ton (Stanford-led Research Finds ..., 2022). Za delno izgradnjo jedrskega skladišča so potrošili 15 milijard dolarjev, celoten strošek pa je bil ocenjen na 96 milijard dolarjev.

Za države, ki zaradi nestabilne, potresno ali drugače tvegane kamninske sestave ali velike gostote prebivalstva nimajo možnosti za varno shranjevanje visokoradioaktivnih odpadkov oziroma izrabljenega jedrskega goriva (npr. Slovenija), se postavlja zelo pomembno vprašanje, kaj z njimi storiti. Medgeneracijsko odgovorna politika bi morala pred kakršnim koli idejnim razmislekom o gradnji novih JE imeti rešitev za trajno odlaganje izrabljenega jedrskega goriva. Brez rešitve navedenega problema sta nadaljnje obratovanje in gradnja novih JE z vidika medgeneracijske enakosti in pravičnosti skrajno nemoralno dejanje.

Finska je z izgradnjo dolgoročnega skladišča z imenom Onkalo (kar v finščini pomeni – 'votlina') za zgolj finske VRAO pričela na otoku Olkiluoto ob zahodni obali Baltika že leta 2004 (Kus, 2022b). Gradnja se končno nagiba k zaključku in v kratkem bodo pričeli skladišče uporabljati, da bi ga v naslednjih desetletjih po zaprtju in

razgradnji vseh finskih jedrskih reaktorjev napolnili, v celoti zabetonirali, postopoma odstranili vse podzemne in nadzemne objekte ter skladišče za vedno zaprli, izolirali in strogo zavarovali. Odlagališče najmanj 100.000 let ne sme priti v kontakt z ljudmi in biosfero, saj bi lahko bile negativne posledice pobegle radiacije katastrofalne in smrtne. Onkalo je zgrajen v »živi skali«, v stabilni in stari granitni podlagi, in sicer približno 450 m globoko, z nekaj vertikalnimi dvigali. Do skladišča vodi 5 km dolg tunel za tovornjake, skupna dolžina mreže vseh tunelov pa bo preseгла 40 km, za kar so izkopali približno 420.000 m<sup>3</sup> kamnin. V skladišču Onkalo bodo VRAO najprej zaprli v posebne železne in bakrene kontejnerje, nato pa bodo vsakega posebej zabetonirali ter polne rove s temi posodami in celotno odlagališče postopoma zalili z betonom. Finsko podjetje Posiva, ki izvaja celoten projekt Onkalo, je skupne stroške za skladišče ocenilo na 5,1 milijarde evrov (Kus, 2022b). Stroški za odlaganje radioaktivnih odpadkov na enoto proizvedene elektrike v majhnih modularnih elektrarnah pa naj bi bili še višji kot v primeru velikih jedrskih reaktorjev (The World Nuclear Industry ..., 2023, 34, 35).

Z vidika iskanja rešitev za trajno odlaganje VRAO oziroma izrabljenega jedrskega goriva je torej po mnenju jedrske industrije najbližje konkretni rešitvi Finska oziroma koncept podzemeljske lokacije v geološko zelo starih, potresno varnih, tektonsko stabilnih (več milijonov let) kamninah (brez podzemne vode) v Olkiluotu, v bližini jedrske elektrarne. Glede na dosedanje izkušnje torej ni pričakovati, da bi v bližnji prihodnosti države, kot je Finska, sprejele v tisočletno hranjenje visokoradioaktivne odpadke in izrabljeno jedrsko gorivo iz drugih držav. Hrvaški filozof Srećko Horvat (2023, 18) je jedrske odpadke upravičeno opredelil kot »piramide 21. stoletja«. Obenem strokovnjaki Greenpeacea opozarjajo na naslednje pasti navedene lokacije, kjer naj bi se trajno odlagali visokoradioaktivni odpadki (Roche idr., 2019, 13):

- Varnost izbrane metode odlaganja (KBS-3) naj bi bila zasnovana na številnih nedokazanih načelih predvidevanja, med katerimi je npr. za bakreno-jeklene kontejnerje (kanistre) za radioaktivne odpadke predpostavljeno, da bodo korodirali zelo počasi.

- Zaradi številnih faktorjev, ki povzročajo korozijo, je negotovo, ali sta baker in jeklo trajnostna materiala. Od jedrske industrije neodvisne raziskave so prišle do ugotovitev, da naj bi se zaradi korozije razpoke v bakru verjetno začele že po 100 letih, v večini kontejnerjev pa po okoli 1000 letih.
- Poseben svet za okolje je leta 2018 postavil pod dvom celotni projekt odlaganja jedrskih odpadkov, saj po njihovi sodbi varnost ni bila dovolj prepričljivo argumentirana, prav tako pa niso bili z dovolj visoko zanesljivostjo prikazani vsi možni učinki predlaganega projekta.

Jasno je naslednje: vse prihodnje velike finančne obremenitve energetske izrabe jedrske energije bodo končale na plečih davkoplačevalcev (Roche idr., 2019, 9). Zgolj okvirne in še vedno necelovite ocene stroškov dolgoročnejšega skupnega upravljanja jedrskih odpadkov za nekatere države pa so naslednje (Roche idr., 2019, 9):

- Francija – stroški globokega podzemeljskega odlaganja visoko- in srednjeradioaktivnih odpadkov po oceni agencije Andra iz leta 2013: 36 milijard evrov (v letu 2016 jih je francoska vlada »znižala« oziroma ocenila na 25 milijard evrov);
- Belgija – ocenjeni skupni stroški upravljanja jedrskih odpadkov: prvotne ocene 3 milijarde evrov (leta 2011), sodobne ocene pa 8–10 milijard evrov;
- Švedska – skupni stroški zaprtja vseh jedrskih reaktorjev in upravljanje radioaktivnih odpadkov iz jedrskih reaktorjev: 9,5 milijarde evrov (od tega 3 milijarde evrov za upravljanje izrabljenega jedrskega goriva).

Zoran Kus (2024) upravičeno opozarja na zmotno in politično vsiljeno stališče Evropske komisije (taksonomija iz leta 2022), da je jedrska energija trajnostna, »zelena«. Poudarja, da se neetično bre-me in ogromni stroški odlaganja smrtonosnih visokoradioaktivnih odpadkov v celoti prelagajo na prihodnje generacije za obdobje več 10.000 let. Obenem je civilna jedrska energija moralno sporna, saj nekako prikriva tudi sobivanje vojaške jedrske energije, praktično izvzeta pa je tudi iz obveze finančnega zavarovanja za jedrsko škodo.

## **JEK - problematika radioaktivnih odpadkov (RAO)**

Peter Kralj (2016, 20) opozarja, da se jedrska energija pogosto reklamira kot nizkoogljčna, a predstavlja okoljsko-podnebno tveganje, tudi v fazi pridobivanja uranove rude. Obenem tudi na globalni ravni ostaja nerešeno skladiščenje RAO, kar še zlasti velja za trajno skladiščenje (za obdobje več 10.000 let) izrabljene-ga jedrskega goriva, ki se začasno shranjuje v hladilnih bazenih (dodajanje borovega absorberja) neposredno ob JEK. V gradnji z veliko zamudo je skladišče za suho odlaganje izrabljenega jedrskega goriva, ki bo omogočilo daljše, ne pa trajno skladiščenje. Pozitivno je dejstvo, da bo v Vrbini (ob JEK) v bližnji prihodnosti po več kot 40 letih obratovanja JEK končno le zgrajeno trajno odlagališče nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov.

Investicijski scenarij za izgradnjo odlagališča za NSRAO vsebuje dva osnovna investicijska načrta. V primeru gradnje odlagališča zgolj s strani Slovenije je ocenjena vrednost investicije 184 milijonov evrov, v primeru skupne gradnje odlagališča (s Hrvaško) za vse NSRAO JEK je investicija ocenjena na 209 milijonov evrov, torej je zgolj 15 % višja kot v primeru samostojne gradnje. Zgolj za gradnjo odlagališča NSRAO bo torej porabljenih okoli 200 milijonov evrov, okvirno toliko, kot je bilo do leta 2017 zbranih vseh sredstev v Skladu Slovenije za reševanje tako celotne problematike vseh vrst radioaktivnih odpadkov kot finančno še bistveno bolj zahtevne razgradnje JEK po prenehanju obratovanja.

Za izrabljeno jedrsko gorivo je bilo končno zgrajeno suho skladišče (sedaj t. i. mokro skladiščenje), ki v svetu velja kot primerno za začasno skladiščenje. Za zagotavljanje hlajenja niso potrebne dodatne naprave, sistemi ali energenti. Prihaja do postopnega prestavljanja jedrskega goriva v odporne, neprepustne zabojnike z izrabljenimi gorivnimi elementi. Zoran Kus (2024) ocenjuje, da tudi v Sloveniji jedrska industrija neodgovorno prelaga gradnjo geološkega odlagališča (v EU edina priznana tehnologija) v naslednje stoletje, tudi iz razloga, da so stroški gradnje astronomski. V trenutno edinem skoraj zgrajenem ge-

ološkem odlagališču, Onkalo na Finskem, skupni stroški presegajo 5 milijard evrov, po ocenah pa naj bi švicarsko skladišče radioaktivnih odpadkov stalo 21 milijard evrov (Kus, 2024).

Finančnega bremena trajnega odlaganja izrabljenega jedrskega goriva ni možno niti okvirno oceniti, saj ni jasno, kje naj bi bilo trajno skladišče in kako objektivno ovrednotiti stroške nekaj 1000 generacij, ki bodo prisiljene »skrbeti« za »naše« izrabljeno jedrsko gorivo. Neverjeten je egoizem sedanjih generacij, ki tudi na ta način »uživajo« cenovno večkratno podcenjeno jedrsko električno energijo ... V ceni jedrske elektrike namreč niso vključeni vsi »zunanji« stroški in stroški vrste prihodnjih generacij, ki seveda ne bodo več uporabljale elektrike iz JE, je pa nanje preneseno breme dolgoročnega skladiščenja izrabljenega jedrskega goriva.

*Z vidika splošnega etičnega okoljskega načela, da mora vsaka država poskrbeti za lastne odpadke, to glede izrabljenega jedrskega goriva JEK seveda pomeni – njegovo trajno skladiščenje na ozemlju Slovenije. Vendar geološke raziskave podčrtujejo, da geološko mlado ozemlje Slovenije zaradi kamninske sestave in aktivne tektonike ni primerno za trajno odlaganje izrabljenega jedrskega goriva oziroma visokoradioaktivnih odpadkov.*

Toda Agencija za radioaktivne odpadke, ki je med drugim zadolžena za trajno in varno odlaganje RAO, v javnih »informacijah za radovedne« navaja, da so letne količine radioaktivnih odpadkov (NSRAO – 20 g na prebivalca, izrabljeno jedrsko gorivo – 5 g na prebivalca) v primerjavi z letnimi količinami drugih vrst odpadkov (komunalni odpadki – več 100 kg na prebivalca) »majhne in obvladljive« (Radioaktivni odpadki ..., 2020, 6). Enostranska količinska primerjava komunalnih odpadkov in izrabljenega jedrskega goriva je glede na razliko v nevarnosti odpadkov in v trajanju obremenjevanja okolja neetična, strokovno nekorektna in dejansko zavajajoča, zlasti glede na dejstvo, da celo za NSRAO v skoraj 40 letih ni bilo zgrajeno trajno odlagališče, saj se še vedno hranijo v začasnih skladiščih. Junija 2024 se je končno le uradno začela gradnja odlagališča NSRAO v Vrbini pri Krškem, skladišče pa naj bi redno začelo obratovati leta 2028.

## Degradacijske posledice rudnikov urana

Letna količina proizvedenega urana za jedrske reaktorje je okoli 60.000 ton (Jacobson, 2019, 5). Ena tona urana je energetske enakovredna 1,5 milijona ton nafte (Beck, 1994, 22), zato je skupna količina radioaktivnih odpadkov (in izrabljenega jedrskega goriva) zgolj iz JE sicer količinsko in prostorninsko majhna, vendar mora strokovno korektna, torej celostna snovna bilanca pridobivanja jedrske energije upoštevati odpadke celotnega jedrskega kroga energetske rabe urana, ne zgolj v posameznem členu energetske jedrske verige. Največ odpadnih produktov namreč nastane v prvih členih jedrske verige, v rudnikih urana (odprti in podzemeljski) ter ob drobljenju oziroma izluženju urana, njihova skupna odložena količina je bila leta 2011 ocenjena na 2,35 milijarde ton (Roche idr., 2019, 19). Države z JE lahko jedrsko gorivo v celoti uvažajo, a okoljska bremena so najbolj obsežna v državah z rudniki urana, kot so Niger, Namibija, Uzbekistan, Kazahstan, Avstralija, Kanada (Gregorič, 2021).

Grmade odpadnih kamnin lahko vsebujejo večje ali manjše koncentracije kratko- in dolgoživih radioizotopov (kontaminacija lokalnih vodnih virov), prisotno je sevanje zdravju zelo nevarnega plina radona, ter ostanke kemikalij, npr. žveplene kisline, ki se v konvencionalnih rudnikih urana uporablja za izluženje urana po drobljenju uranove rude.

Pridobivanje urana v rudnikih urana po ugotovitvah številnih raziskav, za razliko od tehnologij rabe sončne in vetrne energije, zlasti zaradi radona povzročča bistven porast pljučnega raka pri rudarjih. Raziskava na vzorcu 4000 rudarjev v rudnikih urana v nekaterih zveznih državah ZDA (Arizona, Nova Mehika, Utah in Kolorado) v obdobju 1950–2000 je pokazala, da je 10 % (404) ameriških rudarjev umrlo zaradi pljučnega raka, pogostost raka je bila šestkrat večja kot pri kadilcih, raba sončne in vetrne ener-

gije pa ne povzroča rakastih obolenj (Jacobson, 2019, 14; 2021a, 3). Vendar pisec dodaja, da je prav tako zdravstveno škodljivo nezaščiteno rudarjenje v rudnikih kovin, potrebnih za izdelavo sončnih modulov, vetrnih turbin in hranilnikov elektrike (baterije), saj povečuje zdravstveno tveganje in obolelost rudarjev.

Za enoletno obratovanje jedrskega reaktorja z močjo 1000 MW je treba zaradi zelo nizke koncentracije uporabnega cepljivega izotopa urana (U-235 – 0,7 %; najbolj pogost pa je U-238 – 99,3 %) v uranovi rudi (uranit) uporabiti in predelati okoli 50.000 ton uranove rude, ki po predelavi postane v celoti odpadna, radioaktivna surovina na prostem. *V 40 letih obratovanja jedrskega reaktorja za proizvodnjo energije zlasti v rudnikih urana in v obratih drobljenja, koncentracije, bogatitve urana in izdelave jedrskega goriva ostane okoli 2 milijona ton odloženih ostankov, največ jedrske jalovine, pa tudi drugih bolj ali manj nevarnih odpadnih materialov* (Beck, 1994, 10). V času obratovanja Rudnika urana Žirovski vrh (1982–1990) je bilo iz 0,6 milijona ton uranove rude izločenega 452 ton uranovega koncentrata, hkrati pa je nastalo okoli 3,3 milijona ton izkopa, zahtevni sanacijski ukrepi tudi po 30 letih niso v celoti zaključeni.

Leta 2010 je Greenpeace argumentirano opozoril na okoljske in zdravstvene posledice francoske jedrske industrije v rudniku urana v Nigru. Ob sicer kontroliranih eksplozijah v površinskem (odprtem) rudniku urana so nastajali radioaktivni oblaki prahu, ki so se z vetrovi premikali tudi do bližnjih mest. Ogromne količine radioaktivnih industrijskih odpadkov so ostale na odprtem prostoru desetletja, zato je prišlo tudi do degradacije nekoč čistega vodnega izvira podzemne vode. Sicer zgolj občasne meritve radiacije Greenpeacea (november 2009) so pokazale, da so bile v dveh mestih blizu rudnikov urana mednarodno dovoljene vrednosti radioaktivnosti v posameznih primerih presežene za več kot 100-krat (Roche idr., 2019, 19). Za izluženje urana iz uranove rude se uporabljajo strupene kemikalije (npr. žveplena kislina), ki zlasti v rudnikih urana revnih afriških držav (pomanjkljivi okoljski standardi in finančni pohlep praviloma tujih lastnikov rudnika) bremenijo predvsem vodne vire, dodatno tveganje pa predstavlja tudi radioaktivni radon.

Po podatkih Svetovnega jedrskega združenja (WNA) je bila v letu 2010 svetovna proizvodnja urana 53.670 ton, leta 2016 62.380 ton in leta 2019 54.750 ton (World Uranium ..., 2020). Leta 2019 je bil največji proizvajalec urana Kazahstan (42 %), sledili sta Kanada (13 %) in Avstralija (12 %), potem pa Namibija, Uzbekistan, Niger, Rusija, Kitajska in Ukrajina. Število držav, ki proizvajajo uran, je torej skromno (okoli 25), kar povečuje geopolitična tveganja oskrbe držav uvoznic jedrskega goriva, ki imajo JE, nimajo pa rudnika urana. Zgolj 13 držav ima zmogljivosti za bogatenje urana oziroma proizvodnjo jedrskega goriva ali t. i. rumene pogače, 90 % bogatenja urana pa poteka zgolj v petih državah, ki hkrati razpolagajo z jedrskim orožjem. Mednarodna metodologija ugotavljanja energetske odvisnosti držav, ki rabe jedrskega goriva ne obravnava kot uvozno energijo, pa je brez dvoma zavestno zavajajoča.

Po podatkih Svetovnega jedrskega združenja (WNA) oziroma Euratoma je bilo v države EU leta 2021 dostavljenega 11.975 ton urana oziroma okoli četrtnina vseh količin urana na svetu. V EU je bilo leta 2021 največ urana uvoženega iz Nigra (24 %), Kazahstana (23 %), Rusije (20 %). Avstralije (16 %) in Kanade (14 %) (Nuclear Power in ..., 2023). V primerjavi z letom 2020 se je leta 2021 cena urana povečala za 24 %. EU 20 % naravnega urana uvaža iz Rusije, dodatnih 20 % pa iz Kazahstana, ki je dolgoletni zaveznik Rusije (Jedrsko energija ..., 2023, 46). Thomas Waitz, sopredsednik Evropske zelene stranke, opozarja, da bi bila po boleči izkušnji energetske odvisnosti od Rusije (zlasti pri zemeljskem plinu) nova »norost«, da se stavi na odvisnost od jedrskega goriva, npr. iz Rusije, Nigra in drugih regij, kjer so politične razmere krizne. Vendar se je po podatkih norveške nevladne organizacije Bellona leta 2023 izvoz obogatene urana iz Rusije v ZDA dvignil na rekordno 1,2 milijarde dolarjev oziroma za 40 % v primerjavi z letom 2022. V jedrske države EU se je uvoz urana iz Rusije v letu 2023 povzpел na 702 tona, leta 2022 pa je bil 588 ton. Velika geostrateško skrajno tvegana odvisnost EU od jedrskega goriva iz Rusije se je v času invazije na Ukrajino še povečala, zaradi hkratnega dviga cene pa je bila cena uvoženega jedrskega goriva leta 2023 bistveno večja kot leta 2022. Ker je ruski

Rosatom vključen v rusko vojaško industrijo, sta tako ZDA kot EU z nakupi urana praktično neposredno finančno podprli izdelavo ruskega orožja. Patricia Lorenz (2024) navaja, da je v Evropi četrtna proizvedene jedrske energije in jedrske industrije odvisna od uvoza iz Rusije. Ruska državna korporacija Rosatom (300 podjetij skoraj 300.000 zaposlenih) pokriva vse sestavine jedrskega kroga in je bila na pobudo ruskega predsednika Putina ustanovljena leta 2007. Rosatom je leta 2020 proizvedel 20 % jedrskega goriva na svetu.

*Države EU torej celotni uran oziroma jedrsko gorivo uvažajo, raba jedrske energije v nobenem primeru ne povečuje njihove energetske samooskrbe, energetske neodvisnosti.* Opozoriti velja še na dejstvo, da je leta 2023 v Nigru prišlo do vojaškega udara, kar prinaša dodatno negotovost glede oskrbe z uranom (zlasti v Franciji). EU kupuje uran v Rusiji (petino urana), ki je napadla suvereno Ukrajino, ter s tem finančno podpira in krepi rusko vojaško moč. Kazahstan pa je politično vezan na Rusijo in od nje ekonomsko močno odvisen, v primeru nadaljevanja vojaškega zaostrovanja med Rusijo in EU je zelo verjetno, da bo prišlo do prepovedi uvoza urana v EU.

### **Problematika Rudnika urana Žirovski vrh**

V celostnem življenjskem ciklu jedrske energije bi bilo seveda med drugim treba upoštevati tudi količino odpadkov, ki nastane npr. pri predelavi uranove rude. V zelo kratkem obdobju delovanja Rudnika urana Žirovski Vrh (1985–1990) je bilo izkopanega več kot 3,3 milijona ton materiala, od tega 2,5 milijona ton jalovine. V postopkih predelave uranove rude je nastala druga generacija jalovine, torej razen rudniške še hidrometalurška kot ostanek izluževanja in filtriranja urana iz rude, ter ob nadaljnji predelavi še nevtralizirana hidrometalurška oborina (»rdeče blato«).

Kot trajno odlagališče jalovine sta bili odprti dve veliki odlagališči: odlagališče Jazbec (1,9 milijona ton jamske jalovine in rdečega blata) ter odlagališče Boršt (4 ha, 610.000 ton hidrometalurške jalovine). Območje odlagališča Boršt je zelo občutljivo na vodno erozijo (tudi večje sevanje), večje težave je povzročilo drsenje zemeljskega plazu pod jaloviščem. Leta 1990

so 50 m debele plasti pod odlagališčem Boršt zaradi visokega nivoja podzemne vode začele ob velikem neurju počasi drseti. Količine drsečega materiala je bilo več kot 7 milijonov ton, vključno z delom odlagališča. Z izgradnjo drenažnega tunela v obdobju 1992–1994 je bila dosežena »zadovoljiva stabilnost«, toda leta 2008 je prišlo do ponovnega drsenja, zato so potekali obsežni sanacijski ukrepi vse do leta 2009. Leta 2012 se je znova pojavil problem drsenja jalovišča Boršt (lega na zemeljskem plazišču), leta 2014 pa je nastala ponovna škoda zaradi poplav, potreben je bil nov finančni vložek v dodatno sanacijo, a kljub temu obstaja možnost ponovnega aktiviranja.

## Jedrske nesreče, biodiverzitetna in druga jedrska varnostna tveganja

Poslanska skupina Zelenih je v Evropskem parlamentu predstavila strokovno poročilo o jedrski nesreči v Černobilu, po kateri naj bi bilo v černobilski JE 30.000–60.000 žrtev zaradi rakavih obolenj in drugih bolezni, uradni viri pa navajajo okoli 4000 smrtnih žrtev (A Stress Test ..., 2017, 2). Jedrska nesreča v japonski obalni JE Fukušima 11. marca 2011 je po Černobilu dodatno resno opozorilo, da lahko pride do katastrofalne jedrske nesreče tudi v tehnološko najbolj razvitih državah (Johns, 2015, 33, 34; Nagy 2018, 198). Tudi zato npr. v osnovnem energetskega scenariju Greenpeacea in Evropskega sveta za obnovljivo energijo že srednjeročno ni mesta za jedrsko energijo (Energy (R)evolution ..., 2010, 11).

Celostno finančno vrednotenje jedrske energije oziroma JE mora upoštevati tudi visoke zunanje stroške celotne verige jedrske energije, ki med drugim vključujejo posledice sevanja in drugih negativnih okoljskih vplivov rudnikov urana, možno sevanje ob obratovanju JE, kompleksnost razgradnje JE, dejansko še neodgovorjene razsežnosti stroškov shranjevanja odpadkov in tveganje vojaške izrabe radioaktivnih odpadkov. Strokovnjaki Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja (DIW) izrecno navajajo, da JE oziroma njihovi upravljalci (operaterji) niso zavarovani za tveganja v primeru velikih jedrskih nesreč, na svetu po njihovih navedbah ni finančne organizacije, ki bi ponujala njihovo zavarovanje. Škode ob veliki jedrski nesreči so tako velike, da nobena zavarovalnica ni pripravljena zavarovati lastnika JE, stroški nesreče gredo na pleča davkoplačevalcev (Wealer idr., 2019, 239; Palz, 2020, 37). Po nemški oceni naj bi bila letna zavarovalna premija med 4 in 67 evri/kWh, cena električne energije za končnega porabnika v Nemčiji pa je bila okoli 0,3 evra/kWh, torej bi bila premija celo za več velikostnih razredov večja od cene električne energije (Kus, 2019). Jedrska energija temelji na načelu socializacije izgub (davkoplačevalci) in

privatizacije dobičkov (tudi s pomočjo državnih subvencij), obenem pa nobena zavarovalnica na svetu ni pripravljena sprejeti visokega tveganja jedrskih nesreč, ki se v Evropi projektno ocenjujejo na 100–430 milijard evrov (Jedrska energija ..., 2023, 28).

V ZDA poseben zakon (Price Anderson Law) izrecno omejuje odgovornost celotne jedrske industrije v primeru nesreče le do višine 9,1 milijarde dolarjev, kar je zgolj 2 % od velike jedrske nesreče, ki bi povzročila škodo v višini 560 milijard dolarjev (Wealer idr., 2019, 239). Francoski inštitut za radioaktivno zaščito in jedrsko varnost pa je po navedbi Kusa (2019) ocenil, da morajo biti politični voditelji pripravljene na jedrsko nesrečo, ki bi bila nepredstavljiva evropska katastrofa, saj bi nastala škoda segla do 760 milijard evrov. Peter Novak (2021b) navaja oceno jedrske škode, po kateri naj bi sanacija jedrske nesreče v Fukušimi stala 470–660 milijard dolarjev, trajala pa naj bi še 30 let. Nekdanji predsednik japonske vlade Šinzo Abe je opozarjal, da so po jedrski nesreči potrebna stoletja, da se doseže varna stopnja radioaktivnosti (The World Nuclear Industry ..., 2021, 16). Po oceni japonske vlade naj bi skupni stroški sanacije jedrske nesreče leta 2011 do leta 2021 znašali okoli 223 milijard dolarjev, po neodvisnih ocenah pa okoli 320–760 milijard dolarjev (The World Nuclear Industry ..., 2021, 18; 2023, 21).

Velik finančni in ekološki problem predstavlja tudi radioaktivno kontaminirana odpadna voda, ki se je po nesreči uporabljala za hlajenje poškodovanih jedrskih reaktorjev v Fukušimi. 24. avgusta 2023 se je v okviru postopkov, ki jih izvajata japonska vlada in TEPCO, začelo izpuščanje 1,34 milijona ton radioaktivne odpadne vode, ki se nabira v rezervoarjih na lokaciji elektrarne v Fukušimi. Odobreno je bilo torej postopno izlivanje kontaminirane vode v Tihi ocean (izlivanje naj bi trajalo okoli tri desetletja), čeprav so temu močno nasprotovale okoljske organizacije in sosednje države, zlasti Kitajska, ki pa na drugi strani najbolj pospešeno gradi nove jedrske elektrarne. Kus (2024) sodi, da bi prišlo do nekajkrat višje stroškovne cene elektrike, če bi jedrska industrija (kot druga industrija) plačevala vsaj minimalne zavarovalne premije. Primer izpusta radioaktivne vode v Fukušimi po mnenju pisca nazorno predstavlja politično oblast, ki je prevzela mentaliteto korporativ-

nega upravljanja, ki daje absolutno prednost dobičkom in interesom pod krinko "učinkovitosti" in donosnosti.

Dodatno težavo za redno obratovanje JE predstavljajo vse pogostejše ekstremne vremenske razmere kot posledica podnebnih sprememb. Tretjega septembra 2020 je tako v Južni Koreji prišlo do nenadnega prenehanja delovanja štirih jedrskih reaktorjev v JE Kori zaradi posledic vpliva tajfuna na elektroenergetsko omrežje elektrarne. Strokovnjaki opozarjajo, da lahko podobni primeri zaradi destabilizacije elektroenergetskega omrežja oskrbe z elektriko povzročijo velike probleme. Zaradi nerešenega trajnega odlaganja izrabljenega jedrskega goriva pa še naraščata zaskrbljenost in strah lokalnih prebivalcev, da bodo jedrske elektrarne postale trajno jedrsko skladišče (World Nuclear Industry ..., 2020, 15, 16).

Tudi JE so zelo odvisne od vremena in vodnih razmer, saj potrebujejo vodno hlajenje, posledice podnebnih sprememb pa možnosti hlajenja jedrskih reaktorjev zaostrujejo. To je vse večji problem, zlasti poleti in pozimi, ko so rečni pretoki bistveno nižji. Obenem se poleti reke segrejejo do te mere, da je treba nekatere JE ustaviti. Poleg tega stari jedrski reaktorji potrebujejo vse več vzdrževanja in so manj zanesljivi. Podnebne spremembe na številnih območjih sveta zmanjšujejo pretoke in povečujejo temperature rek, ki so vir hladilne vode za bližnje JE, zato bi lahko v prihodnje še pogosteje prihajalo do prekinitev proizvodnje električne energije. V sušnem in vročem poletju 2022 so bile zlasti zaradi pregretja rečnih voda, ki se uporabljajo za hlajenje jedrskih reaktorjev, številne francoske JE prisiljene zmanjšati proizvodnjo električne energije.

Analiza obdobja obratovanja v zadnjih letih več kot 50 delujočih jedrskih reaktorjev v Franciji (prispevajo 70 % proizvodnje elektrike) je pokazala, da jedrski reaktorji v povprečju niso obratovali več kot četrtno leta oziroma 96,2 dneva, kar je pomembno prispevalo h komercialnim pomanjkljivostim francoske jedrske industrije, k dvigu stroškov jedrske proizvodnje elektrike (Wealer idr., 2021, 59). Leta 2020 vsak od 56 jedrskih reaktorjev v povprečju ni obratoval 115,5 dni, v Belgiji pa je bila bilanca izpadov še slabša, znašala je 180 dni, kar je bilo posledica starosti reaktorjev. Pozimi 2021/2022 je zaradi težav s korozijo prenehala delovati

skoraj polovica francoskih jedrskih reaktorjev (Jedrska energija ..., 2023, 13). Torej tudi JE dejansko pogosto ne obratujejo čez celotno leto (kar vztrajno navaja jedrska industrija), to pa seveda velja tudi za sončne in vetrne elektrarne.

V Ukrajini je bilo po podatkih Svetovnega jedrskega združenja leta 2023 15 jedrskih reaktorjev (13.100 MW), dva pa sta bila v gradnji (Nuclear Power in ..., 2024). Leta 2022 je med ukrajinsko vojno prišlo do neposrednega napada na komercialni energetski jedrski objekt in do okupacije JE (Zaporožje), ruska zasedba (7. marec 2022) pa se je podaljšala tudi v leti 2023 in 2024. Tako se je nadaljevalo vojaško jedrsko tveganje npr. ob prenehanju obratovanja in oskrbi s hladilno vodo (The World Nuclear Industry ..., 2023, 22, 121). Jim Green (2022) zaskrbljeno ugotavlja, da je prišlo do vojaškega napada ruske vojske na nekatere jedrske objekte v Ukrajini, do poškodovane in nedelujoče JE Černobil, delujoče JE Zaporožje (šest jedrskih reaktorjev) in dveh skladišč radioaktivnih odpadkov. Četrtega marca 2022 je bila v JE Zaporožje zaradi dveh artilerijskih granat poškodovana zgradba v neposredni bližini enega od njenih jedrskih reaktorjev; zadeli sta tudi objekt suhega shranjevanja izrabljenega jedrskega goriva, vendar na srečo kljub požaru ni prišlo do večje škode.

Od začetka jedrske dobe v neposredni bližini JE ni bilo vojnih žarišč. To se je spremenilo z rusko invazijo na Ukrajino in s tem tveganjem jedrske katastrofe izjemnih razsežnosti, saj JE niso zaščitene, odporne na bombne ali raketne napade. Varnostno skrb vzbuja tudi v vojnih razmerah večkrat prekinjena povezava JE Zaporozje z elektroenergetskim omrežjem. Izpadi električne energije v JE lahko hitro postanejo nevarni, saj je treba gorivne palice aktivno hladiti tudi več let po zaustavitvi. Če je zunanja napajalna hladilna povezava uničena, prevzamejo vlogo sistemi za zasilno hlajenje. V JE Zaporozje v Ukrajini so na voljo dizelski generatorji, ki lahko elektrarno hladijo približno sedem dni. Najpozneje v tem času je treba generator napolniti z gorivom ali popraviti električno omrežje, da se prepreči taljenje, to pa je v vojnih razmerah negotovo (Jedrska energija ..., 2023; Nuclear Events in Ukraine ..., 2024). Rafael Grossi (direktor IAEA) je 23. maja 2023 razmere v JE Zapo-

rožje (6000 MW, šest jedrskih reaktorjev) ocenil kot »zelo realna tveganja za jedrsko varnost«. Obstaja nevarnost zaradi vojaških aktivnosti okoli JE, nevarnost je obstajala tudi zaradi poplav in problematike zanesljive oskrbe s hladilno vodo iz Dnjepra. Tudi Jim Green (2022, 2023) opozarja na jedrska vojaška tveganja v Ukrajini, kjer bi lahko prišlo do jedrske katastrofe. Vsaka prekinitev obratovanja JE, ki bi povzročila poškodbo hladilnega sistema, bi lahko povzročila veliko jedrsko nesrečo. Šestega junija 2023 je prišlo do porušitve jezusa HE Kahovka (Dnjeper), gladina vode v akumulacijskem bazenu se je znižala za več kot 5 m. JE Zaporožje je začasno prekinila obratovanje, saj je odvisna od hladilne vode iz akumulacijskega bazena hidroelektrarne.

Sedmega aprila 2024 in še nekaj dni pozneje je prišlo do večkratnega napada brezpilotnih letal, do obstreljevanja JE Zaporožje in njenih infrastrukturnih objektov. Generalni direktor IAEA Rafael Grossi je napade potrdil, toda ni imenoval napadalca (Attack on Nuclear ..., 2024). Med napadom so bile trikrat neposredno zadete zaščitne strukture, ki obdajajo glavni jedrski reaktor. Izvedenci IAEA so na srečo ugotovili, da poškodba, ki jo je brezpilotnik 7. aprila 2024 povzročil na šestem bloku JE Zaporožje, ni ogrozila jedrske varnosti. Vendar je IAEA vojaški napad opredelila kot resen incident, ki bi lahko ogrozil integriteto hladilnega sistema jedrskega reaktorja. Grossi je zaskrbljeno poudaril, da taki napadi izrazito večajo nevarnost velike jedrske nesreče in pozval k njihovemu takojšnjemu prenehanju.

Ponovno velja poudariti, da vsaka proizvodnja in raba energije (fosilna goriva, jedrska energija, OVE) povzroča številna tveganja, vključno z negativnimi posledicami na okolje in naravo, na z biotsko raznovrstnost. *Napačno in strokovno zavajajoče je mišljenje, da proizvodnja jedrske energije praktično ne vpliva na ekosistemske storitve in ne zmanjšuje biotske raznovrstnosti, ne povečuje torej tudi preživetveno tvegane biodiverzitetne krize. Vpliv proizvodnje jedrske energije na biotsko raznovrstnost je zgrešeno enostransko vrednotiti zgolj z minimalnimi vplivi samih JE na biodiverzitetno. Pri JE se npr. »pozablja« na njihov negativni biodiverzitetni vpliv zaradi višjih temperatur v vodne vire vrnjene hladilne vode* (Le nucléaire ..., 2023). V

vseh fazah jedrskega kroga namreč prihaja tudi do vplivov na bi-odiverzitetu, z vidika lokalnih in regionalnih pritiskov na biotsko raznovrstnost pa izstopajo vplivi rudarjenja in predelave uranove rude v začetnih členih jedrskega kroga. Različni načini rudarjenja za proizvodnjo urana globalno (izpusti TGP), regionalno in lokalno, posredno in neposredno pomembno negativno vplivajo na biotsko raznovrstnost (Sonter idr., 2018).

Tako podzemna kot površinska proizvodnja urana v rudnikih urana povzročata številne negativne biotske in zdravstvene posledice, vsak način rudarjenja zmanjšuje biotsko raznovrstnost. Izločanje urana iz uranove rude povzroča obsežne prostorske posledice, zlasti s premeščanjem velikih količin uranove rude. Ob vsaki toni rude v površinskih rudnikih urana nastane 40 ton radioaktivnih odpadkov, sprošča se radon in nastane veliko prahu, na odlagališčih rudniške jalovine (nastane po izločanju urana) lahko prihaja do plazenja (Radzaminski, 2021). Na rudniških površinah prihaja do degradacije ekosistemov, habitatov in s tem do zmanjšanja biotske raznolikosti (Russell, 2023). Uporaba metode izluženja urana s pomočjo strupene žveplove kisline (za proizvodnjo uranove »rumene pogače«) povzroča tvegano zastrupljanje površinskih in podzemnih vodnih virov (z radioaktivnimi materiali, težkimi kovinami in strupenimi kemikalijami), kar lahko na širšem območju rudnika urana zelo negativno vpliva na lokalne prebivalce, na vodne in druge lokalne ekosisteme, na biotsko raznovrstnost.

Von Wehrden in sodelavci (2012) opozarjajo, da velike jedrske nesreče ne povzročajo zgolj velikega negativnega vpliva na zdravje ljudi, pomemben je tudi njihov negativni vpliv na biodiverzitetu in opravljanje ekosistemskih storitev. Analiziranih je bilo 512 študij, ki so nastale po največji jedrski nesreči v JE Černobil (leta 1986). Povišana radioaktivnost v različnih vrstah je bila tudi nekaj desetletij po taljenju jedrske sredice reaktorja ugotovljena tudi tisoče km stran od černobilske nesreče. V bližini poškodovanega jedrskega reaktorja je prišlo do fizioloških in morfoloških sprememb, ugotovljeni so bili negativni učinki na ekosistemske storitve, vključno s kontaminacijo vode, prsti. Posledice jedrske nesreče v JE Černobil so bile zabeležene v zelo obsežnem območju kopnega,

posledice jedrske nesreče v japonski JE Fukušima leta 2011 pa so segle tudi v morske ekosisteme (Von Wehrden idr., 2012).

Akademik (zdravnik) Andrej O. Župančič (1994, 94) je opozarjal, da se je svetovna javnost začela zavedati jedrske energije in problemov v zvezi z njo po bombardiranju Hirošime in Nagasakija avgusta 1945. Ob geslu *atomi za mir* je navdušenje za novo tehnologijo daleč preraslo resnejše in celostne ocene. Direktor ameriške Komisije za jedrsko energijo je leta 1954 menil, da bo že za naše otroke jedrska energija prepoceni, da bi njeno porabo sploh merili. Leta 1976 je bilo v ZDA dobrih 60 % ljudi za miroljubno uporabo jedrske energije in 20 % proti, leta 1986, po nesreči v Černobilu, pa jih je bilo skoraj 80 % proti. Leta 1982 je bilo v Sloveniji (slovensko javno mnenje) za gradnjo nove JE v Sloveniji 23 % prebivalstva proti, leta 1987 82 % proti, julija 2024 pa 19 % proti ... Prevelika zadovoljnost strokovnjakov, odgovornih za varno obratovanje jedrskih objektov, je po mnenju Župančiča (1994, 96) značilen predhodnik nesreč. O sprejemljivosti tveganja mora po njegovem mnenju odločati javnost, ne pa morda stroka ali upravni organi. Na sprejemljivost tveganja namreč poleg kvantitativnih ocen vplivajo nemerljive vrednote – za presojanje o teh izvedenec ni nič bolj usposobljen kot vsak občan (Župančič, 1994, 101).

Sodelavci Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja (DIW) podčrtujejo, da je električna energija iz jedrskih reaktorjev ob upoštevanju vseh stroškov vse od petdesetih let 20. stoletja ostala ena od najdražjih virov energije (Wimmers idr., 2023, 92). Gradnja jedrskih elektrarn (JE) je dolgotrajna, v bližnji prihodnosti v razvoju cenovno konkurenčnih jedrskih reaktorjev ni na obzorju pomembnih in obetavnih tehnoloških prelomov. Leta 1985 je znašal delež elektrike iz jedrskih elektrarn 15,1 %, leta 1996 17,6 %, leta 2021 pa zgolj 9,8 %. V zadnjem obdobju izrazito prevladuje vse večja vloga elektrike iz »novih«, alternativnih OVE (sončne in vetrne elektrarne), ki naj bi nadomestili neobnovljiva fosilna goriva. V EU je bila jedrska energija pod političnimi pritiski jedrskih članic uvrščena med trajnostne energetske vire, njena »trajnostna« ocena pa je med strokovnjaki različnih znanstvenih ved zelo kontroverzna.

V zadnjih desetletjih jedrski industriji tehnološko in komercialno ni uspelo razviti tržno konkurenčnih jedrskih reaktorjev. V bližnjem obdobju energetskih trgov se pričakuje, da bo na svetu prenehalo obratovati več kot 100 jedrskih reaktorjev, strokovnjaki Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja (DIW) sodijo, da so stroškovno vse bolj učinkoviti OVE primerni tako za podnebno nevtralni energetski sistem kot tudi glede izogiba nevarnemu plutoniju v primeru odločitve za jedrsko energijo (Wimmers idr., 2023, 100).

Jim Green (2014) se ne strinja z mnenjem tistih naravovarstvenikov, ki sodijo, da je jedrska energija ključna za ohranjanje biotske raznovrstnosti in blaženje podnebnih sprememb. Očita jim, da med drugim pozabljajo na tesno povezanost t. i. miroljubne” (energetske-vsebnost plutonija v izrabljenem jedrskem gorivu!) in vojaške uporabe jedrske energije. Sodi, da bi pomenila uporaba jedrskih bomb katastrofalno grožnjo biotski raznovrstnosti in povzročila radikalne podnebne spremembe (“jedska zima”).

*Tudi raba OVE v večji ali manjši meri negativno vpliva na biotsko raznovrstnost.* Jinjun Zhang (2024) navaja, da se pogosto poudarjajo le pozitivni učinki rabe OVE in njihova pomembna vloga pri dvigu kakovosti življenja, pogosto pa so spregledane negativne ekološke posledice njihove rabe. Proizvodnja energije s pomočjo OVE namesto rabe fosilnih goriv sicer prinaša vrsto pozitivnih učinkov na okolje, ozračje, prinaša pozitivne družbeno-ekonomske rezultate za zeleno gospodarstvo. Vendar brez dvoma za trajnostno družbo sicer neobhodna umestitev energetskih objektov in infrastrukture za večjo rabo OVE hkrati neposredno in posredno negativno vpliva na ekosisteme, na habitate, biotsko raznovrstnost, zato je izjemno pomemben razvoj in napredek politik trajnostne rabe OVE (Gasparatos idr., 2017; Marsh, 2023). Raziskave npr. kažejo, da povzroča proizvodnja bioenergije (uporaba snovi rastlin in živali za proizvodnjo tekočega goriva ali bioplina) in hidroelektrarne večji negativni vpliv na biotsko raznovrstnost kot proizvodnja energije v sončnih, vetrnih in geotermalnih elektrarnah. Številne sodobne raziskave ugotavljajo, da so hidroelektrarne ključni dejavnik izgube ali spremembe vodnih in obvodnih habitatov nad ali pod njihovimi jezovi, kar negativno vpliva na biotsko raznovrstnost živalskih in

rastlinskih vrst. Za zmanjševanje vplivov rabe OVE v zelenem gospodarstvu je torej ključno njihov skrbno ekosistemsko načrtovanje (Gasparatos idr., 2017, 165, 174, 175).

Študije Univerze Southampton opozarjajo na zmanjševanje biotske raznovrstnosti tako v državah, ki proizvajajo in izvažajo električno energijo kot v državah porabnicah elektrike (Transition to Renewable ..., 2019). Prehod na rabo OVE, ki prinaša blažnje podnebnih sprememb (zmanjšanje izpustov TGP) torej na drug strani zmanjšuje biotsko raznovrstnost. Izvedena je bila sistematična analiza vpliva fosilnih goriv in OVE (ne pa tudi urana) ter elektroenergetske infrastrukture (vključno s vplivi zaradi vgrajenih materialov) na ptice, sesalce in dvoživke, na biotska raznovrstnost. Rezultati študije kažejo, da je največji negativni vpliv na biodiverzitetu povzročila raba premoga, najmanjši pa sončne in vetrne elektrarne. Vendar raziskovalci opozarjajo, da je sicer razogljichenje nujno, a se bodo negativni vplivi na biodiverzitetu z gradnjo novih sončnih in vetrnih elektrarn povečali, zato je odgovornost politike in vlad zelo velika. Tudi npr. gradnja velikih sončnih elektrarn v Sahari, ki je na prvi pogled ekosistemsko neproblematična, prinaša lahko v izjemno ranljiv puščavski ekosistem negativne vplive in tveganja zaradi zmanjševanja biotske raznovrstnosti (Transition to Renewable ..., 2019). Za ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključno, da se pri proizvodnji energije s pomočjo OVE energetske objekti skrajno ekosistemsko pretehtano umeščajo v prostor, odgovorno umeščanje in t. i. coniranje prostora (habitatov) lahko bistveno zmanjša številne negativne vplive na biotsko raznovrstnost (Marsh, 2023).

### **JEK - potresna in druga jedrska varnostna tveganja**

*Čeprav nekatere sodobne geološke raziskave niso potrdile domnev o legi JEK na aktivnem geološkem prelomu, ostaja geološko-tektonsko dejstvo, da leži na enem izmed potresno najbolj ogroženih ozemelj Slovenije. Po novi karti »Potresna nevarnost Slovenije – projektni pospešek tal za potresno dobo 475 let« (2021) je območje JEK uvrščeno med območja večje potresne nevarnosti Slovenije*

s pospeškom tal med 0,250 in 0,275 g. Izračuni za povratno dobo 475 let ustrezajo 90-% verjetnosti, da vrednosti na karti v 50 letih ne bodo presežene.

Študija Greenpeacea iz leta 2021 je ocenila jedrsko varnost oziroma jedrsko tveganje za 11 evropskih JE. Po mnenju avtorjev raziskave lokacija v Krškem ni primerna za jedrsko elektrarno, zlasti zaradi potresnega tveganja (verjetnost močnega potresa), v manjši meri pa tudi zaradi sicer z dodatnimi ukrepi zmanjšanega poplavnega tveganja (zaradi poplav narašča verjetnost ekstremnih vremenskih razmer, a obstoja samo en jez za zadrževanje poplavne vode) ter sicer minimalno verjetne možnosti kombinacije obeh tveganj (Lessons not Learned ..., 2021, 24). Odprto naj bi bilo zlasti vprašanje potresne odpornosti jedrske elektrarne, saj naj bi študija iz leta 2004 pokazala, da je potresna nevarnost večja od tiste, ki je bila upoštevana pri projektni zasnovi elektrarne, vsi varnostno pomembni sistemi pa naj ne bi bili izboljšani. Študija poudarja, da ni mogoče izključiti ekstremnega potresnega dogodka, ki bi povzročil neizogibno nesrečo s taljenjem jedra. Zaključek študije je nedvoumen: glede na znane pomanjkljivosti JEK je njeno delovanje na potresno aktivnem območju – neodgovorno (Lessons not Learned ..., 2021, 25). Green European Foundation oziroma Avstrija uvršča JEK (70 km oddaljena od slovensko-avstrijske meje) med elektrarne z visokim tveganjem, ker leži na potresnem območju (Jedrsko energija ..., 2023, 31).

Leta 2013 je Javni inštitut za zaščito pred sevanjem in jedrsko varnost (IRSN), torej mednarodno priznana francoska ustanova, ki se ukvarja s svetovanjem upravnim organom s področja jedrske varnosti, v poročilu zapisal, da lokacija v Krškem ni primerna za gradnjo drugega bloka jedrske elektrarne (Zgonik, 2013). Zoran Kus (2022d) poudarja, da so francoski strokovnjaki odločno odsvetovali morebitne načrte za gradnjo dodatnega jedrskega reaktorja na tej lokaciji. Po jedrski nesreči v Fukušimi je navedeni francoski inštitut v drugi študiji resno opozoril, »da morajo biti voditelji Evropske unije pripravljeni na jedrsko nesrečo« in da bi bila velika jedrska nesreča »nepredstavljiva evropska katastrofa, saj bi strošek škode dosegel najmanj

760 milijard evrov« (Kus, 2022b). Tudi študija potresne varnosti območja JEK za potrebe odločanja v italijanskem parlamentu iz leta 2022 poudarja potresno tveganost lokacije.

Upravičeno se seveda postavlja naslednje vprašanje: če lokacija zaradi potresne nevarnosti naj ne bi bila primerna za novo, sodobno jedrsko elektrarno, potem seveda ni primerna tudi za 30 let staro elektrarno, pa če je ta še tako zgledno vzdrževana in nadgrajevana. Preostali trije člani konzorcija, med njimi Geološki zavod Slovenije in francoski geološki zavod BRGM, se s takim sklepom niso strinjali, saj naj bi bilo za tako trditev premalo dokazov, potrebne naj bi bile dodatne raziskave. V letu 2020 so močni potresi na širšem območju Zagreba konkretno opozorili, da je s potresnega vidika gradnja nove JEK na enem najbolj potresno aktivnih območij v Sloveniji tvegana. Poročilo o svetovni jedrski industriji za leto 2021 izrecno navaja, da je bil jedrski reaktor JEK zgrajen na potresnem območju, kar kaže tudi dejstvo, da je bila JEK 29. decembra 2020 zaustavljena zaradi potresa magnitude 6,3, ki je imel epicenter 30 km od jedrske elektrarne (Petrinja pri Zagrebu). Navaja poročilo avstrijske okoljske skupine Global 2000 iz leta 2021, ki podčrtuje potresno ranljivost lokacije JEK in poziva zlasti k novim geološkim raziskavam (The World Nuclear Industry ..., 2021, 383).

Zoran Kus (2019) opozarja tudi na *tvegano podaljševanje življenjske dobe starih jedrskih reaktorjev, kot je reaktor JEK*. Tudi sicer »obnovljeni« stari jedrski reaktorji povečujejo statistično nevarnost jedrske nesreče in druge vzporedne probleme. Zaradi novih varnostnih zahtev po nesreči na Japonskem je treba še nadgraditi varnostni sistem jedrskega reaktorja, saj so bili reaktorji grajeni za dobo varnega delovanja za največ 30–40 let. V primeru tako ali drugače povzročene velike jedrske nesreče (npr. v višini več kot 200 milijard evrov) bi bile zgolj finančne posledice za Slovenijo z okoli 15 milijardami evrov letnega državnega proračuna več kot katastrofalne.

Marjan Malešič in sodelavci (2015) na osnovi rezultatov interdisciplinarne študije opozarjajo, da so bili v času raziskave prebivalci, ki živijo v bližini JEK (v polmeru 3 km okoli jedrske elektrarne), pomanjkljivo seznanjeni in pripravljeni na evakua-

cijo v primeru jedrske nesreče. Raziskava kaže, da bi lahko v primeru jedrske nesreče namesto organizirane evakuacije lokalnega prebivalstva prevladale improvizirane ali celo kaotične akcije.

*Raba jedrske energije s pomočjo uvoženega jedrskega goriva torej po mnenju pisca ne povečuje energetske neodvisnosti in samooskrbe z energijo, dejansko s tega vidika zmanjšuje nacionalno varnost Slovenije, dodatno pa še zaradi možnosti jedrske nesreče ali kibernetškega vdora, pa tudi vojaškega ali terorističnega napada.* Nobena JE na svetu po mnenju jedrskega strokovnjaka za varnost Andreja Stritarja in sodelavcev (1993, 194) ni zgrajena na način, da bi ob močnem vojaškem napadu omogočala ohranjanje jedrske varnosti. JE so zaščitene le pred terorističnimi napadi z lahkim orožjem. Visoka stopnja zaščite JE je dejansko mogoča le v primeru, da je elektrarna vkopana globoko pod zemeljskim površjem.

Ne nazadnje – leta 1991 je imela takratna Jugoslovanska ljudska armada (JLA) v okviru agresije na osamosvojeno Slovenijo pripravljen načrt letalskega vojaškega napada na JEK (in na civilne cilje v Ljubljani). Prvega julija 1991 se je JEK znašla na območju vojaških operacij (Stritar idr., 1993). V obdobju desetdnevne vojne za Slovenijo je dan po nizkem, provokativnem in »opozorilnem« preletu letal JLA prišlo do popolne zaustavitve JEK in s tem proizvodnje električne energije. JEK ni obratovala do 16. junija 1991. Slovenija je kot članica Nata dodatno izpostavljen na tveganjem kibernetškega ali terorističnega napada na JEK.

Rusko-ukrajinska vojna je v vsej razsežnosti potrdila, da so JE v vojnih in drugače zaostrenih geopolitičnih razmerah skrajno nevarni energetski objekti (npr. JE Zaporozžje – obtožbe obeh vpletenih strani za vojaške napade na elektrarno, ki je v ruskih rokah in bila pol leta brez mednarodnega varnostnega nadzora delovanja). »Uspešni« vojaški napad na JE bi povzročil katastrofalno jedrsko nesrečo.

Podnebne spremembe z ekstremnimi visokimi rečnimi pretoki povečujejo poplavna tveganja Save, ob vse pogostejših izjemno nizkih in dolgih poletnih pretočnih nizkih vse bolj tople savske vode pa bo lahko otežena oskrba JEK s hladilno vodo Save.

## Jedrska energija in podnebne spremembe

Po mnenju Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC) je treba obdobje antropocena opredeliti tudi kot koncept omejitev, ki zahteva temeljite sistemske družbene spremembe, brez katerih ne bo mogoče hkrati uresničiti zavez Pariškega podnebnega sporazuma, izkoreniniti svetovno revščino in udejanjiti koncept trajnostnega razvoja (Global Warming of ..., 2019, 54). Naomi Klein (2018, 77) opozarja na znanstvene prispevke, ki kažejo, da se moramo fosilnim gorivom odreči z »nadčloveško« hitrostjo. Zgolj za vsaj polovično možnost za uresničitev temperaturnih ciljev Pariškega podnebnega načrta iz leta 2015, bi morali že od leta 2018 graditi le elektrarne praktično z ničelnim ogljičnim odtisom.

IPCC sodi, da bi morali v obdobju 2019-2030 za udejanjanje osnovnega cilja Pariškega podnebnega sporazuma (povečanje globalne temperature pod 1,5 °C) skupne letne izpuste TGP zmanjšati za 43 %, do leta 2040 pa za 69 % (Boehm in Schumer, 2023). Razen obsežnega zmanjšanja izpustov TGP je izjemno pomembno in cenovno zelo ugodno povečanje naravnih ponorov ogljika, ki hkrati povečuje biotsko raznovrstnost.

*Po konceptu tradicionalnega okoljskega prostora je zgornja meja zmogljivosti ozračja za sprejemanje izpustov vseh toplogrednih plinov 1,7 (oziroma 1,6) tone ekvivalentov CO<sub>2</sub> na prebivalca, zmogljivost svetovnega ozračja je torej presežena za več kot štirikrat.* V primeru udejanjanja Pariškega podnebnega sporazuma in preprečevanja dviga povprečne globalne temperature za več kot 1,5 °C pa naj bi bili izpusti leta 2050 največ 1 tona ekvivalentov CO<sub>2</sub> na prebivalca. Že v obdobju 2022–2030 bi bilo treba za doseganje ciljev Pariškega podnebnega sporazuma izpuste toplogrednih plinov na globalni ravni zmanjšati za 22 milijard ton ekvivalentov CO<sub>2</sub>, torej okvirno prepoloviti. Temeljita prenova energetskega sektorja je ključna za omejitev vzrokov in posledic podnebne krize, saj celotni energetski sektor prispeva 70 % h globalnim izpustom toplogrednih plinov.

Tudi Naomi Klein (2019, 251, 252) poudarja, da je v t. i. novem zelenem načrtu (Green New Deal) za zadovoljevanje temeljnih materialnih potreb osrednja naloga hitra energetska transformacija k 100-% rabi OVE, torej popolna opustitev rabe fosilnih goriv in tudi jedrske energije. Namesto centraliziranih tehnologij jedrskih elektrarn predlaga decentralizirane tehnologije za rabo OVE, naravi dominantne JE po njeni sodbi niso rešitev za izhod iz okoljske krize. Energija iz JE je draga in v primerjavi z OVE prepočasna za nadomeščanje fosilnih goriv, obenem pa povezana z resnimi tveganji zaradi rudnikov urana in skladiščenja radioaktivnih odpadkov (Klein, 2019, 100, 181). Gospodarsko razvite in bogate države sveta morajo po mnenju Naomi Klein (2019, 285) radikalne spremembe v energetiki izpeljati zgolj v desetih letih, v celoti pa v 30 letih. Vsako izgubljeno leto je po njeni sodbi glede na toplotne globalne razmere tako rekoč podnebno katastrofalno.

Antropogene podnebne spremembe, pravzaprav globalna podnebna kriza, so tudi v Evropi v ospredje postavile temeljno zahtevo: količinsko obsežno in hitro zmanjšanje ter prenehanje rabe fosilnih goriv, ki so temeljni vir emisij toplogrednih plinov – planet naj bi postal sredi 21. stoletja podnebno nevtralen. Po mnenju večine jedrskih strokovnjakov pa naj bi prav nizkoogljična jedrska energija oziroma JE med drugim najbolj učinkovito rešile problem podnebnih sprememb in hkrati pomembno prispevale k varni oskrbi zaradi naraščajočih potreb po električni energiji. Na svetovni konferenci OZN (Dubaj – COP 28) o podnebjju konec leta 2023 je 22 držav z jedrskimi elektrarnami sprejelo skupno izjavo, da naj bi raba jedrske energije zelo pomembno prispevala k radikalnemu globalnemu razogljičenju do srede 21. stoletja (Hajek, 2024). Jože Volfand (2024) sodi, da se je tudi v Evropi močna protijedrska naravnost po nesreči v Fukušimi zaradi energetske krize v letih 2022–2023 začela krhati.

Glede prihodnje vloge jedrske energije, katere proizvodnja je sicer resda nizkoogljična, pa so tudi med okoljevarstveniki različna mnenja. V nekaterih energetskih scenarijih se v primežu podnebne krize in kljub možni, z vidika svetovnega miru zelo tvegani proizvodnji plutonija (jedrsko orožje) v jedrskih elektrarnah zlasti zaradi okrepljenih geopolitičnih problemov varne oskrbe z energijo in želje

po ohranjanju modela trajne gospodarske rasti energetska raba (omejenih) zalog urana ter jedrska energija prikazujeta kot ena od sprejemljivih energetskih možnosti izhoda iz globalne podnebne krize.

Amory Lovins (2017) nasprotuje uporabi jedrske energije, po njegovi oceni je za gradnjo JE v povprečju potrebno desetletje, brez upoštevanja dodatnega časa, ki je nujen za institucionalno pripravo gradnje. Zaradi dolgega obdobja gradnje in večjih stroškov glede na tekmovalne tehnologije OVE je po njegovi sodbi jedrska energija dvakratno neuporabna za zaščito podnebja. Lovins (2019, 10) tudi opozarja na zavajanje Svetovnega jedrskega združenja (WNA), ki je 24. septembra 2019 v sporočilu za javnost zapisalo (brez potrebnega citiranja virov), da je premagovanje podnebnih sprememb hitrejša z novimi jedrskimi elektrarnami. Obdobje zgolj same gradnje nove JE je v povprečju 5–17 let, kar pomeni, da je bistveno daljše od gradnje sončne ali vetrne elektrarne na kopnem (praviloma okoli dve leti). Ob čakanju na začetek obratovanja novih JE pa bodo seveda obstoječe TE na fosilna goriva še naprej proizvajale toplogredni CO<sub>2</sub> (The World Nuclear Industry ..., 2019, 15).

Tudi šesto poročilo IPCC iz leta 2023 zlasti za obdobje do leta 2030 navaja, da bo pri globalnem razogljichenju vloga sončne in vetrne energije nekajkrat večja od jedrske energije, hkrati pa kot vsaj tako pomembno ocenjuje vlogo povečanja naravnih ponorov ogljika (naravni ekosistemi, gozdarstvo, kmetijstvo itn.), ki krepijo tudi zmogljivost neobhodnega prilagajanja na podnebne spremembe (Climate Change ..., 2023, 103, 104). Ocene ogljičnih izpustov Medvladnega panela o podnebnih spremembah jedrsko energijo, skupaj z OVE, uvrščajo med nizkoogljično energijo (izpusti CO<sub>2</sub> na enoto proizvedene električne energije); nekateri drugi izračuni, ki izhajajo iz drugačnih metodoloških in vsebinskih zasnov, pa je ne (Jacobson, 2019, 2021a, 2021b; Storm van Leeuwen, 2020). Jan Willem Storm van Leeuwen (2020) je z uporabo podatkov iz jedrske (in rudarske) industrije izdelal celostno snovno analizo celotne jedrske procesne verige sedanjih izpustov CO<sub>2</sub> (pridobivanje urana in izdelava jedrskega goriva iz siromašne in bogate rude, izgradnja, obratovanje, vzdrževanje in prenove JE) ter latentnih, »odloženih« izpustov CO<sub>2</sub> po zaprtju JE (razgradnja JE, sanacija rudnikov urana,

začasno in trajno skladiščenje radioaktivnih odpadkov ter izrabljene-  
nega jedrskega goriva). Obratovanje same JE je nizkoogljčno, ven-  
dar po njegovih izračunih znašajo celotne sedanje emisije jedrske  
energije med 65 in 116 g CO<sub>2</sub>/kWh dobavljene električne energije,  
latentne emisije pa 74 g CO<sub>2</sub>/kWh. Emisija CO<sub>2</sub> od zibelke do groba  
je med 139 in 190 g CO<sub>2</sub>/kWh, kar je vsota sedanjih emisij (65–116 g  
CO<sub>2</sub>/kWh) in latentnih emisij (74 g CO<sub>2</sub>/kWh) (Storm van Leeuwen,  
2020). Po nekaterih drugih virih pa 1 kWh jedrske energije sproži  
104 grame izpustov CO<sub>2</sub> (Jedrska energija – slepa ..., 2023, 23).

Zlasti procesi pridobivanja urana (rudarjenje in mletje – pov-  
prečno 32,3 g CO<sub>2</sub>/kWh), izgradnja JE (24,9), delovanje, vzdrže-  
vanje in prenove (24,4) ter razgradnja JE (40,9) potrebujejo velike  
količine fosilnih energentov in ustvarjajo veliko emisij CO<sub>2</sub> na pro-  
izvedeno kilovatno uro električne energije v JE. Razlike v oceni  
sedanjih izpustov so posledica različnih lastnosti uranove rude,  
kot sta vrsta in kemična sestava rude. Emisije CO<sub>2</sub> pri pridobivanju  
in mletju urana se povečujejo, saj so rudniki najbogatejše rude že  
izčrpani, rude postajajo siromašnejše (Storm van Leeuwen, 2020;  
Valenčič, 2020). Po študiji sodelavcev Univerze v Sydneyju so na  
osnovi izvedenih analiz za jedrsko energijo za Avstralijo ocenjeni  
povprečni izpusti JE (jedrski reaktor LWR) za celotno sedanje in  
prihodnje obdobje znašali okoli 60 g CO<sub>2</sub>/kWh (10–130) (Live-  
-Cycle Energy ..., 2006, 7, 114).

Neposredni izpusti CO<sub>2</sub> iz JE med njenim obratovanjem so  
na enoto proizvedene električne energije nizki, ob upoštevanju  
posrednih izpustov v celotnem jedrskem krogu (od rudarjenja do  
razgradnje JE) pa jedrska energija ni brezogljčna. V povprečju naj  
bi skupni izpusti po eni od ocen znašali 66 g CO<sub>2</sub> ekv./kWh, po  
drugi oceni pa 32 g CO<sub>2</sub> ekv./kWh (Muellner idr., 2021, 2). Av-  
strijski raziskovalci navajajo, da so velike razlike v oceni izpustov  
CO<sub>2</sub> posledica različne vsebnosti urana v uranovi rudi, tehnik  
pridobivanja jedrskega goriva in različnih virov energije, ki se v  
celotnem jedrskem krogu uporabljajo. Nekateri raziskovalci pa pri  
izračunih vseh izpustov CO<sub>2</sub> upravičeno upoštevajo tudi izpuste,  
ki nastanejo v obdobju od načrtovanja do dejanskega obratovanja  
nove elektrarne, ki je pri elektrarnah na OVE bistveno krajše kot

pri JE. Mark Jacobson je te izpuste (»oportunitetni izpusti«) za JE ocenil med 59-106 g CO<sub>2</sub>/kWh, zato jih je treba prišteti CO<sub>2</sub> izpustom v življenjskem krogu JE (9-70 g CO<sub>2</sub>/kWh). Jacobson je skupne izpuste CO<sub>2</sub> za jedrsko energijo ocenil med 68 do 180 g CO<sub>2</sub>/kWh (Muellner idr., 2021, 2).

Po mnenju Natalie Bennett (2021) nove JE niso rešitev podnebne krize, temeljni razlog pa naj bi bilo njihovo dolgotrajno načrtovanje in gradnja. To pomeni, *da pravzaprav ni realno pričakovanje, da bi bila danes načrtovana JE v Evropi zgrajena pred letom 2030 oziroma 2035, glede na sicer še dokaj ohlapne zaveze Pariškega podnebnega sporazuma pa naj bi države članice EU emisije toplogrednih plinov v obdobju 2005–2030 zmanjšale za najmanj 55 %*. Tudi v primeru takojšnje strateške odločitve o pospešeni gradnji JE v EU te pred letom 2030 (2035) ne bi dovolj hitro in bistveno prispevale k sicer podnebno nujnemu zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov.

EU se je torej zavezala, da bo do leta 2030 izpuste toplogrednih plinov zmanjšala za 55 %. Februarja 2024 pa je ena od delovnih skupin Evropske komisije glede podnebnih ciljev EU oblikovala argumentiran predlog o 90-% zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov za obdobje 1990–2040 (Nuclear Phase-out ..., 2024, 5). Uresničitev navedenega predloga bi glede na dosedanje prakso dolgotrajnega in dragega načrtovanja, prostorskega umeščanja in poteka zadnjih gradenj novih JE v državah EU (zadnje izkušnje Francije in Finske) in Velike Britanije dejansko pomenila, da torej jedrska energija ne bo sposobna dovolj hitro odigrati večje vloge pri ambicioznemu načrtu zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov. Trenutno pa ostaja odprto vprašanje, ali bo nova sestava Evropskega parlamenta (politični premik v desno) vztrajala na podnebnih zavezah Pariškega sporazuma in evropskega zelenega načrta.

Mednarodna agencija za obnovljivo energijo (IRENA) opozarja, da je treba prepoznati vse negativne povratne učinke netrajnostne proizvodnje energije, čeprav nekateri učinki od njih lahko pomembno prispevajo k razogljičenju in s tem k blaženju podnebnih sprememb. To velja tudi za jedrsko energijo, kjer prihaja do odsotnosti ustreznega ravnanja z radioaktivnimi odpadki, možnosti jedrskih nesreč, dolgotrajne gradnje itn., čeprav neposredno

pri proizvodnji električne energije ne prihaja do proizvodnje CO<sub>2</sub> (Re-structuring Power Systems ..., 2022, 41).

Razen velikih težav s korozijo se npr. francoska jedrska industrija sooča s posledicami podnebnih sprememb. Matjaž Valenčič (2023) se strinja z dejstvom, da povzroča jedrska energija malo emisij CO<sub>2</sub>, kar trenutno velja za glavni argument njenih zagovornikov. Vendar bo po letu 2030 Nemčija proizvajala »zeleno« električno iz obnovljivih virov, brez izpustov CO<sub>2</sub>, Francija pa se bo vedno bolj spopadala z jedrskimi težavami. Predvsem v Franciji pa postaja vse bolj jasno, kako ranljivi so reaktorji za posledice globalnega segrevanja. Po vladnih podatkih so reaktorji odgovorni za 31 odstotkov porabe vode v Franciji; samo kmetijstvo jo porabi več (Valenčič, 2023). Francoske nevladne organizacije in številni strokovnjaki opozarjajo na problematiko obsežne rabe vode za hlajenje številnih jedrskih reaktorjev. Zaradi podnebnih sprememb se namreč manjšajo pretoki rek, znižuje gladina talne vode, vodni viri pa so vse toplejši zaradi podnebnih sprememb. Razmere lahko poslabšajo zimske suše, ki poleti lahko povzročijo pomanjkanje vode za hlajenje reaktorjev. Referenčna študija Explore 2070 za celinsko Francijo napoveduje za 10 do 40 % zmanjšanje povprečnega letnega pretoka. Jedrski reaktorji, ki delujejo v zaprtem krogu, povzročajo letno 400 milijonov m<sup>3</sup> izhlapevanja vode (Le nucléaire ..., 2023). 26 francoskih jedrskih reaktorjev, ki obratujejo v odprtem krogu, za hlajenje črpa med 23 in 49 milijard m<sup>3</sup> vode na leto. Čeprav se skoraj vsa ta voda odvaja nazaj v reke ali morje, iz katerih je bila zajeta, ima višjo temperaturo, s čimer segreva vodne ekosisteme in negativno vpliva tudi na biotsko raznovrstnost. Elektrogospodarstvo Francije pa je dobilo dovoljenje za črpanje podtalnice, ki je zaradi pomanjkanja padavin že oslABLJENA. Jedrska elektrarna v Dampierre (Loiret) lahko iz vodonosnika, ki je bil prej namenjen za prehrano ljudi, dnevno načrpa do 3.600 m<sup>3</sup> vode. Na dan 1. aprila 2023 je bil nivo vode vodonosnika pod sezonskim normativom (Nappes d'eau ..., 2023).

Poleti 2022 je namesto prenehanja obratovanja tistih francoskih JE, ki so preveč ogrevale vodne vire, francoska energetska družba EDF dobila dovoljenje za izpust še bolj vroče vode v vodne ekosisteme, ne da bi pri tem upošteval zdravje in preživet-

je endemičnih vrst. Podpisniki peticije so francoski vladi zaradi toplotnega pregrevanja vode zaradi hlajenja jedrskih reaktorjev postavili naslednje ključno vprašanje: bomo kmalu morali izbirati med ohranjanjem vodne biotske raznovrstnosti in proizvodnjo električne energije iz JE? (Le nucleaire ..., 2023).

Madžarski jedrski reaktorji ob Donavi, ki za hlajenje uporabljajo vodo iz Donave po obstoječi zakonodaji zaradi zaščite njene biotske raznovrstnosti ne smejo temperaturo donavske vode povečati nad 30 °C. V tem primeru mora JE Park prenehati obratovati in počakati, da se temperatura vode v Donavi zniža pod 30 °C. Vendar Madžarska načrtuje, da bi se lahko temperatura Donave dvignila nad 30 °C in sicer zaradi zagotavljanja varne oskrbe z električno energijo (Hungary to Allow ..., 2024). Madžarska naj bi kljub biotsko že sedaj problematičnim pregrevanjem donavske vode v JE Paks (2000 MW) dosedanje štiri jedrske reaktorje nadomestila z dvema jedrskima reaktorja ruske tehnologije (Rosatom) s skupno močjo 2400 MW.

Po mnenju nekaterih avstrijskih raziskovalcev naj bi bila vloga jedrske energije pri blaženju podnebnih sprememb tudi v prihodnje zelo omejena, saj naj bi v obdobju 2020-2040 JE odpravile le 2-3 % načrtovanih globalnih izpustov toplogrednih plinov. Tudi v teoretičnem primeru, da bi s pomočjo JE leta 2040 v celoti nadomestili termoelektrarne, bi odprava še preostalih globalnih izpustov toplogrednih plinov zahtevalo zelo drastične ukrepe. Vloga jedrske energije pri dosedanjemu blaženju podnebnih sprememb je torej ocenjena kot skromna, taka pa naj bi bila tudi v prihodnosti (Muellner idr. 2021, 9).

### **Podnebni in nejedrski energetski scenarij za Evropsko unijo**

Električna energija iz JE zadostuje samo za 4,7-% kritje skupne porabe končne energije EU, najbolj jedrska Francija krije 17 % porabe končne energije s pomočjo JE (Slovenija – 10 %). Januarja 2024 je v EU obratovalo 100 jedrskih reaktorjev s skupno močjo 96 GW, njihovo število se je po letu 2000 zmanjševalo, po letu 2007 sta bila na elektroenergetsko omrežje EU priključena zgolj dva jedr-

ska reaktorja. Proizvodnja elektrike v JE držav članic EU je bila leta 2000 860 TWh (33 % skupne proizvodnje elektrike), leta 2023 pa 619 TWh (23 %), proizvodnja se je torej zmanjšala za petino.

*Evropski biro za okolje (EEB) je v začetku leta 2024 izdelal zelo zahteven globinski trajnostni, izrazito negativni in nejedrski scenarij za EU (scenarij PAC). Glede na vse večje, katastrofalne ekonomske, okoljske, migracijske in varnostne posledice podnebne krize dosledno sledi ciljem pospešenega razogljčenja Pariškega podnebnega sporazuma (Nuclear Phase-out ..., 2024). EU naj bi po tem izjemno zahtevnem energetskega scenariju tudi zaradi zgodovinske odgovornosti pri proizvodnji visokih izpustov toplogrednih plinov že do leta 2040 praktično popolnoma opustila rabo fosilnih goriv, dosegla podnebno nevtralnost in hkrati bi v vseh državah članicah EU prenehali uporabljati jedrsko energijo za proizvodnjo električne energije.*

Izdelovalci Pariškemu sporazumu v celoti prilagojenega energetskega scenarija se ne strinjajo s prevladujočo predpostavko v organih EU, da je jedrska energija temeljna rešitev za podnebno krizo. Po njihovem prepričanju je obsežna in hitra gradnja novih JE za potrebno razogljčenje EU nerealistična, kar med drugim potrjujejo naslednji razlogi (Nuclear Phase-out ..., 2024, 3):

1. Izpuste toplogrednih plinov v energetiki EU je treba nemudoma izdatno zmanjšati, dolgotrajnost postopkov načrtovanja in sama gradnja JE pa prinašata veliko tveganje, da bo EU do leta 2040 z izpusti preseгла zmogljivost preostalega, še zelo skromnega lastnega ogljičnega »budžeta« v ozračju.
2. Zaradi visokih investicijskih in obratovalnih stroškov so JE nekonkurenčne OVE, zato so zelo odvisne od obsežnih javnih subvencij.
3. Vedno je prisotna določena negotovost glede varnega obratovanja JE, ki so med drugim vse bolj ranljive tudi zaradi podnebno pogojenih možnih večjih težav zagotavljanja hlajenja jedrskih reaktorjev z rečno vodo.

Obravnavani energetska scenarij EU izhaja tudi iz bistveno zmanjšane porabe primarne in končne energije, poraba električne energije pa naj bi se povečala. V razpravah o jedrski energiji se pogosto poudarja njena pomembna vloga pri zagotavljanju varne oskrbe z elektriko, zlasti v obdobjih manjše proizvodnje elektrike zaradi variabilnosti njene proizvodnje v sončnih in vetrnih elektrarnah. Vendar avtorji alternativnega, nejedrskega energetskega scenarija izhajajo iz postavke, da je možno tudi v teh kritičnih obdobjih zagotoviti varno oskrbo z elektriko, in sicer s pomočjo različnih ukrepov: občasna proizvodnja elektrike s pomočjo zemeljskega plina, uvoz elektrike, raba shranjene elektrike in zmanjšanje njene porabe.

Načrtovano zmanjševanje proizvodnje energije v JE je po mnenju sestavljavcev alternativnega energetskega scenarija PAC samo ena od sicer temeljnih vlog v potrebni spremembi celotne energetske slike EU, v kateri so do leta 2040 razen pariških podnebnih ciljev (pospešeno razogljčenje) v ospredju in temeljni zmanjšanje porabe končne energije, opustitev fosilnih goriv in ključna vloga OVE. V obdobju 2022–2040 naj bi se nadomestilo 550–600 TWh elektrike iz JE v EU.

Zmanjšanje absolutne porabe končne energije in praktično 100-% vloga OVE do leta 2040 sta torej ključna gradnika energetskega scenarija PAC EU, kar pa zahteva širše, globoke strukturne ekonomske, tehnološke in družbene spremembe, tudi temeljite spremembe v vrednotni obravnavi energije (Nuclear Phase-out ..., 2024, 16). *V ključnih sektorjih naj bi se poraba končne energije na ravni celotne EU v obdobju 2020–2040 zmanjšala za okoli 5400 TWh (okoli 40-% zmanjšanje in prepolovitev do leta 2050), in sicer z uporabo zlasti naslednjih temeljnih ukrepov:*

*Zgradbe* – zmanjšanje porabe energije za okoli 2150 TWh:  
daljinsko ogrevanje na OVE in uporaba toplotnih črpalk,  
zmanjšanje porabe vroče vode, pospešena energetska sanacija.

*Promet* – zmanjšanje porabe energije za okoli 2110 TWh:  
zmanjšanje uporabe avtomobila, učinkovita raba

energije električnih vozil, povečana vloga kolesarjenja in železniškega prevoza.

*Industrija* – zmanjšanje za okoli 1100 TWh: zmanjšanje količine embalaže, večja snovna učinkovitost v proizvodnji jekla, aluminija in cementa, bistveno povečanje stopnje snovne reciklaže.

Tudi drugi sektorji (npr. kmetijstvo) naj bi prispevali svoj delež k zmanjševanju porabe končne energije v EU. V nasprotju s stališči zagovornikov kombinirane proizvodnje elektrike (OVE in jedrska energija) sodelavci EEB sodijo, da raba jedrske energije v praksi ponuja zelo malo možnosti za komplementarno vključevanje v nastajajoči pofosilni fazi elektroenergetskega sistema, ki je temeljno zasnovana na decentraliziranih alternativnih OVE (zlasti sončne in vetrne elektrarne). Zelo dragi jedrski reaktorji, ki so ranljivi zaradi možnega pomanjkanja hladilne vode, so v primerjavi z OVE (in tudi v primerjavi s plinskimi elektrarnami) nefleksibilni, optimizirani na stalno, pasovno proizvodnjo električne energije. Ne morejo se torej prilagoditi časovno neenakim potrebam porabnikov po elektriki. V primeru načrtovanega daljšega zmanjšanja proizvodnje elektrike v JE pa je njena cena seveda višja. Pomanjkanje fleksibilnosti glede proizvodnje elektrike v JE predstavlja tveganje za mrežno zasnovano upravljanje elektroenergetskega sistema. JE so dejansko ovira za integracijo sistema, ki je zasnovan na OVE, kar npr. velja za dnevna in sezonska obdobja velikih presežkov proizvedene elektrike iz sončnih in vetrnih elektrarn, kar ima negativne posledice tako za podnebje kot za davkoplačevalce (Nuclear Phase-out ..., 2024, 8).

Razen občutnega zmanjšanja absolutne porabe končne energije je v energetskega scenariju PAC EU do leta 2040 načrtovano vztrajno občutno povečevanje moči OVE, in sicer za 105 GW na leto. Najbolj naj bi se povečala moč vetrnih in sončnih elektrarn, določen delež pa naj bi prispevale tudi hidroelektrarne (zgolj preнове), geotermalne elektrarne in bioenergija. V obdobju 2020–2040 naj bi se torej najbolj povečala proizvodnja

električne energije v vetrnih in sončnih elektrarnah, in sicer (Nuclear Phase-out ..., 2024, 17):

- vetrne elektrarne na kopnem – 1099 TWh (vključevanje lokalnih skupnosti);
- vetrne elektrarne na morju – 917 TWh;
- sončne elektrarne – 1380 TWh (največje povečanje proizvodnje elektrike – 36-% neto povečanje).

Strokovnjaki EEB so izdelali energetske scenarije PAC za izbrane države z večjo zdajšnjo vlogo jedrske energije, tudi za izrazito jedrsko Francijo, ki je leta 2023 imela 56 jedrskih reaktorjev, torej več kot polovico od skupnega števila v EU). Francoske JE so leta 2023 proizvedle 320 TWh elektrike (65 % celotne proizvodnje elektrike in 17 % končne energije). Po njihovem zelo ambicioznem predlogu naj bi bil proces pospešenega zapiranja francoskih JE zaključen v začetku štiridesetih let 21. stoletja. Proizvodnja elektrike v OVE naj bi se do leta 2040 povečala za 646 TWh (ključne vetrne elektrarne na kopnem in na morju, sončne elektrarne), poraba končne energije pa prepолоvila oziroma zmanjšala za 583 TWh (Nuclear Phase-out ..., 2024, 19–21).

Avtorji energetskega scenarija PAC EU v zaključnem razmišljanju poudarjajo zlasti naslednje (Nuclear Phase-out ..., 2024, 30, 31):

1. Trajnostni, brezogljični energetski scenarij EU je temeljno zasnovan na robustni rabi OVE in izrazitem zmanjševanju končne porabe energije, pri kateri je delež jedrske energije (povprečje EU – 4,7 %) v veliki večini držav skromen (praviloma bistveno pod 10 %), pri nekaterih (šest držav) pa zmerno visok (10–17 %).
2. Dolgotrajnost načrtovanja in poteka gradnje ter visoki stroški gradnje novih jedrskih reaktorjev so temeljni argument za zaključek, da jedrska energija ne more več ekonomsko tekmovati z OVE pri doseganju podnebne nevtralnosti.

3. Stroškovna konkurenčnost OVE naj bi se v prihodnosti še povečala in zmanjševala pri jedrski energiji.
4. Jedrska energija potrebuje visoko finančno javno podporo, vendar so državna sredstva omejena, zato več milijard evrov zahtevni jedrski projekti zmanjšujejo sredstva za stroškovno bolj ugodno proizvodnjo iz OVE in za druge potrebe.
5. Podaljševanje obratovanja jedrskih reaktorjev po 40-letnem obratovanju predstavlja dodatno jedrsko tveganje.
6. Občutno varčevanje in zmanjšanje porabe energije je možno, prav tako je dosegljiv tudi bolj trajnostni, sonaravni način življenja, ključne pa so politične odločitve.

## »Miroljubni« in vojaški atom - siamska dvojčka

Po podatkih Stockholmskega mednarodnega mirovnega inštituta (SIPRI) so vojaški izdatki leta 2023 znašali 2443 milijard dolarjev, realno so se v primerjavi z letom 2022 povečali za skoraj 7 % (SIPRI Yearbook, 2024, Global Military Spending ..., 2024). Priče smo pospešeni militarizaciji sveta, povečanju števila vojaških spopadov, hkrati pa svetovna skupnost v svetovnem podnebnem skladu ni sposobna vsako leto zbrati niti desetino sredstev, ki jih države sveta letno namenijo za vojaške namene. Za izdelavo jedrskega orožja je uporaben fisijski material v obliki obogatene urana (HEU) ali pa posebej izdvojeni, izločeni plutonij. Po mnenju strokovnjakov Stockholmskega mednarodnega mirovnega inštituta (SIPRI) so vse države s civilno jedrsko energijo sposobne proizvajati fisijski material. V letu 2023 so bile globalne zaloge fisijskega materiala naslednje (SIPRI Yearbook, 2024, 13):

1. visoko obogateni uran – 1245 ton (od tega 1100 ton neposredno uporabnega za izdelavo jedrskega orožja);
2. izločeni plutonij – 555 ton (od tega 140 ton neposredno uporabnega za izdelavo jedrskega orožja).

ZDA, Kitajska, Rusija, Francija, Pakistan in Velika Britanija proizvajajo tako obogateni uran kot plutonij za izdelavo jedrskega orožja, Indija in Izrael lahko proizvajajo plutonij, Severna Koreja pa razen plutonija verjetno tudi dovolj obogateni uran. Leta 2023 je po sicer ne povsem zanesljivih ocenah bilo na svetu 12.121 jedrskih bojnih glav, največ v Rusiji (5580), ZDA (5044) in na Kitajskem (500) (SIPRI Yearbook, 2024, 13). Številni kazalci po mnenju strokovnjakov Stockholmskega mednarodnega mirovnega inštituta (SIPRI) potrjujejo predpostavko, da se globalna tveganja za uporabo jedrskega orožja zaradi zaostrenih geopolitičnih razmer povečujejo, kar zlasti velja za vojno v Ukrajini.

Rusija hkrati stalno izvaja vojaške napade na kritično infrastrukturo Ukrajine. Pogoste prekinitve prenosa električne energije v Ukrajini so tudi posledica vojaških napadov na ukrajinske jedrske elektrarne, poškodbe jezua Kakhovka (junij 2023) na Dnjepru pa bi lahko ogrozile oskrbe JE Zaporožje z rečno hladilno vodo za jedrske reaktorje (SIPRI Yearbook, 2024, 14).

Mark Jacobson (2021b, 116) poudarja, da gradnja jedrskega reaktorja za proizvodnjo energije v državi, ki do sedaj ni imela JE, povečuje tveganje razvoja jedrskega orožja. »Miroljubna« proizvodnja elektrike v JE lahko po procesu skrivnega bogatenja urana (skupaj s plutonijem) omogoča tudi izdelavo jedrskega orožja za množično uničevanje. »Miroljubni« in vojaški atom sta tako rekoč siamska dvojčka; dokler bodo delovale jedrske elektrarne oziroma jedrski reaktorji za proizvodnjo elektrike, bo teoretično in praktično vedno ostajala možnost proizvodnje jedrskega orožja.

Plutonium nastane v vsakem jedrskem reaktorju, kjer se kot jedrsko gorivo uporablja uran. Ko uran-238 absorbira nevtron, nastane plutonij-239, ki lahko absorbira naslednji nevtron, tako nastane plutonij-240, plutonij-241 itn. (Pistner idr., 2021, 167). Jedrska fisija (cepitev) je torej jedrska reakcija, pri kateri težko jedrsko jedro (npr. urana) ob »bombardiranju« nevtronov v jedrskem reaktorju razpade v težke elemente, kot sta uran-235 ali plutonij-239, ob razpadu pa se sprošča veliko toplote (Jacobson, 2019, 4). Prva obsežnejša jedrska fisija se je razvila za vojaške potrebe med drugo svetovno vojno v t. i. projektu Manhattan ZDA, ki je vrh dosegel s prvo in drugo uničujočo eksplozijo jedrske bombe avgusta leta 1945 nad Hirošimo in Nagasakijem (Camilleri, 1984, 2, 3; Beck, 1994, 19). Junija leta 1954 pa je bil jedrski reaktor Obninsk (Rusija) prvi na svetu priključen na električno omrežje in začel proizvajati električno energijo za oskrbo gospodarstva in prebivalstva.

Plutonium (Pu-239) je umeten soproduct jedrskega kroga v jedrskih elektrarnah, ki ga nekatere države uporabljajo za izdelavo jedrskega orožja (Nuclear Power and ..., 2018). Po navedbah Petra Becka (1994, 48) ima plutonij (težka kovina, zelo kemijsko reaktivna, strupena in radioaktivna) sloves ene od najbolj nevarnih

substanc, ki jih pozna človeštvo. Plutonij nastaja v jedrskih reaktorjih iz urana (U-238), ob delovanju ima tipični jedrski reaktor z močjo 1000 MW v uranovem gorivu tudi nekaj 100 kg plutonija (Plutonium, 2018, 1). Ponovna raba izrabljenega jedrskega goriva omogoča kemično izdvojitev plutonija, ki je nastal kot stranski produkt v procesih fisije v jedrskih reaktorjih (Roche idr., 2019, 8; Plutonium, 2018, 1). Peter Beck (1994, 93) navaja okvirno oceno, da je v izrabljenem jedrskem gorivu okoli 1 % plutonija, iznos plutonija (15 tipov plutonija glede na število izotopov, med njimi je najpogostejši Pu-239, s 24.000-letno razpolovno dobo in 240.000 let dolgim obdobjem višje radioaktivnosti) v enoletnem delovanju jedrskega reaktorja z močjo 1000 MW pa naj bi znašal okoli 200 kg. Tudi Jeremy Rifkin (1989, 125) navaja, da jedrski reaktor letno proizvede 180–225 kg plutonija, kar zadostuje za izdelavo 40 jedrskih bomb. Za učinkovito jedrsko bombo zadostuje manj kot 10 kg plutonija, gradnja velikih in malih JE bi omogočila še večji dostop do temeljnega goriva za izdelavo jedrskega orožja »nepovabljenim«. Jedrska energija in jedrsko orožje sta dvojčka, ki si medsebojno zagotavljata nadaljnji obstoj (Jedrska energija ..., 2023, 52). Obenem velja podčrtati, da je v zemeljskem ozračju še vedno nekaj ton plutonija, ki je posledica testiranja jedrskih bomb v petdesetih in šestdesetih letih 20. stoletja (Palz, 2020, 40).

Svetovno jedrsko združenje (WNA) pa navaja, da je v izrabljenem jedrskem gorivu komercialnih jedrskih reaktorjev tipa LWR (lahkovodni reaktor) 1,15 % plutonija, največji delež ima izotop Pu-239 (53 %), glavni vir toplote in radioaktivnosti pa je izotop Pu-238 (2 %) (Plutonium, 2018, 2). Letni iznos plutonija ob enoletnem delovanju jedrskega reaktorja tipa LWR z močjo 1000 MW je po novejših podatkih WNA 290 kg (v letni količini 25 ton izrabljenega jedrskega goriva). Svetovne zaloge potencialno izločenega plutonija v izrabljenem jedrskem gorivu se ocenjujejo na okoli 520 ton, od tega je do 290 ton v civilnem (nevojaškem) skrbništvu. Po eni od ocen naj bi bilo za izdelavo jedrske bombe potrebnega zgolj okoli 8 kg plutonija (Roche idr., 2019, 26). *Po podatkih Svetovnega jedrskega združenja (WNA) je za izdelavo jedrske bombe (večje moči, kot je bila jedrska bomba, uporabljena za uničenje*

*Nagasaki*) potrebnega 10 kg skoraj čistega Pu-239, svetovne zaloge »civilnega« plutonija v izrabljenem jedrskem gorivu pa naj bi po teh ocenah znašale 260 ton (Plutonium, 2018, 5, 7).

»Civilno« delovanje jedrskih reaktorjev za proizvodnjo energije in obratov za bogatenje urana omogoča izdelavo plutonija ter s tem izdelavo jedrske bombe za množično uničenje, želeni celostni proces jedrske razorožitve brez prenehanja uporabe urana za proizvodnjo energije torej v resnici ne more biti uspešen. Svetovno jedrsko združenje opozarja na varnostno tveganje zaradi povečevanja števila držav, ki imajo obrate za bogatenje urana in lahko zato same izdelajo jedrsko orožje. V primeru, da navedene države ne spoštujejo mednarodne kontrole oziroma se ji izogibajo (izrecno se navaja zgolj Iran), potem je skrb še toliko večja (Uranium Enrichment, 2020). Na tesno povezanost in soodvisnost »vojaškega« ter »energetskega« atoma kaže tudi dejstvo, da se npr. v ZDA kot sekundarni vir urana za delovanje JE uporablja obogateni uran vojaškega jedrskega programa.

Tudi Mednarodni biro za mir iz Ženeve (IPB) opozarja na povezanost izdelave jedrskega orožja in proizvodnje električne energije v jedrskih elektrarnah, zato predlaga, da države uničijo jedrsko orožje in hkrati razgradijo jedrske elektrarne. Države sveta naj v državnih proračunih zmanjšajo vojaške izdatke in namesto tega še pravočasno zaščitijo planet. Tako Švedska (vse do leta 2024 nevtralna država) kot socialistična Jugoslavija (neuvrščena država) sta hoteli razviti svoje jedrsko orožje, zato sta potrebovali jedrske reaktorje tudi za proizvodnjo plutonija, vendar sta obe državi zaradi različnih razlogov pozneje odstopili od izdelave lastnega jedrskega orožja.

Jeremy Rifkin (2009, 489) navaja, da ni nobenega varnega »ognjenega zidu«, ki bi ločeval miroljubni atom urana za proizvodnjo električne energije od atoma urana za izdelavo jedrskih bomb. Znanje za izdelavo manjše jedrske bombe je postalo vse bolj dostopno, s tem pa se povečuje možnost, da jedrsko orožje pride v roke »lopovskih« držav, terorističnih skupin, motenih posameznikov (Rifkin, 2009, 487). V zadnjem obdobju so bili nad jedrskimi elektrarnami npr. v Franciji večkrat opaženi droni,

zaščita pred preleti pa ni bila mogoča, kar velja tudi za letalske nesreče (Lessons not Learned ..., 2021, 60). Abbott (2012, 26) sodi, da je sicer možnost vojaške izrabe jedrskega goriva različna glede na tipe jedrskih reaktorjev, a jedrsko gorivo in jedrske produkte je v vsakem primeru možno uporabiti za izdelavo t. i. umazane bombe. Po mnenju Rifkina (2009, 488) so za spopad s podnebnimi spremembami od JE primernejši OVE, najbolj pa ga skrbi povečanje možnosti, da bo prišlo do nove jedrske vojaške tekme in do neizogibne jedrske vojne. Tudi Wackernagel in Beyers (2019, 231) poudarjata nevarnosti vojaške izrabe jedrske energije za izdelavo »umazanih« bomb.

Mark Jacobson (2021a) poudarja, da je rast jedrske energije zgodovinsko povečevala zmožnost držav za pridobivanje plutonija oziroma obogatene urana za izdelavo jedrskega orožja (možnost skrivne bogatitve urana), kar je po njegovi navedbi dejansko prepoznalo tudi poročilo Medvladnega panela za podnebne spremembe (IPCC) iz leta 2014. Zoran Kus (2022b) navaja, da je francoski predsednik Emmanuel Macron v svojem javnem nastopu v francoskem jedrskem gigantu Framatome (ki zaposluje več kot 14.000 delavcev) leta 2021 podčrtal naslednje: *»Brez civilne jedrske industrije ni vojaške, in brez vojaške jedrske industrije ni civilne.«*

V letu 2023 je bilo na svetu več kot 50 vojaških spopadov, največ po padcu berlinskega zidu. Strokovnjaki od leta 1947 (po pobudi Alberta Einsteina in Roberta Oppenheimerja) objavljajo letna poročila o globalnih, zlasti jedrskih tveganjih (Doomsday Clock). V poročilu iz leta 2024 zaskrbljeno ugotavljajo, da je bil leta 2023 svet najbližje globalni apokalipsi. Vojna v Ukrajini je po njihovem mnenju nevarnost jedrske vojne še dodatno povečala, saj je Rusija zagrozila z uporabo jedrskega orožja in odstopa od mednarodnega sporazuma o zmanjševanju sodobnega jedrskega orožja (A Moment of Historic ..., 2024). Vojna v Ukrajini je po prepričanju sociologa Rudija Rizmana (2024) dober primer uveljavljanja globalnega nuklearnega reda, ki z atomskim zastraševanjem in deklarirano politiko neširjenja tega orožja ter z nikoli resno mišljenimi predlogi za njegovo odpravo dokazuje, kako je ta v resnici nepravilna. Številni jedrski strokovnjaki napovedu-

jejo najmanj 20-% verjetnost tretje, jedrske, svetovne vojne do leta 2070, ki bi civilizaciji zadala tak udarec, da si ta ne bi več opomogla. V vsakem primeru gre pri tem za tveganja, nesprejemljiva za človeštvo, ki terjajo novo razumevanje naše dobe in preobrat od dosedanjega pojmovanja sveta, zgodovine in vloge človeka (človeštva) v njej (Rizman, 2024).

Srečko Horvat (2023) navaja danes ponovno aktualno opozorilo nemškega filozofa in novinarja Güntherja Andersa, ki je kmalu po černobilski jedrski nesreči nagovoril več kot 1500 zdravstvenih delavcev na mednarodnem srečanju. Med drugim je jasno podčrtal, da je »razlikovanje med vojaško uporabo jedrske energije in njeno uporabo v miroljubne namene nesmiselno in zavajajoče« (Horvat, 2023, 104, 105). Mark Jacobson (2021b, 385) pa opozarja tudi na dejstvo, da je vojaška industrija velik porabnik energije in bi prav tako morala sodelovati pri trajnostnem energetskega prehodu z izključno rabo OVE.

Jedrske elektrarne kopičijo izrabljeno jedrsko gorivo, v katerem je tudi plutonij, temeljna surovina za izdelavo jedrskega orožja. Dokler bodo na svetu »miroljubne« jedrske elektrarne, bo obstajal tudi »nemiroljubni«, torej vojaški atom in s tem še okrepljena grožnja planetarno rušilne svetovne vojne.

## Manjši modularni jedrski reaktorji (SMR) in oplodni reaktorji - ohranjanje jedrskih tveganj

Manjši modularni jedrski reaktorji (SMR) omogočajo proizvodnjo električne energije in toplote s pomočjo jedrskih fisijskih reakcij, njihova moč pa je manjša od 300 MW (najnižja moč 1–10 MW) (The NEA Small Modular ..., 2024; Small Nuclear Power ..., 2024; Lyman, 2024). Tudi razvoj SMR je potekal vzporedno na vojaškem in civilnem polju, kar zlasti velja za ZDA in Rusijo. Sega v petdeseta leta 20. stoletja, razvijali so ga zlasti za omogočanje pogona jedrskih podmornic (Pistner idr., 2021, 24, 35). V zadnjih letih pa potekajo številne razprave o SMR zlasti kot možno uporabno sredstvo pri soočenju s podnebnimi spremembami in s tem povezanimi procesi razogljčenja, torej kot nadomestilo za rabo ogljičnih fosilnih goriv. Christoph Pistner in sodelavci (2024, 25) poudarjajo, da so motivi za razvoj SMR različni, predvsem energetski, industrijski, ekonomski, geopolitični in tudi vojaški. Večina držav, ki razvijajo SMR, s tem načrtno podpira tudi jedrske vojaške programe. Ocene o prihodnosti manjših modularnih jedrskih reaktorjev (SMR) so zelo različne, npr. letno poročilo svetovne jedrske industrije na osnovi ocene stanja v različnih državah (ZDA, Kanada, Rusija, Velika Britanija, Kitajska, Indija, Argentina ...) sodi, da so prvi znaki jasnega napredka tako glede tehnologije kot možnosti komercialne rabe (World Nuclear Industry ..., 2020, 29). Leta 2023 sta obratovala dva SMR, eden v Rusiji in eden na Kitajskem, na Japonskem je bil SMR na testiranju, v fazi gradnje pa so bili v Rusiji, na Kitajskem in v Argentini (The NEA Small Modular ..., 2024, 14). Markku Lehtonen (2024) navaja, da sta nujnost soočanja s podnebnimi spremembami in problem zagotavljanja energetske varnosti povečala legitimnost SMR, kar je sprožilo tudi politično podporo. Jedrska skupnost se je združila pod geslom, da ni poti do popolnega razogljčenja – brez jedrske energije (velike jedrske elektrarne in SMR). Na

svetovnem podnebnem srečanju v Dubaju leta 2023 (COP 28) je več kot 20 držav podpisalo deklaracijo o potrojitvi proizvodnje električne energije v jedrskih elektrarnah.

Agencija za jedrsko varnost OECD (NEA) ugotavlja tehnološki napredek pri četrti generaciji mikrojedrskih reaktorjev (SMR), ki naj bi predstavljali novo orodje za doseganje podnebne (razogljičenje) in energetske varnosti. Omogočili naj bi kritje naraščajočih potreb po električni energiji in hkrati tudi po toploti. Izziv pa predstavljata zlasti problematika odlaganja radioaktivnih odpadkov in tržna konkurenčnost proizvedene energije (The NEA Small Modular ..., 2024). Po nekaterih napovedih (Dubaj 2023) naj bi imeli pri proizvodnji elektrike pomembno vlogo tudi SMR, ki naj bi po nekaterih ocenah v tridesetih letih 21. stoletja (okoli leta 2035) dosegli komercialno konkurenčnost, njihova pomembna vloga pa naj bi bila tudi proizvodnja vodika. Po ambicioznem globalnem jedrskem scenariju naj bi bila moč velikih in malih jedrskih elektrarn leta 2050 1160 GW, v obdobju 2020–2050 naj bi omogočile izogib 87 gigatonam izpustov toplogrednih plinov (TGP) oziroma 20 % svetovnega »proračuna« ogljika. Jedrski strokovnjak Vladimir Radulović (2024) pa sodi, da je v dani časovnici nerealistično misliti na SMR, saj na svetu delujeta le dva (Rusija, Kitajska), dejansko so šele predmet raziskav. Od konceptov podjetij v ZDA, ki pripravljajo tržni model tovrstnih reaktorjev, ne obratuje še nobeden. Realno naj bi po mnenju Radulovića (2024) konec tridesetih oziroma v začetku štiridesetih let tega stoletja v praksi vedeli, kaj lahko dosežemo z njimi.

Posvetovalni svet evropskih akademij znanosti (EASAC) opozarja, da so sicer SMR v fazi razvoja, vendar ni prav verjetno, da bi v EU do njihove komercialne uporabe lahko prišlo pred letom 2035 ali morda 2040. EU pa se je odločila, da bo najpozneje do leta 2030 prenehala z uporabo premoga (The Future of ..., 2023, 19, 63). Strokovnjaki mednarodne nevladne organizacije NRDC (Natural Resource Defense Council) opozarjajo, da problematika SMR odpira več vprašanj kot odgovorov, saj naj bi bili SMR potencialno uporabni šele po daljšem časovnem obdobju, trenutno pa za sprejemanje odločitev o njihovi rabi ni dovolj realnih podatkov. Argumenti o tem,

da so SMR varnejši in cenejši, so trenutno zgolj teoretične narave. Državna vlaganja v razvoj SMR odtegujejo potrebna sredstva za tehnološki razvoj rabe OVE in za hranilnike energije, kjer je praktični napredek že viden, stroški za jedrske tehnologije pa še naprej naraščajo (Small Nuclear Reactors ..., 2023).

Po oceni strokovnjakov Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja (DIW) naj bi bile prihodnje generacije SMR finančno in ekonomsko nedonosne, tehnološko težko kontrolirane, s še večjim tveganjem glede vojaške izrabe (Wealer idr., 2019, 240). Tudi v primeru naklonjenih razmer je po mnenju strokovnjakov DIW težko za pričakovati, da bo elektrika iz SMR postala cenovno konkurenčna. Sodobni simulacijski modeli (*Monte Carlo Simulation*) kažejo, da naj bi se povprečni levelizirani stroški proizvedene elektrike iz SMR gibali med 213 in 581 dolarji/MWh. Cena elektrike iz SMR naj bi bila bistveno višja kot cena elektrike, proizvedene s pomočjo OVE, obenem pa se bo nadaljevala problematična proizvodnja visokoradioaktivnih odpadkov (Wimmers idr., 2023, 95). Tudi Mark Jacobson (2021a) opozarja, da bosta lahko gradnja in širjenje majhnih modularnih jedrskih reaktorjev povečala navedena tveganja. David Elliott (2020, 38) sodi, da so ekonomska in varnostna tveganja SMR v tem trenutku slabo poznana in ovrednotena, zaloge urana in s tem jedrsko gorivo pa omejena. Christoph Pistner in sodelavci (2021, 26) navajajo, da je cenovno potencialna proizvodnja v primerjavi z elektriko, proizvedeno s pomočjo OVE, nekonkurenčna. Ekonomija obsega naj bi postala učinkovita šele pri 3000 SMR. Pomemben razlog za razvoj SMR je pričakovanje, da bodo njihovo načrtovanje in gradnja, pa tudi razgradnja kratki. Vendar evalvacija načrtovanih, trenutno grajenih in delujočih SMR kaže nasprotno, navadno so originalni časovni roki nekajkrat prekoračeni (Pistner idr., 2021, 26, 27).

Zoran Kus (2022c) navaja, da naj bi bili celotni stroški za male modularne reaktorje (SMR) glede na megavat moči vsaj dvakrat večji kot za velike jedrske reaktorje (zaradi fiksnih in drugih, tudi varnostnih stroškov, ki so enaki kot za velike). Hkrati pa naj bi imeli SMR še številne druge, predvsem varnostno negativne elemente, zato je njihov morebitni komercialni prihod na trg čez 10 ali 15 let

(če sploh) malo verjeten. Eden od dodatnih problemov zagotavljanja jedrske varnosti je dejstvo, da je v SMR več jedrskih sredic (npr. 12). V nekaterih tehnoloških inačicah razvoja SMR se zaradi zelene večje proizvodnje elektrike pojavljajo načrti z uporabo bolj obogatene urana (do 20 %). Vendar se že pri več kot 12 % obogatenu uranu pojavlja veliko tveganje, da bi se jedrsko gorivo uporabilo za izdelavo jedrske bombe, kar prinaša dodatne varnostne in etične zadržke glede razvoja in rabe SMR.

Študija Green European Foundation navaja, da je napačno prepričanje, da naj bi bili SMR varni in skoraj brezplačni, zagotavljali pa naj bi oskrbo z elektriko in toploto v vseh regijah sveta (Jedrska energija ..., 2023, 18). V svetu obratuje SMR (35 MW), ki kot manjša plavajoča jedrska elektrarna z električno energijo oskrbuje sibirsko mesto Pevek. Gradnja je trajala več kot deset let, kot gorivo se uporablja uran (hlajenje z vodo) ogromni stroški proizvedene električne energije pa presegajo stroške velikih jedrskih reaktorjev. Preden bi bil pri SMR dosežen prag ekonomije obsega, bi bilo porabljenega ogromno gradbenega materiala, energije in goriva ter proizvedenih veliko radioaktivnih odpadkov. SMR teroristom odpira možnosti za pridobivanje materiala za izdelavo jedrskega orožja (Jedrska energija ..., 2023, 19). Podobno kot pri velikih jedrskih elektrarnah je treba tudi pri SMR razen za zunanja jedrska tveganja poskrbeti za vse tri temeljne, zahtevne funkcije zagotavljanja notranje jedrske varnosti, ki pa so zaradi manjše moči SMR nekoliko bolj obvladljive (Pistner idr., 2021, 28): skrb za radioaktivne materiale, kontrola jedrskih reakcij in hlajenje jedrskega goriva. Za hlajenje jedrskega goriva naj bi se uporabljala voda, pa tudi helij in druge snovi (Lyman, 2024).

Po svetu je več podjetij (v ZDA, Kanadi, Veliki Britaniji, Franciji in na Kitajskem), ki raziskujejo možnosti proizvodnje električne energije s SMR. Uvodoma je obstajalo veliko upanje, da bo v zelo kratkem obdobju prišlo do obsežne in hitre gradnje v urbanih okoljih, kar bi omogočilo večjo (so)proizvodnjo tako električne energije kot uporabne toplote za ogrevanje in hlajenje. V Time Magazineu je bilo ameriško podjetje NuScale zaradi napredka pri tehnološkem razvoju malih modularnih reaktorjev uvrščeno med najbolj obe-

tavna podjetja v letu 2022. Reaktorji oziroma male JE naj bi bile varnejše in cenejše. Markku Lehtonen (2024) navaja, da so SMR v jedrski skupnosti sprožili velika pričakovanja, vendar so se ta v zadnjem obdobju soočila z naraščajočimi tveganji. Zagovornike jedrske energije je namreč najprej razveselila napoved, da naj bi v ameriški zvezni državi Idaho prva mala JE (77 MW, velikost minireaktorja: širina 2,7 m, višina 20 m) začela obratovati leta 2029. V času predsedovanja Donalda Trumpa je ameriška vlada podprla projekt v Idahu z 1,4 milijarde dolarjev (Menn, 2023). Zgolj eno leto pozneje pa je bilo sporočeno, da načrtovana mala JE sploh ne bo zgrajena. Leta 2023 je bila osrednja novica glede usode SMR odločitev NuScale Power, da kljub astronomskim subvencijam ameriške vlade (4 milijarde dolarjev) odstopa od gradnje SMR. Podjetje se je namesto pred pričakovanim zagonom prvega majhnega jedrskega reaktorja znašlo tik pred bankrotom (Green, 2024).

Projektne partner Utah Associated Municipal Power Systems se je odločil, da se bo namesto na gradnjo male JE osredotočil na gradnjo vetrnih in sončnih elektrarn ter razvoj baterij za shranjevanje energije. Stroški gradnje načrtovanega projekta SMR v Idahu so se zlasti zaradi višjih cen materialov šokantno povečali, in sicer za 75 % oziroma na 9,3 milijarde dolarjev. Tako naj bi cena proizvedene električne energije iz SMR namesto načrtovanih 55 dolarjev/MWh znašala 89 dolarjev/MWh. V navedeni ceni pa so že vštete državne subvencije v višini 4 milijarde dolarjev, kar pomeni, da bi bila dejanska cena proizvedene elektrike še bistveno višja, torej s tržnega vidika bistveno previsoka. Inštitut za energetska ekonomiko in finančne analize sodi, da je jedrski reaktor podjetja NuScale za potrebni energetski prehod predrag, prepozen, rizičen in premalo zanesljiv. Električna energija, proizvedena v sončnih elektrarnah, je skupaj s ceno hranilnikov energije bistveno cenejša (45 dolarjev/MWh), cena pa se še naprej znižuje (Menn, 2023). Jedrski strokovnjak Ramana je ugotovil, da je gradnja 175 od 180 raziskanih jedrskih projektov trajala v povprečju 64 % dlje, kot je bilo načrtovano, skupni stroški gradnje pa so bili v povprečju za 117 % višji od načrtovanih. Pri novih projektih so zamude še daljše, stroški pa večji.

Po napovedih naj bi v SMR nastalo manj radioaktivnih odpadkov na enoto proizvedene električne energije. Ena od raziskav univerze v Stanfordu pa je pokazala ravno nasprotno. Večina SMR naj bi po njihovih ugotovitvah prostornino radioaktivnih odpadkov povečala za faktor od 2 pa vse do 30 v primerjavi s klasičnimi velikimi JE oziroma glede na enoto moči (Krall, 2021; Stanford-led Research Finds ..., 2022). Tako obsežno povečanje radioaktivnih odpadkov naj bi bilo posledica tega, da naj bi se v SMR sproščalo več nevtronov, ki naj bi jeklene sestavine radioaktivno kontaminirali. Prisotna je tudi bojazen, da bi po svetu namesto nekaj sto v prihodnosti obstajalo več tisoč SMR, kar bi povečalo verjetnost jedrskih nesreč (Menn, 2023). Nekateri strokovnjaki opozarjajo tudi na dolgoročno problematiko radioaktivnega sevanja izrabljenega jedrskega goriva. Tudi po 10.000 letih naj bi bila toksičnost plutonija v izrabljenem gorivu iz SMR na enoto energije za najmanj 50 % višja kot pri plutoniju iz izrabljenega jedrskega goriva konvencionalnih (večjih) jedrskih reaktorjev (Stanford-led Research Finds ..., 2022).

Edwin Lyman (2024), direktor organizacije Nuclear Power Safety, nasprotuje gradnji SMR zlasti zaradi naslednjih temeljnih razlogov, ki jih njihovi zagovorniki želijo zamolčati:

1. *SMR niso bolj ekonomični kot veliki jedrski reaktorji oziroma velike JE* – ob upoštevanju vseh stroškov (stroški kapitala, obratovanja, vzdrževanja, goriva in drugi stroški) je cena proizvedene kWh v SMR dražja od proizvodnje v velikih JE. Opuščeni projekt NuScale s šestimi SMR (skupna moč – 460 MW) naj bi po oceni zahteval 20.000 dolarjev/kW, kar je še več kot so aktualni (visoki) stroški na kilovatt za veliki jedrski reaktor Vogtle (15.000 kW). Prvi SMR bodo zelo dragi, zahtevali bodo velike državne subvencije. Levelizirani stroški elektrike iz SMR (projekt NuScale) so bili ocenjeni na 119 dolarjev/MWh (brez upoštevanja državnih subvencij), za elektriko iz vetrnih in sončnih elektrarn pa na manj kot 40 dolarjev/MWh. Po ocenah naj bi bila elektrika, proizvedena v mikro SMR, trikrat dražja kot v velikih SMR.

2. *SMR niso bolj varni kot veliki jedrski reaktorji JE* – velja prepričanje, da so manjši SMR zaradi manjše količine jedrskega goriva varnejši od večjih reaktorjev; vendar obstaja bojazen, da bodo varnostni mehanizmi in število usposobljenih oseb za vzdrževanje jedrske varnosti SMR (npr. pred terorističnimi napadi) zmanjšani. SMR naj bi bili postavljeni tudi v gosteje poseljenih mestnih območjih, kar bi povečalo število prebivalcev, ki bi jih bilo treba ob jedrski nesreči hitro izseliti.
3. *SMR ne zmanjšujejo problemov varnega ravnanja in skladiščenja radioaktivnih odpadkov* – količina radioaktivnih odpadkov v SMR je seveda manjša kot v večjih jedrskih reaktorjih, vendar je gostota fisijskih produktov v iztrošenem jedrskem gorivu enaka, kar velja tudi za proizvedeno toploto ob njihovem razpadanju. Vsaka skupnost, ki naj bi se odločila za gradnjo SMR, bo seveda daljše časovno obdobje morala skrbeti za skladiščenje radioaktivnih odpadkov.

SMR za proizvodnjo elektrike zahtevajo v primerjavi s standardnimi, večjimi jedrskimi reaktorji več finančnih sredstev na instalirano zmogljivost oziroma na enoto proizvedene električne energije, zato je prisoten trend povečevanja moči SMR zaradi vloge ekonomije obsega. Vendar tudi po povečanju moči SMR ostaja problem neekonomičnosti, kar se je potrdilo v primeru NuScale, kjer so se stroški ocenili na okoli 20.000 dolarjev/kW instalirane moči (The World Nuclear Industry ..., 2023, 333). Poudariti velja, da praktično vsi vzorčni primeri tehnološkega razvoja SMR potekajo s pomočjo velikih javnih sredstev.

*Jedrski industrija v obdobju določenega nezaupanja javnosti do civilnega, »miroljubnega« atoma in klasičnih, velikih jedrskih reaktorjev postavlja v ospredje še drugo, podobno novo tržno nišo – pridobivanje električne energije v manjših, t. i. oplodnih reaktorjih (breeding reactors), ki trenutno posamično delujejo v Rusiji, Indiji, na Kitajskem in Japonskem, ne pa tudi npr. v »jedrskih« ZDA, Franciji, Veliki Britaniji (Understanding the Advantages and ..., 2018). Proizvajajo več jedrskega goriva, kot ga potem uporabijo ob*

obratovanju, zato se tudi imenujejo oplodni reaktorji (Working Principle of ..., 2018; Understanding the Advantages and ..., 2018). Tudi v oplodnih reaktorjih se kot gorivo uporablja uran, a namesto izotopa uran-235 (U-235), katerega delež v uranu je zgolj 0,72 %, se uporablja izotop uran-238 (U-238), ki sestavlja 99,28 % urana. Proizvodnja toplote in s tem električne energije je zato ob razcep-ljanju atomov v oplodnih reaktorjih zelo učinkovita.

Ob jedrskih reakcijah v oplodnih reaktorjih (po »bombardi-ranju« z nevtroni se spremenijo jedra atomov urana) se najprej izotop U-238 spremeni v izotop U-239, potem v neptunij-239 (Np-239), ki proizvede veliko energije, nato se po dveh do treh dneh dokončno preoblikuje v plutonij-239 (Pu-239), gorivo pa je v oplodnem reaktorju v celoti obnovljeno, »oplojeno«. Oplodni jedrski reaktor ima veliko prednost, saj ustvari 30 % več goriva, kot ga porabi, ob jedrskih reakcijah namreč prihaja do aktiviranja pred tem neaktivnih izotopov. Po uvodnem vnosu obogatenga urana reaktor zato potrebuje zgolj občasni vnos stabilnega urana, ki se po jedrskih reakcijah pretvori v gorivo.

Oplodni reaktorji lahko kot gorivo uporabljajo visokoradi-oaktivne odpadke oziroma izrabljeno jedrsko gorivo JE, pa tudi uran iz jedrskega orožja; količina urana-238 je bistveno večja kot urana-235, zato je tudi cenejši. Ob sami proizvodnji elektrike ne prihaja do onesnaževanja zraka, ki pa je seveda prisotno v rudnikih urana in pri obdelavi uranove rude. Vendar spremljajo proizvo-dnjo elektrike v oplodnih reaktorjih tudi številne pomanjkljivosti in tveganja (po mnenju pisca bistveno presegajo prednosti), zlasti (Understanding the Advantages and ..., 2018):

- uporaba visokoobogatenga goriva, ki predstavlja nevarnost nesreč, oplodni jedrski reaktorji delujejo pri zelo visokih temperaturah;
- plutonij ostaja v okolju izjemno dolgo, saj je njegova razpolovna doba 24.000 let, je izjemno strupen, ob vdihavanju povzroča pljučnega raka celo ob zelo majhni količini;
- plutonij je »idealno« gorivo za izdelavo jedrskega orožja, zato je prisotno tveganje njegove kraje ali pa teroristične sabotaže;

- gradnja in delovanje oplodnih reaktorjev sta zelo draga;
- dolgotrajno skladiščenje radioaktivnih odpadkov, ki vsebujejo plutonij, je prav tako izjemno drago;
- delovanje oplodnih reaktorjev je zelo kompleksno, že drobna napaka lahko povzroči veliko varnostno tveganje.

Jedrsko fisijo in s tem proizvodnjo toplote ter pozneje električne energije pa omogočajo tudi jedrski reaktorji, ki kot jedrsko gorivo uporabljajo v primerjavi z uranom v naravi bolj razširjen in šibko radioaktiven kemijski element torij (Th). Torijevi jedrski reaktorji proizvajajo manjše količine radioaktivnih odpadkov, njihova radioaktivnost se v primerjavi z uranom hitreje zmanjšuje, rudniki torija pa povzročajo manjše okoljske pritiske kot rudniki urana. Vendar so na drugi strani investicije za izgradnjo torijevih jedrskih reaktorjev zelo visoke, potrebno je zahtevno in obsežno testiranje in analize, temperaturni prag taljenja torijevega oksida je bistveno višji kot pri uranovem oksidu, obenem pa lahko nastanejo večje emisije žarkov gama (Major Pros and ..., 2018). Torijevi jedrski reaktorji so trenutno v fazi raziskovanja, verjetno največji napredek beleži Kitajska, saj v puščavi Gobi deluje tudi poskusni torijev jedrski reaktor. Ti reaktorji omogočajo proizvodnjo energije, ne pa izdelavo jedrskega orožja, kar je verjetno pomemben geopolitični razlog za njihovo stransko vlogo.

*Vaclav Smil (2018, 438) opozarja na velike neuresničene obljube iz sedemdesetih let prejšnjega stoletja o ključni energetske vlogi jedrske energije, prav tako se v obdobju ene generacije človeštvo ni približalo praktični rabi po večini ocen čistejše, brezogljične in potencialno zelo obsežne jedrske fuzije (zlivanje jeder). V južni Provansi so v okviru obsežnega projekta »Iter« konec julija 2020 začeli sestavljati največji fuzijski reaktor na svetu – na svetu jih je okoli 50. Namen eksperimentalnega reaktorja, ki ga sestavljajo v okviru obsežnega mednarodnega projekta, bo preučevati postopek pridobivanja elektrike v fuzijski elektrarni z nadzorovanim zlivanjem, združenjem vodikovih atomskih jeder (iz lažjega vodika v težji helij, ob sproščanju ogromne količine energije) kot industrijske možnosti pridobivanja energije, s čimer bi posnemali postopek na-*

stajanja energije Sonca pri izjemno visokih temperaturah. Gorivo za fuzijsko elektrarno je v osnovi vodik oziroma njegovi izotopi (devterij in tritij), ki jih je dovolj v morjih in oceanih. Vodikov izotop devterij, ki je ključen za fuzijsko reakcijo, je v morski vodi v velikih količinah. Zaradi tehnološke zahtevnosti in okoljske negotovosti glede trenutno še neugotovljenih možnih posledic bo v primeru ugodnih rezultatov jedrska fuzija lahko postala pomemben energetski vir šele v drugi polovici 21. stoletja, zato se ne upošteva pri energetskih scenarijih prve polovice 21. stoletja. Hiroshi Komiyama in Steven Kraines (2008, 98) sodita, da jedrska fuzija po vsej verjetnosti v 21. stoletju ne bo postala uporaben vir energije. Posvetovalni svet evropskih akademij znanosti (EASAC) poleg napredka raziskav in uporabe zelenega vodika pozitivno ocenjuje tudi raziskave in razvoj na področju jedrske fuzije, zlasti program Iter, vendar se proizvodnja elektrike ne pričakuje pred letom 2050 (The Future of ..., 2023, 19). Evropski Zeleni pa so Iter označili kot projekt, ki odvrta pomembna finančna sredstva od OVE. Med drugim razen energetske učinkovitosti opozarjajo še na probleme ustreznih materialov za izdelavo vakuumske posode, ki mora vzdržati zelo visoke temperature plazme (150 milijonov stopinj Celzija) in dodatno bombardiranje z nevtroni (Jedrska energija ..., 2023, 36).

## Jedrska energija in energetska demokracija

T. i. energetska demokracija poudarja, da morajo imeti ljudje na razpolago družbene mehanizme, ki jim omogočajo demokratično sodelovanje in kontrolo glede oskrbe z energijo (Becker idr., 2021, 107). To še posebej velja pri vprašanih problematičnih, torej rizičnih tehnologij, kot je npr. jedrska tehnologija, kjer več ne zadostuje samo premislek o njeni vlogi pri napredku družbe, temveč o vseh njenih širših posledicah (Lukšič, 2001). Andrej Detela (2013) opozarja, da žal ne živimo v času, ki bi bil naklonjen odprtemu iskanju novih uvidov, saj so centri preživelih družbenih moči močni in na vse načine zavirajo nujno potrebne spremembe. Dogma o nevtralnosti naravoslovne znanosti je po njegovi sodbi samo dokaz za nevarno sprenevedanje. Nobena etična dejavnost ne more biti nevtralna in to naj bi veljalo tudi za naravoslovje (Detela, 2013, 260).

Andrej Lukšič (2009, 538) poudarja tudi pomen referendumov kot enega od mehanizmov neposredne demokracije v modernih kapitalističnih državah; vendar hkrati opozarja, da tudi taka oblika demokracije ni sposobna vzpostaviti trajnih vezi med vladanimi in vladajočimi, saj gre za redukcijo javnih razprav samo na referendumske alternative. Seveda je temeljni pogoj odprtih javnih razprav enakopravnost v predstavitvi razlogov za ali proti o vsebinah referendumskega odločanja, npr. za ali proti gradnji nove JĚ.

Po mnenju Amande Machin (2020) je problematika jedrske energije eno od polj trajnostne demokratične neskladnosti v obdobju antropocena. Jedrska fisija je namreč zelo pomembna človekova dejavnost v obdobju antropocena, kjer je zelo težko ločiti energetske in vojaško stranice rabe jedrske energije. Nasprotniki jedrske energije (npr. Greenpeace, zelene politične stranke) poudarjajo, da jedrske elektrarne simbolizirajo veliko koncentracijo ekonomske in politične moči, centralizacijo, atomizacijo in ur-

banizacijo. Jedrska energija je v razliko od rabe decentraliziranih OVE po njihovi sodbi zasnovana na energetske kulturi, ki je netransparentna in omogoča nedemokratično sprejemanje odločitev (Machin, 2020, 289). Raba npr. decentralizirane sončne in vetrne energije obenem dosedanje potrošnike spreminja v vse bolj neodvisne posamezne ali skupnostne proizvajalce električne energije za lastne potrebe, ki morebitne presežke elektrike lahko posredujejo v električno omrežje, kar brez dvoma krepi njihovo energetske in s tem tudi politično neodvisnost.

Biokemik in okoljski specialist za problematiko jedrske energije Jan Haverkamp (2021) ob aktualizaciji ene od temeljnih energetske dileme Evrope na vprašanje, ali je jedrska energija trajnostna in zeleni gradnik taksonomije trajnostnih dejavnosti, odgovarja s 26 kriteriji jasno in nedvoumno – jedrska energija ne zadovoljuje vrste temeljnih trajnostnih (okoljskih, tehničnih, ekonomskih, družbenih in političnih) kriterijev. Med političnimi trajnostnimi kriteriji Haverkamp (2021) izpostavlja velik politični vpliv jedrskega lobija (energetskega in vojaškega), gradnja novih JE bi njihov vpliv seveda še povečala. Raba decentraliziranih OVE ne omogoča zgostitve političnega vpliva in izključuje vojaško moč. Obenem izpostavlja, da je uspešnost projektov rabe OVE tesno odvisna od možnosti pravočasnega in širokega javnega odločanja. Pisec izhaja iz temeljnega izhodišča, da je treba politično odločitev o usodi jedrske energije, npr. o (ne)gradnji nove JE, demokratično najširše sprejeti na državnem referendumu, rezultati referenduma pa bi morali biti (npr. po zgledu Švice) zakonsko obvezujoči. Temeljni predpogoj za korektno referendumske odločanje pa je po mnenju pisca predhodna, večplastna in enakopravna (za zagovornike in nasprotnike jedrske energije) široka, strpna in strokovno argumentirana javna razprava. Izpostaviti velja veliko vlogo sredstev javnega obveščanja ter odgovornost novinark in novinarjev, kjer pa so zaradi velikih sredstev jedrskega gospodarstva za oglaševanje v medijih nasprotniki jedrske energije v podrejenem položaju. Podobno velja za raziskave, kjer so prav tako institucije in strokovnjaki, ki ne zagovarjajo jedrske energije, finančno v podrejenem položaju. Andrej Detela (2013, 394) sodi,

da so množični mediji žal skoraj vsi podrejeni kapitalskim interesom ter zato ne morejo izpolnjevati svojega temeljnega poslanstva po širjenju objektivnih in kritičnih informacij.

V primeru katastrofalne jedrske nesreče (izkušnje nesreče v JE Černobil) sežejo radioaktivne posledice poškodovane jedrske elektrarne tudi čez državne meje, zato imajo tudi prebivalci sosednjih držav pravico, da se vključijo v postopke odločanja npr. o (ne)gradnji jedrske elektrarne. Duvic-Paoli in Lueger (2022) ugotavljata, da so vlade, lokalne skupnosti in organizacije civilne družbe postale upravičeno bolj glasne v zvezi z domačimi in čezmejnimi tveganji, ki jih jedrske elektrarne predstavljajo za zdravje in okolje.

Johns (2015) in Klein (2019) sodita, da smo v začetnem obdobju energetske revolucije, energetska prihodnost pa vidita v rabi lokalnih OVE, ki so v lasti in upravljanju ljudi, v lasti lokalnih skupnosti (energetske zadruga) in mest, v decentralizirani, pravičnejši in demokratični zasnovi energetskega sistema. Zagovarjata t. i. energetske sisteme skupnosti (npr. elektrarne v lasti skupnosti, mest), torej razvoj novih razmerij v oskrbi z energijo v okviru lokalnih skupnosti, ki naj bi uporabljale doma proizvedeno obnovljivo energijo, denar od porabljene energije bi torej ostal v okviru skupnosti. Sistem decentralizirane, regionalne proizvodnje »zelene« energije iz domačih OVE v skupni, združni lasti ustvarja množico zelenih delovnih mest v vseh pokrajinah. V Evropi je okoli 2 milijona ljudi že vključeno v delovanje več tisoč energetske skupnosti. Evropska podnebna fundacija (ECF) poudarja vlogo energetske skupnosti, ki krajanom, manjšim podjetnikom in lokalnim organizacijam omogoča nadzor proizvodnje energije iz domačih OVE in koristi zaradi nižje cene energije, možnosti lokalnega investiranja in večje energetske neodvisnosti (A Growing European ..., 2024). Koncept energetske skupnosti (npr. za rabo sončne in vetrne energije, daljinsko ogrevanje itn.) demokratizira energetskega sistema, koristi prehoda k čisti energiji ostanejo v lokalni skupnosti, hkrati pa prispevajo k blaženju podnebnih sprememb.

Leta 2012 je bilo v sektorju OVE na svetu 7,3 milijona delovnih mest (neposredna in posredna delovna mesta), leta 2021 12,7 milijona, leta 2022 pa 13,7 milijona (največ na Kitajskem – okoli

tretjina), letna rast je bila 7,8 %. Največ zelenih delovnih mest v sektorju OVE (4,9 milijonov) je bilo povezanih z rabo sončne energije oziroma fotofoltaike, delež žensk med zaposlenimi je bil 40 % (Renewable Energy and ..., 2023). Sektor OVE je glede zaposlovanja tudi v EU eden od najhitreje rastočih, kar se naj bi nadaljevalo tudi v prihodnjih desetletjih. V obdobju 2017 – 2022 se je zaposlitev v navedenem sektorju v EU vsako leto število delovnih mest povečalo za 4,6 %. V sektorju obnovljive energije je bilo leta 2022 15 % več delovnih mest kot leta 2021, v EU je bilo skupno zaposlenih 1,7 milijona ljudi, največ na področju sončne in vetrne energije (State of the EU Progress ..., 2024, 165, 166).

Boštjan Kovačič (2023) upravičeno izpostavlja, da je vprašanje varovanja okolja, ekosistemov neposredno povezano z decentralizacijo, zato centralizirana jedrska energetika nima nič skupnega z demokracijo. Tomislav Tkalec in Andrej Lukšič (2015) poudarjata, da trajnostna energetska tranzicija (prehod k OVE in energetske učinkovitosti) zagovarja prehod od okoljsko in družbeno spornih virov energije k OVE, kar obenem pomeni tudi prehod od velikih centraliziranih proizvodnih enot (večinoma temelječih na fosilni in jedrski energiji) k manjšim, razpršenim proizvodnim enotam. Ta proces decentralizacije inherentno privede do demokratizacije energetskega sektorja, saj velika energetska podjetja izgubljajo svojo moč in pozicijo v energetske politični areni, kjer začne nastajati množica mrežno povezanih manjših akterjev. Raziskovalni novinar Borut Mekina (2024) navaja mnenje nemškega filozofa Petra Sloterdijka, ki jedrskim elektrarnam nasprotuje, ker naj bi bila jedrska energija pogoj za močno državo. Opozarja, da je npr. v Franciji velika energetska družba EDF država v državi, nihče pa ne more postati njen predsednik, če ni v dobrih odnosih s tamkajšnjim elektroenergetskim sistemom. Po njegovem mnenju je od jedrske energije do diktature samo korak.

*Po mnenju Naomi Klein (2014, 114) je najbolj učinkovit in demokratičen lastniški model v številnih primerih lastništvo lokalnih skupnosti, občanov – vlagateljev, kmetov, različnih kooperativnih skupnosti. Rifkin (2015, 232) kot ključno značilnost zadrug poudarja, da za razliko od zasebnih podjetij niso namenjene pri-*

dobivanju dobička, temveč delovanju v skupnostih, poganja jih torej sodelovanje, zadovoljevanje skupnih potreb, širše socialne zaveze, ne pa skoraj izključno ozki, osebni ekonomski interesi. Na tisoče zadrug za zeleno energijo in elektriko se pojavlja v različnih oblikah skupnosti po vsem svetu in iz ljudstva ustvarja ekonomske temelje za skupno rabo elektrike po regionalnih in celinskih daljnovodih (Rifkin, 2015, 236). Tako je polovica nemških objektov proizvodnje obnovljive energije (vetrne, sončne elektrarne itn.) v lastništvu kmetov, lokalnih skupnosti, različnih zadrug. Na Danskem je 85 % vetrnih elektrarn last posameznih kmetov, lokalnih skupnosti, različnih kooperativ, kar med drugim pomembno zmanjšuje pomen sindroma zavračanja – »ne na mojem dvorišču« (Klein, 2014, 115). Internetna tehnologija in decentralizirani OVE se že začenjajo spajati v energetske internete, ki bo po mnenju Rifkina (2015, 92) popolnoma spremenil način proizvodnje in distribucije elektrike v družbi. V prihajajoči dobi bo namreč stotine milijonov ljudi v svojih domovih, pisarnah in tovarnah proizvajalo lastno obnovljivo energijo (avtonomnost) in si med seboj delilo zeleno elektriko na energetskem internetu, tako kot danes ustvarjamo in si delimo informacije na spletu.

## **JEK2 - korak stran od demokracije**

Novinar Borut Mekina (2024) opozarja na neverjetno močan elektroenergetski lobi, ki v Sloveniji odloča o veliki večini političnih vprašanj. Pri tem nima v mislih le predsednika vlade Roberta Goloba, temveč vse druge naveze politikov (iz Gibanja Svoboda, SDS in SD), ki so zrastle iz t. i. šaleškega in krškega elektroenergetskega lobija. Elektroenergetiki zaradi svojega vpliva že danes odločajo tudi o medijski politiki, saj so elektroenergetska podjetja glavni oglaševalci. Ob načrtovani gradnji JEK2 (v celoti naj bi stala več kot 15 milijard evrov) bo demografsko in finančno majhna država podrejena tej velikanski interesni spregi, s katero že do sedaj Slovenija ni imela dobrih izkušenj. Zaradi velike naložbe so prisotna tudi ogromna korupcijska tveganja, učinki za družbeni razvoj Slovenije bodo v vsakem primeru veliki. Mekina (2024)

je zaradi vseh navedenih razlogov in avtokratskih tveganj proti novi nuklearni.

Franco Juri (2024), ki zaradi številnih tehtnih razlogov nasprotuje gradnji JEK2, opozarja na parlamentarno politično jedrsko enotumje (SDS, SD, Svoboda in Nova Slovenija, nasprotovanje Levice in zunajparlamentarne Vesne) pri podpori rokohitskega posvetovalnega referenduma (november 2024). Javnost namreč ne bo seznanjena z vsemi podrobnostmi in tudi tveganji ter senčnimi platmi te »strateške« odločitve (podobno kot pri referendumu o Natu in pri gradnji TEŠ6). Treba je hiteti in strašiti javnost npr. z mrzlimi zimami brez ogrevanja ...

Novinarka Monika Weiss (2024b) opozarja, da točen datum referenduma o JEK2 še ni določen (november 2024), vendar je promocijska kampanja Gen energije (terenske predstavitve projekta, posebna spletna stran, promocijski videi itn.) pred formalnim začetkom referendumске kampanje že v polnem teku, vlada Roberta Goloba pa še vedno zavrača civilni nadzor nad projektom. Vlada že več kot pol leta ignorira številne zahteve nevladnih organizacij, da bi se v delovno skupino za koordinacijo pripravljanih aktivnosti pri projektu JEK2 vključili predstavniki okoljskih in drugih organizacij ter bi se vsaj tako vzpostavil javni nadzor projekta. Weiss (2024b) navaja, da vlada v koalicijski pogodbi civilni strani obljublja "sistematično vključevanje v procese odločanja". Maja 2024 je Gen energija namenila 8000 evrov donacije Društvu jedrskih strokovnjakov in še 4000 evrov sponzorskih sredstev.

# Jedrska energija in trajnostna, varna, medgeneracijsko pravična energetska prihodnost

Snovalci alternativnih, globinsko trajnostnih energetskega scenarijev sodijo, da je treba zlasti zaradi preseženih samočistilnih zmogljivosti okolja (zlasti ozračja) v bogatih državah za 70–90 % oziroma za faktor 4–5 zmanjšati porabo primarne energije (v industriji, prometu, zgradbah, storitvah in gospodinjstvih) in hkrati preiti na rabo decentraliziranih obnovljivih virov energije (Weizsäcker idr., 2009). Alejandro Pedregal in Juan Bordera (2022) navajata radikalno prepričanje Nobelovega nagrajenca Georgia Parisija, da je trajna rast BDP nezdržljiva z bitko s podnebnimi spremembami. Brez izdatnega zmanjšanja porabe energije (najprej in izdatno v bogatih državah) ne bodo trajno uspešne še tako dobre visokotehnološke rešitve, zelo obsežna raba OVE pa bo povzročila velike negativne posege v prostor in okolje (Pedregal in Bordera, 2022). Strateška razvojno-okoljska odločitev za sonaravno energetska pot je zlasti za bogate države (vključno s Slovenijo) odločitev za postopno uveljavljanje modela gospodarske odrasti in zmerne materialne blaginje v okviru nosilnosti okolja ter omejenih premoženjsko-dohodkovnih in regionalnih razlik (Plut, 2016, 2023). Sonaravno vizijo energetike (in s tem celotne družbe) je možno dejansko uresničiti z vrednotnim (»dovolj namesto vedno več«, odgovornost do zanamcev) in razvojno-okoljskim prelomom (koncept odrasti), ekosistemskim plansko-tržnim pristopom in materialno, energetska zmernostjo, zadostnostjo – brezkompromisno znotraj nosilnosti okolja (Hille, 1998; Kallis idr., 2020; Plut, 2022). Poudariti velja, da se v kriznem civilizacijskem trenutku globalne prevlade nevarnih značilnosti »kapitalocena« jedrska in druga energetska tveganja prepletajo s podnebno krizo, vojnami, tektonsko družbeno neenakostjo. Zgolj sonaravna, trajnostna globalna energetika seveda ne bi rešila vseh razvojnih, okoljsko-podnebnih, varnostnih in socialnih problemov sodobnega sveta, pomenila pa bi zelo pomemben korak.

Temeljna naloga energetike naj bi po tradicionalnih scenarijih torej bila zanesljivo zagotavljanje vedno večjih skupnih količin energije, kar naj bi omogočila zlasti centralizirana, praviloma pasovna in okoljsko ter podnebno obremenjujoča proizvodnja energije iz fosilnih goriv, urana in vodnih virov (velike HE). Temeljna gradnika nizkoogljične in trajnostne sonaravne prihodnosti sveta pa sta v zelenih razmerah udejanjanja paradigme odrasti (najprej v bogatih in potratnih državah) ter zmernega blagostanja ljudi zmanjšanje porabe energije (negavati) in ekosistemsko skrajno pretehtana, sicer večja, vendar omejena raba domačih OVE. *Po mnenju zagovornic in zagovornikov negavatne energetike že sedaj obstajajo sodobne tehnologije za bistveno učinkovitejšo rabo energije (tudi za faktor 5–10) ter za široko rabo obnovljivih virov energije brez nevarnega ogrožanja okolja, ozračja* (Olesen idr., 2002; Lovins idr., 2007; Weizsäcker idr., 2009; Desha, 2014).

V obdobju do srede 21. stoletja je glede na razpoložljive OVE in najboljše razpoložljive energetske tehnologije torej možno pravsem prebivalkam in prebivalcem sveta brez rabe fosilnih goriv in brez jedrske energije omogočiti zadovoljivo in stabilno, količinsko omejeno, a za dostojno življenje vsekakor zadostno oskrbo z energijo. Preobrazba globalnega gospodarstva prek 80-% izboljšanja produktivnosti rabe virov po mnenju Cheryl Desha (2014) zahteva temeljito preoblikovanje kapitalizma, saj med drugim zahteva ne le radikalno izboljšanje produktivnosti, temveč tudi dosledno uveljavitev koncepta zadostnosti (»dovolj namesto vedno več«), najprej zlasti v surovinsko-energetsko visokopetrošnih razvitih državah. Amory Lovins (2022b) argumentirano poudarja, da so najcenejši negavati, torej privarčevana, zmanjšana poraba elektrike, zlasti s pomočjo pametnejšega oblikovanja in učinkovitejšimi tehnologijami. Raziskave v ZDA so torej že pred leti dokazale, da bi lahko bila raba elektrike do leta 2050 štirikrat bolj produktivna. Tudi v primeru 2,6-krat večje gospodarske rasti (in z vsemi električnimi avtomobili) do leta 2050 bi lahko v ZDA potrošili za četrtnino manj elektrike glede na rabo v letu 2010.

Po sodbi Rifkina (2009, 522) povezana energetska infrastrukturna mreža omogoča široko prerazporeditev decentralizirano

proizvedene električne energije, sedanji centralizirani tokovi energije (npr. nafte in njenih derivatov) pa po njegovi sodbi postajajo vse bolj zastareli. Nova doba postavlja podjetnike, občine in gospodinjstva v drugačen, dvojni položaj, v položaj proizvajalca in hkratnega potrošnika energije, smo torej v novem zgodovinskem obdobju »delitvene generacije« in demokratizacije energije.

*Po mnenju pisca je zaradi različnih dolgoročnih okoljskih, varnostnih, ekonomskih, etičnih in drugih razlogov jedrska energija nesprejemljiva energetska alternativa človeštva, številne negativne posledice njene proizvodnje bistveno prevladajo nad nekaterimi pozitivnimi. V sonaravni, bolj pravični in bolj solidarni, medgeneracijsko enakopravni družbi jedrska energija zaradi vrste različnih razlogov nima mesta. Energetska jedrska veriga se začne z rudnikom urana, nadaljuje z obrati za bogatenje urana, izdelavo jedrskih gorivnih celic in njihovo komercialno energetsko uporabo v jedrskih reaktorjih, zaključi se z izrabljenim jedrskim gorivom ter radioaktivnimi odpadki (Roche idr., 2019, 7). Strokovne in politične ocene o vlogi jedrske energije pri oskrbi svetovnega prebivalstva z energijo so si vse od začetka njene rabe zelo nasprotujoče. Na eni strani torej zagovorniki jedrske energije navajajo, da je razpoložljiva, varna, nizko- oziroma brezogljivična in cenovno dosegljiva oblika energije, ki naj bi postala eden od ključnih načinov oskrbe z energijo v 21. stoletju. Na drugi strani pa njeni nasprotniki opozarjajo zlasti na dolgoročno problematiko odlaganja radioaktivnih odpadkov, jedrske nesreče, možnosti vojaške uporabe plutonija, ki ga je mogoče izdvojiti iz izrabljenega jedrskega goriva jedrskih elektrarn, itn. (Beck, 1994; Roche idr., 2019). Obenem so tehnološke izboljšave bistveno znižale ceno proizvedene električne energije iz alternativnih obnovljivih virov energije, kot sta vetrna in sončna energija, njihova cena je postala konkurenčna proizvedeni električni energiji iz jedrskih elektrarn.*

Brez dvoma proizvodnja elektrike v JE (delež v skupni proizvodnji elektrike – pod 10 %) zmanjšuje globalne izpuste toplogrednega CO<sub>2</sub>, toda skupni nizkoogljivi prispevek vseh JE je dejansko omejen. Če bi električno energijo namesto v obstoječih JE proizvajali v TE na premog, bi bili letni izpusti toplogrednega CO<sub>2</sub>

večji za 2 milijardi ton – od okoli 35 milijard ton letnih svetovnih izpustov CO<sub>2</sub>. Navedena količina zmanjšanja izpustov CO<sub>2</sub> zaradi delovanja JE je enaka letni količini izpustov CO<sub>2</sub> Nemčije, Avstralije in Japonske skupaj (World Nuclear Performance Report, 2019, 29). Janez Penca (2020) pa upravičeno opozarja, da je treba pri ocenjevanju količine izpustov toplogrednih plinov upoštevati celotni jedrski krog, saj jedrska energija v vsakem koraku, razen cepitve atomov v jedrski elektrarni, sama porablja fosilna goriva.

Srečko Horvat (2023, 24) zaskrbljeno ugotavlja, da bi lahko jedrske katastrofe 20. stoletja postale dokaj majhna opomba k planetarnim jedrskim katastrofam, ki naj bi po njegovi sodbi v prihodnje sledile. Temu bi se lahko izognili v primeru, da bi obstajala politična volja oziroma transnacionalna in znotrajgeneracijska angažiranost za poteg zasilne zavore na vlakcu z imenom »napredek«. Krize zahtevajo takojšnjo, odločno kolektivno akcijo ter radikalno spremembo v našem razumevanju »napredka« in »rasti«. Horvat (2023, 25) zato meni, da je treba hkrati »izravnati krivulje« preteče jedrske (vključno z vojaško) in podnebne nevarnosti, smrtonosnega virusa, množičnega izumiranja, uničevanja planeta.

Andrej Detela (2013, 387) opozarja, da se vsaka energija nazadnje pretvori v najbolj entropično obliko, torej v odpadno toploto, kar seveda velja tudi za jedrsko energijo. V jedrskih reaktorjih izkoriščamo relativno majhno število razpadnih delcev, a vsak ima ogromno energijo in zato nastaja sevalna škoda. Ruska agresija na Ukrajino (24. februar 2022) je med drugim drastično in večplastno podčrtala geopolitično tveganost (pre)velike energetske uvozne odvisnosti EU od Rusije (vključno z uvozom jedrskega goriva), ukrajinske jedrske elektrarne pa izpostavila kot vojaške tarče, ki ogrožajo nacionalno in kontinentalno varnost.

V ceno električne energije iz JE niso v celoti vključene vse negativne okoljske posledice celotnega jedrskega kroga, prav tako cena elektrike ne vključuje medgeneracijskih stroškov tisočih generacij (skrajno nemoralno ravnanje sedanjih generacij, ki uporabljamo elektriko iz JE), ki seveda ne bodo imele več nobenih koristi od proizvedene električne energije, skrbeti pa bodo morale za radioaktivne odpadke, izrabljeno jedrsko gorivo. Tudi stroški

razgradnje posamične jedrske elektrarne oziroma jedrskega reaktorja po zaključku obratovanja so izjemno visoki, praviloma v višini dveh ali več milijard dolarjev. Stroški financiranja novih jedrskih reaktorjev, stroški upravljanja ter eventualnega trajnega skladiščenja izrabljenega jedrskega goriva in drugih radioaktivnih odpadkov naj bi se v prihodnje zaradi zaostrenih varnostnih standardov še povečevali. Obenem velja poudariti, da v tem trenutku ni države, ki bi imela kredibilne ocene vseh skupnih, večplastnih stroškov rabe jedrske energije, ki seveda vključujejo notranje in zunanje stroške v celotni jedrski verigi, pa tudi prihodnje (medgeneracijske) stroške stoletnega (tisočletnega) upravljanja in varovanja vseh jedrskih odpadkov.

Ponovno velja opozoriti tudi na dejstvo, da je treba pri opredeljevanju količine radioaktivnih odpadkov upoštevati celotno verigo pridobivanja električne energije v jedrskih elektrarnah. Priče smo navajanja številnih zagovornikov jedrske energije, ki glede na druge vire energije izpostavljajo samo majhno količino radioaktivnih odpadkov v jedrskih elektrarnah.; vendar izjemno velike količine radioaktivnih odpadkov nastajajo zlasti v rudnikih urana. Tako je npr. v opuščnem rudniku urana v Nigru (v bližini mesta Arlit) v obdobju obratovanja (upravljanje francoske družbe Orano) nastalo 20 milijonov ton radioaktivnih odpadkov. Po podatkih francoske neodvisne raziskovalne in informacijske komisije za radioaktivnost (CRIIRAD) je lokalno prebivalstvo izpostavljeno ravni radioaktivnosti (450.000 becquerelov na kilogram), ki je bistveno nad zdravstveno priporočljivimi mednarodnimi vrednostmi (French Uranium Mine ..., 2023). Agencija OECD za jedrsko energijo in Mednarodna agencija za energijo navajata, da v rudnikih urana nastanejo različni odpadki, vključno z velikimi količinami radioaktivne odpadne vode, kar zahteva številne remediacijske dejavnosti (Environmental Remediation ..., 2002, 9, 57).

Lovins (2019, 16) zaključuje, da »protitržna« jedrska energija npr. v ZDA ne more večno preprečevati zmage cenejših energetskih tekmovalcev, a lahko zadrži, odloži in zmanjša zaščito podnebja, saj prenaša več 10 milijard dolarjev obsežna letna sredstva davkoplačevalcev in potrošnikov k lastnikom JE. Državljeni, ki jih skrbita

podnebje in trg, naj bi bili pozorni ne le na ogljik, temveč tudi na vse stroške in čas. Celotno obdobje od načrtovanja do izgradnje nove JE traja v povprečju več kot deset let, kar pomeni, da nove JE ne morejo prispevati k nujnemu izdatnemu zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov EU-27 za 55 % do leta 2030. Na globalni ravni lahko k razogljičenju celo pospešena gradnja novih JE do konca tridesetih let 21. stoletja prispeva zgolj 10–20 % (Lovins, 2022b).

Organizacija Zelena Amerika zaradi izhoda iz podnebne krize zelo podpira zamenjavo fosilnih goriv (premog in zemeljski plin) za prihodnjo proizvodnjo električne energije, vendar poudarjajo, da bo celoten projekt zgrešen, če bo opuščena fosilna goriva nadomestil enako, vendar drugače nevaren vir energije – torej jedrska energija. Ta je sicer ogljično manj intenzivna, vendar prinaša še številna druga tveganja. Sončna, vetrna in geotermalna energija ter zlasti »agresivna« energetska učinkovitost so po njihovem mnenju čistejše, cenejše, hitrejše in varnejše podnebne rešitve, kot je jedrska energija (Ten Reasons to Oppose ..., 2021), ki na globalni ravni predstavlja samo okoli 5 % primarne energije, 10 % električne in 2 % končne energije (Uran Atlas, 2019, 46).

Večje število JE bi seveda ob upoštevanju vseh učinkov celotne jedrske verige povzročilo večjo količino radioaktivnih odpadkov, nevarnost jedrskih nesreč, sabotаж, vojaških, terorističnih in kibernetičnih napadov na JE. Vlaganja v proizvodnjo jedrske energije za oskrbo z energijo seveda zmanjšujejo tako sredstva kot manevrski prostor za varčno, učinkovito rabo energije, pa tudi vlogo in razvoj tehnologij rabe OVE. Ker je obratovanje JE zaradi možne proizvodnje plutonija iz jedrskega goriva tudi eden od korakov k izdelavi jedrskega orožja, je treba sedanjo »miroljubno« tehnologijo jedrske fisije izločiti tudi kot etično nesprejemljivo globalno energetska alternativo, ki dejansko onemogoča jedrsko razorožitve, s tem pa tudi udejanjanje celotne dolgoročne vizije demilitarizacije planeta. Po mnenju nemške politične stranke Zelenih je za zahteven proces razoroževanja prednostna naloga prepoved jedrskega, kemičnega in biološkega orožja (pristop držav k sporazumu OZN o prepovedi jedrskega orožja), pomembna pa sta tudi javni nadzor nacionalnih armad in prepoved širjenja jedrskega orožja.

Evropa in svet brez jedrskega orožja je temeljni razorožitvenih cilij Zelenih (To Respect and ..., 2021, 95), ta zahtevni demilitarizacijski cilj pa bo po mnenju pisca nemogoče doseči brez postopnega opuščanja rabe jedrske energije, ki omogoča proizvodnjo plutonija kot »stranskega« produkta v izrabljenem jedrskem gorivu.

Naomi Klein (2019, 264) eksplicitno navaja, da mora biti prepotreben novi zeleni načrt (Green New Deal) med drugim zasnovan na izhodišču, da jedrska energija in premog v nobenem primeru nista »čista« vira energije. Tudi Jeremy Rifkin (2009, 489) med drugim izrecno opozarja na varnostni vidik v luči bistveno večjih možnosti uporabe jedrskih reaktorjev za bogatitev urana in izločitev plutonija iz izrabljenega jedrskega goriva za izdelavo jedrskega orožja. Skrbi ga tudi potencialna nevarnost množice novih JE, ki lahko med drugim postanejo tarče terorističnih napadov (to velja tudi npr. za obrate bogatenja urana).

Po mnenju pisca vlada oziroma država po več desetletjih uporabe jedrske energije v nobenem primeru ne bi smela sodelovati kot solastnica ali sofinancerka oziroma kot dajalka jamstva za najem kreditov za gradnjo JE. Vse več je raziskav, ki kažejo, da jedrska energija oziroma JE tudi v primeru neupoštevanja vseh zunanjih in medgeneracijskih stroškov delovanja ne morejo (več) tržno konkurenčno tekmovati s tehnologijami rabe OVE, še manj pa s t. i. negativnimi energetske strategijami (zmanjšanje porabe energije), zasnovanimi na medgeneracijsko enakopravnem vrednostnem izhodišču, na zavestni materialni in energijski zmernosti.

V razliko od npr. premoga, nafte, lesa je treba elektriko iz OVE porabiti takoj po njeni proizvodnji, kar je ena od njenih ključnih pomanjkljivosti. Obstajajo številni načini daljšega hranjenja proizvedene električne energije (npr. črpalne hidroelektrarne), Ruggero Schleicher-Tappeser (2024) izpostavlja npr. vlogo v prihodnje bistveno bolj zmogljivih in okolju prijaznih elektrokemijskih hranilnikov, kot so baterije (novi materiali, večja gostota energije), ki so v zadnjih 20 letih doživele velik tehnološki napredek, vendar niso brez negativnih vplivov na okolje. Preboj v popolno stroškovno konkurenčnost in v masovno svetovno komercialno uporabo hranilnikov (baterij in drugih oblik) za

elektriko sonca in vetra naj bi po nekaterih bolj optimističnih napovedih pričakovali najpozneje v obdobju 10, 15 let. Nekateri strokovnjaki pa sodijo, da bo v prehodnem obdobju določeno vlogo odigral tudi t. i. modri vodik, proizveden zlasti s pomočjo rabe zemeljskega plina v državah, bogatih z njim (Szabo, 2023).

Po jedrski nesreči v Fukušimi na Japonskem v letu 2011 so se stroški kapitala za jedrske projekte močno povečali predvsem zaradi visokih varnostnih standardov. Nova, kontroverzna razvrstitev (klasifikacija ali taksonomija) jedrske energije v EU (za prehodno obdobje) med t. i. zelene in trajnostne naložbe zatona jedrske industrije po mnenju Kusa (2022a) ne more več ustaviti. Je pa navedena razvrstitev energentov prinesla vsaj novo pozitivno zahtevo in pravilo, da morajo vse države z jedrskimi reaktorji v EU najpozneje do leta 2050 zgraditi svoja dolgoročna geološka skladišča za VRAO (približno 5 milijard evrov za manjša skladišča) in že danes dokazati, da bodo sredstva za celotno naložbo pravočasno zbrana (Kus, 2022a).

Strokovnjaki Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja (DIW) sodijo, da v tehnološkem pogledu v bližnji prihodnosti ni pričakovati inovativnega preloma, kar naj bi veljalo tudi za majhne jedrske reaktorje (SMR). Tudi glede cene jedrska energija ne bo sposobna tekmovali z OVE. Zato predlagajo, da naj se jedrska znanost raziskovalno usmeri v izzive razgradnje (dekomisije) jedrskih elektrarn in skladiščenja radioaktivnih odpadkov globoko pod zemeljskim površjem. Ob upoštevanju sedanjih trendov in podatkov je jedrska energija cenovno nekonkurenčna z OVE (Wimmers idr., 2023, 100).

Mark Jacobson (2019, 2021a, 2021b) je v podrobnih empiričnih analizah iskanja večplastno optimalnih energetske poti za hkratno reševanje problematike globalnega segrevanja, onesnaževanja zraka ter energetske in okoljsko-podnebnosti, poleg možnosti vojaške izrabe, jedrske nesreče, problematike radioaktivnih odpadkov, večje pogostosti rakavih obolenj rudarjev (zlasti pljučnega raka) v rudnikih urana, izrecno izpostavil naslednje ključne razloge v prid stališču, da nadaljevanje rabe jedrske energije ni primerna civilizacijska rešitev:

1. Proizvedena kilovatna ura iz novih JE je 2,3–7,4-krat (v povprečju 5-krat) dražja od proizvedene kilovatne ure iz vetrnih elektrarn na kopnem ali fotovoltaičnih elektrarn. V letu 2018 so t. i. levelizirani stroški energije iz novih JE (LCOE – neto sedanja vrednost stroškov na enoto električne energije v celotni življenjski dobi JE) znašali v povprečju 151 dolarjev/MWh, iz vetrnih elektrarn 43 dolarjev/MWh, iz fotovoltaičnih elektrarn pa 41 dolarjev/MWh. Večji del visokih stroškov energije iz JE je posledica njihove dolgotrajne gradnje. Ampak navedeni levelizirani stroški JE ne upoštevajo bistveno daljšega obdobja gradnje novih JE (8,5–9 let za JE Vogtle 3 in 4 namesto upoštevanih 5,75 leta). Prav tako niso vključeni stroški velike jedrske nesreče leta 2011 na Japonskem (JE Fukušima), kjer se skupni stroški ocenjujejo na 460–640 milijard dolarjev, niti stroški shranjevanja radioaktivnih odpadkov za obdobje stotisoče let.
2. Skupno obdobje načrtovanja in gradnje nove JE (10–19 let) je bistveno daljše od obdobja načrtovanja ter gradnje vetrnih in sončnih elektrarn (2–5 let), kar med drugim jedrskim elektrarnam (za razliko od sončnih in vetrnih) ne omogoča prepotrebnega hitrega zmanjšanja izpustov CO<sub>2</sub> in drugih zračnih izpustov zaradi podaljšanja rabe fosilnih goriv.
3. Skupni izpusti CO<sub>2</sub> oziroma toplogrednih plinov so v največji meri posledica a) izračunanih stoletnih izpustov celotnega življenjskega cikla nove JE (gradnja, obratovanje in razgradnja; 9–70 g CO<sub>2</sub>e/kWh); b) izpustov zaradi oportunitetnih stroškov (vključujejo tudi zdravstvene stroške zaradi podaljšanja onesnaževanja zraka) zlasti zaradi daljšega obdobja načrtovanja in gradnje JE (64–102 g CO<sub>2</sub>e/kWh) v primerjavi z drugimi tehnologijami za proizvodnjo elektrike. Skupni izpusti nove JE niso blizu 0, temveč znašajo 78–178 g CO<sub>2</sub>e/kWh. Po izračunih IPCC iz leta 2014 pa naj bi skupni izpusti toplogrednih plinov v JE znašali 4–110 g CO<sub>2</sub>e/kWh (Jacobson, 2021b, 95).

4. Skupni izpusti toplogrednih plinov sončnih elektrarn različnega tipa so 1–27 g CO<sub>2</sub>e/kWh, vetrnih elektrarn na kopnem ali morju 5–15 g CO<sub>2</sub>e/kWh, geotermalnih elektrarn 29–74 g CO<sub>2</sub>e/kWh, hidroelektrarn 61–109 g CO<sub>2</sub>e/kWh, plinskih elektrarn med 230 (zajetje in shranjevanje ter raba CO<sub>2</sub>) in 481 g CO<sub>2</sub>e/kWh in elektrarn na premog med 282 (zajetje in shranjevanje ter raba CO<sub>2</sub>) in 1011 g CO<sub>2</sub>e/kWh (Jacobson, 2021b, 95).

Mark Jacobson (2021b, 114) poudarja, da so skupni izpusti jedrskih elektrarn na proizvedeno kilovatno uro 9–37-krat večji, kot velja za vetrne elektrarne na kopnem, a nekajkrat manjši, kot so v povprečju za TE na premog. Zaradi različnih metodoloških pristopov in drugih razlogov pa so ocene npr. o stroških proizvedene električne energije s pomočjo rabe različnih virov energije ali pa o skupnih izpustih toplogrednih plinov pri rabi posameznih virov energije lahko bistveno različne. Tako Igor Lengar (2024) navaja naslednje povprečne izpuste toplogrednih plinov (v celotni življenjski dobi energetskih objektov) na proizvedeno kilovatno uro elektrike iz različnih virov (v g CO<sub>2</sub>e/kWh): TE na premog – 820, TE na plin – 420, elektrarne na biomaso – 230, geotermalne elektrarne – 38, hidroelektrarne – 10, vetrne elektrarne – 8, sončne elektrarne – 7, jedrske elektrarne – 6. Nemška protijedrska organizacija Ausgestrahlt pa ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla (tudi zaprtje JE) navaja naslednje izpuste toplogrednih plinov (v gramih) na proizvedeno kilovatno uro (po izračunih Oekoinstituta) (Irrweg in der Klimakrise, 2020, 23; Uran Atlas, 2019, 48): TE na rjavi premog – 1214, TE na plin – 703, jedrske elektrarne – 104, sončne elektrarne – 98, vetrne elektrarne – 15, hidroelektrarne – 4.

Ključni rezultat študije Marka Jacobsona (2019, 10) glede JE, brez upoštevanja stroškov jedrskih nesreč in dolgotrajnega shranjevanja radioaktivnih odpadkov, je naslednji: stroški gradnje nove JE so 2,3–7,4-krat večji od stroškov gradnje vetrnih in sončnih elektrarn, njihovo načrtovanje in gradnja trajata 5–17 let, proizvajajo pa več izpustov na enoto proizvedene električne energije kot OVE. Poudarja, da tudi Mednarodni panel za podnebne spremembe (IPCC) podobno zaključuje, da so se ekonomske, družbene in tehnične

možnosti rabe sončne in vetrne energije ter shranjevanja energije dramatično izboljšale v zadnjih nekaj letih, kar pa ne velja za jedrsko energijo ter možnosti zajemanja in shranjevanja CO<sub>2</sub>. IPCC ugotavlja, da večja raba jedrske energije povzroča številna tveganja, kot so varnostna tveganja zaradi obratovanja JE (taljenje jedrske sredice), tveganja v rudnikih urana, finančna tveganja, nerešeno ravnanje z radioaktivnimi odpadki ter tveganja v zvezi z možnostjo izdelave jedrskega orožja (Jacobson, 2019, 10, 11).

Zagovorniki jedrske energije zelo pogosto poudarjajo, da jedrske elektrarne proizvajajo izjemno majhno količino odpadkov, vendar je treba pri jedrski energiji upoštevati odpadne produkte v celotnem jedrskem ciklusu, vključno z odpadki v rudnikih urana. Iz 10.000 ton uranove rude se proizvede samo 1 tona t. i. rume- ne pogače (uranov oksid), potem pa po konverziji nastane 7,1 kg urana-235. V nadaljnjem postopku se U-235 obogati na 3–5 % za proizvodnjo jedrskih gorilnih elementov za JE in na okoli 90 % za proizvodnjo jedrskega goriva (Uran Atlas, 2019, 8, 9). Slovenija je po podatkih iz atlasa urana proizvedla 382 ton rumene pogače, po zaprtju Rudnika urana Žirovski Vrh leta 1992 pa je na dveh odlagališčih ostalo 2,3 milijona ton odpadkov.

Jan Haverkamp (2021) ob aktualizaciji ene od temeljnih energetske dileme Evrope na vprašanje, ali je jedrska energija trajnostna in zeleni gradnik taksonomije trajnostnih dejavnosti, odgovarja s 26 kriteriji jasno in nedvoumno – jedrska energija ne zadovoljuje vrste temeljnih trajnostnih (okoljskih, tehničnih, ekonomskih, družbenih in političnih) kriterijev. V 50 letih razvoja jedrskih tehnologij jedrska industrija ni bila sposobna izpolniti ključnih trajnostnih kriterijev, čeprav se je z dragimi varnostnimi ukrepi njena varnost delno izboljšala, vendar ne dovolj. Haverkamp (2021, 4) izrecno poudarja, da jedrska energija ne izpolnjuje temeljnega načela trajnosti (in tudi evropskega zelenega načrta), ki zapoveduje neškodljivost ter izpolnjevanje načela previdnosti. Jedrska energija torej ne omogoča »razvoja, ki zadovoljuje potrebe sedanjih generacij brez ogrožanja zmogljivosti prihodnjih generacij, da zadovoljujejo svoje potrebe«. V zadnjih dveh, treh desetletjih so se zelo razvile tehnologije, čistejše od jedrskih, ki so uporabnejše tudi pri spopadu s podnebnimi spremembami.

Amory Lovins (2022a, 2022b) sodi, da je trajnostna energetska prihodnost človeštva mogoča zgolj s popolnim, 100-% energetskim prehodom na OVE in čim prejšnjo opustitvijo tako rabe fosilnih goriv kot jedrske energije. Med drugim navaja številne empirične primere držav in regij, ki dokazujejo, da je s sodobnim inženirstvom mogoča mrežno varna, sinhrona oskrba z elektriko (brez rabe jedrske energije), tudi če se večina oziroma skoraj celotna elektrika proizvaja s pomočjo rabe OVE (Škotska, Danska, Portugalska, Nemčija ...). Tako se npr. Danska vse več dni v letu v celoti oskrbuje z elektriko iz OVE, v posameznem dnevu celo zgolj z elektriko iz vetrnih elektrarn.

Vendar bodo morale po mnenju nekaterih strokovnjakov tiste evropske države, ki stavijo zgolj na rabo OVE (zlasti hidroenergija, sončna energija in vetrna energija), npr. Nemčija, za proizvodnjo elektrike v sicer čim krajšem prehodnem obdobju uporabljati plinske elektrarne, razvijati hranilnike energije ter obsežno in hitro finančno vlagati v posodobitev evropskega elektroenergetskega omrežja (Hajek, 2024). Februarja 2024 je nemška vladna koalicija po predčasnem zaprtju vseh jedrskih elektrarn dosegla določen kompromis pri razogljičenju proizvodnje električne energije. Država bo zlasti zaradi zagotavljanja stabilne oskrbe sofinancirala izgradnjo plinskih elektrarn z okoli 10.000 MW nazivne moči, ki pa jih bodo energetska podjetja nato najpozneje do leta 2040 preusmerila na zeleni vodik (proizvodnja vodika s pomočjo OVE). Projekt naj bi v 20 letih nemško državo stal najmanj 16 milijard evrov, kar bo delno odvisno tudi od cene zelenega vodika na mednarodnih trgih. Fleksibilne plinske elektrarne bodo proizvajale elektriko zgolj takrat, ko je sončne in vetrne elektrarne ter hidroelektrarne ne bodo proizvajale dovolj, seveda pa njihova izgradnja za energetska podjetja sama po sebi ni ekonomična, zato jih bo država subvencionirala. Nemčija je sicer v zamudi pri posodobitvi obstoječega plinskega omrežja za transport vodika. Pojavljajo se tudi predlogi, da bi bilo treba ob gradnji plinskih elektrarn omogočiti še skladiščenje CO<sub>2</sub>, in sicer pod Severnim morjem.

Peter Novak (2021b) sodi, da jedrska energija umira na obroke, saj naj bi vsem proizvajalcem velikih JE postalo jasno, da se od centraliziranih sistemov prehaja na distribuirano proizvodnjo elektrike, kjer se na trgu pojavlja tisoče malih proizvajalcev. Velike enote za proizvodnjo elektrike so po njegovem mnenju dolgoročno v zatonu, visoki začetni kapitalni stroški in veliko tveganje (brez zavarovanja kapitala) sta temeljna razloga njihovega »hitrega umiranja«.

Študije Nemškega inštituta za ekonomska raziskovanja (DIW) glede prihodnosti jedrske energije so izrazito odklonilne, zlasti zaradi naslednjih poudarjenih dejstev (Wealer idr., 2019; Wealer idr., 2021):

- jedrska energija ni čista energija zaradi različnih radioaktivnih sevanj, ki bodo ogrožala človeštvo in naravno okolje več kot milijon let;
- stroški gradnje in razgradnje JE ter dolgotrajnega skladiščenja radioaktivnih odpadkov so zelo visoki;
- delovanje jedrskih reaktorjev za proizvodnjo električne energije predstavlja veliko varnostno tveganje zaradi možne vojaške uporabe izrabljenega jedrskega goriva, vojaški interes je pomembna gonilna sila gradnje JE;
- celo v primeru, da se ne upoštevajo visoki stroški razgradnje JE in stroški shranjevanja radioaktivnih odpadkov, bi se zgolj privatne investicije v JE soočile z velikimi finančnimi izgubami, po oceni (metoda Monte Carlo) povprečno v višini 4,8 milijarde evrov na posamezno JE (v najboljšem primeru 1,5 milijarde evrov, v najslabšem pa 8,9 milijarde evrov izgub);
- v državah, kot sta Kitajska in Rusija, kjer se še gradijo JE, gre za državne investicije, privatne investicije torej ne igrajo nobene vloge;
- JE so neekonomične, predrage in hkrati nevarne (jedrska nesreča Fukušima leta 2011), zato nimajo pogojev, da bi bile člen v podnebnju prijazni prihodnji energetske mešanici;
- delež jedrske energije v globalni oskrbi z električno energijo se zmanjšuje, leta 1996 je znašal 17 %, leta 2019 pa zgolj še 10 %, njen delež v primarni energiji pa je bil manjši od 5 %.

Dejstvo je, da je dejansko nemogoče za daljše časovno obdobje (do srede 21. stoletja) jasno napovedati prihodnost proizvodnje in porabe energije zaradi novih tehnologij, morda novih virov energije (magnetizem, sintropija, fuzija ...), bistveno učinkovitejše in okoljsko varnejše proizvodnje poznanih virov energije itn. Velja poudariti, da seveda tudi raba OVE povzroča negativne spremembe v naravnem in bivalnem okolju, kar še dodatno poudarčuje nujnost izdatnega varčevanja z energijo in inovativnega iskanja drugih virov energije. Tako v zadnjih letih po daljšem razvojnem zastoju glede možnosti komercialne energetske rabe (proizvodnja električne energije) na področju fuzije prihaja do nekaterih obetavnih sodobnih tehnoloških inovacij, saj je prišlo do bistveno večjih finančnih vlaganj (v veliki meri tudi privatnega kapitala) in ustanavljanja vrste novih podjetij. Nekateri znanstveniki ostajajo skeptični glede razvojno-okoljskih možnosti (npr. doseganje dovolj visoke količine energije fuzije glede na vloženo energijo s pomočjo laserjev, problematika ohranjanja stabilnosti plazme, shranjevanja ogromnih količin energije in zmogljivosti superprevodnih magnetov) ter potencialnih negativnih posledic fuzijskih tehnologij, zasnovanih na zlivanju jeder lažjega vodika v težji helij, ob sproščanju velikih količin energije v razmerah izjemno visokih temperatur (posnemanje procesov na Soncu). Gorivo za fuzijsko elektrarno je torej v osnovi vodik oziroma njegovi izotopi (devterij in tritij), ki jih je ogromno v morjih in oceanih, vodik je najbolj razširjen kemijski element na planetu.

Drugi znanstveniki in raziskovalci pa sodijo, da je obsežna, brezogljična in neradioaktivna energija fuzije (»energije zvezd«) eden od ključnih gradnikov trajnostne energetske prihodnosti številnih prihodnjih generacij. V južni Provansi so v okviru obsežnega projekta Iter konec julija 2020 začeli sestavljati največji fuzijski reaktor na svetu.. Dosedanje energijske tehnologije so od poskusov do koncepta komercializacije v povprečju potrebovale 30–50 let, vendar globalna podnebna kriza zahteva še dodatno pospešeno iskanje trajnostnih in varnih rešitev. V vsakem primeru projekt Iter nima možnosti, da bi pravočasno prispeval k blažitvi podnebnih sprememb, obstaja pa tudi dvom, da bi prišlo

do uresničitve projekta. Med drugim je treba plazmo za nekaj sekund segreti na 150 milijonov stopinj Celzija (Jedrsko energija – slepa ..., 2023, 14, 37).

Andrej Detela (2013) odkriva in raziskuje sintropijo kot drugi člen naravnega toka energije in energijskih pretvorb. Apelira za razumni, ekološko in medgeneracijsko odgovorni, trajnostni mrežni oskrbni sistem energetske decentralizacije. Njegova vizija je, da bi s pomočjo sintropičnega energijskega generatorja (žarinka – vyakti) človeštvo v bližnji prihodnosti lahko proizvajalo in uporabljalo prosto dostopno energijo brez negativnih okoljskih učinkov.

*Pisec sodi, da na gradnikih postopnega udejanjanja koncepta odrasti in solidarnosti zasnovanega koncepta negativnega energetskega scenarija dejansko ni možno v celoti uveljaviti brez temeljne spremembe vseh gradnikov obstoječega, torej kapitalističnega družbenega reda. Zgolj »otočna« energetska sonaravnost in omejena razpoložljivost energije iz OVE (odrast) po mnenju pisca ni možna v »oceanu« družbene ureditve trajne rasti, nesonaravnosti in nesolidarnosti. Negativni energetski scenariji pa so potrebni že v prehodnem obdobju (ekosocialni kapitalizem) kot jasni smerokazi k novi, ekosistemski družbeni ureditvi, k ekohumanizmu v ekosolidaristični ali ekosocialistični različici.*

### **Švica - primer »zmerno« trajnostne, negativne, medgeneracijsko pravičnejše in srednjeročno nejedrsko energetske strategije**

Švica (41.285 km<sup>2</sup>) je leta 2021 štela 8,7 milijona prebivalcev, BDP na prebivalca (po kupni moči) je bil po podatkih Svetovne banke leta 2022 90.475 dolarjev, svetovno povprečje pa je bilo 17.720 dolarjev na prebivalca (Slovenija – 51.280 dolarjev). Skupna poraba primarne energije je bila leta 2022 33.351 kWh na prebivalca (Slovenija – 34.391 kWh) (Primary Energy Consumption ..., 2023), kar bistveno presega globalno trajnostno in medgeneracijsko sprejemljivo količino porabljene energije na prebivalca. Obnovljivi viri energije (OVE) Švice pokrivajo 29 % proizvodnje končne energije (Slovenija – 25 %). Leta 2021 je Švi-

ca skoraj dve tretjini električne energije pridobivala s pomočjo OVE (61 % – HE), slabo tretjino v štirih JE in le 5 % s pomočjo fosilnih goriv, elektroenergetski sektor je zato nizkoogljičen (Energy – Facts and Figures, 2023).

V obdobju 1990–2021 je Švica skupne izpuste toplogrednih plinov zmanjšala za 19 %, letni izpusti na prebivalca pa so upadli na okoli 5 ton. Kljub temu se je zgolj v obdobju 2005–2021 BDP Švice povečal za 34 %, ogljični izpusti na enoto BDP pa so se zmanjšali za 41 %. V letu 2023 so bili izpusti CO<sub>2</sub> na proizvedeno kilovatno uro elektrike v Švici 86 gramov, v Sloveniji 242 gramov, v Franciji 53 gramov in v Nemčiji 400 gramov (Lengar, 2024). Vendar velja poudariti izračune Svetovne banke, da so ob upoštevanju virtualno »uvoženih« snovno-energetskih tokov skupni izpusti Švice 1,5-krat višji, a jih mednarodna metodologija tudi v tem primeru ne upošteva (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023, 30).

Švicarsko sestavo gospodarstva in prihodkov označuje ključna vloga storitev (74 % BDP), zelo pomembna pa je tudi ekonomska vloga industrije, ki prispeva 26 % BDP (Slovenija – 23 %), energetske intenzivne industrijske panoge pa igrajo le manjšo ekonomsko in zaposlitveno vlogo. V obdobju 2013–2021 je Švica kljub povečanju števila prebivalcev za 10 % porabo končne energije zmanjšala za 13 % (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023). V obdobju 2000–2020 je dosegla in celo preseгла načrtovane cilje porabe energije na prebivalca in potrošnje električne energije na prebivalca. Tako se je v navedenem obdobju povprečna poraba energije na prebivalca zmanjšala za 20,8 % (cilj: –16 %), povprečna poraba elektrike na prebivalca pa je bila manjša za 10,4 % namesto načrtovanega zmanjšanja za 3 % (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023, 47). Švica je v poletnem obdobju izvoznik, v zimskem obdobju pa uvoznik električne energije.

Švica je zlasti na osnovi inovativnih znanstvenih rezultatov Inštituta za tehnologijo v Zürichu (ETH) iz leta 1998 izdelala alternativni okoljsko-razvojni načrt »družbe 2000 vatov«. Tradicionalni model dviga materialnega blagostanja s pomočjo koncepta trajnega količinskega povečevanja porabe energije

nadomešča z energetske odrasnim modelom. Zaradi omejene nosilnosti planetarnega okolja ter njegovih samoobnovitvenih in samočistilnih zmogljivosti naj bi bila povprečna poraba celotne primarne energije na Zemljana leta 2050 največ 2000 vatov na uro (48 kWh na prebivalca dnevno oziroma 17.520 kWh na prebivalca letno, torej okoli 1,5 tone ekvivalentov nafte). Matjaž Valenčič (2019) izrecno poudarja, da pomeni vizija družbe 2000 W udeležanje načela trajnosti, visoke kakovosti bivanja in zadovoljivega življenjskega blagostanja na osnovi učinkovite, smotrne in smiselne uporabe OVE. Ljudje v 2000-vatni družbi vedo, da kakovost življenja ni vezana na nenehno višji materialni standard, saj neomejena rast – ni napredek. Če neomejene rasti ne bomo ukrotili, je propad civilizacije neizbežen, upravičeno opozarja Valenčič (2019).

Temeljni razlogi za načrtno globinsko strukturno spremembo energetske politike, za opustitev tradicionalne »rastne« fosilno-jedrski državne energetske politike Švice (in drugih držav sveta) ter uveljavitev negativne (varčevalne) energetske strategije so naslednji:

- *omejeni viri* – omejenost energije, surovin, prostora in naravnih zmogljivosti nevtralizacije pritiskov na okolje, ohranjanje naravnih virov kot temeljnega pogoja dolgoročnega preživetja in napredka;
- *podnebje* – dramatične spremembe podnebja zaradi prekomernih izpustov toplogrednih plinov, nujnost znižanja izpustov TGP pod 1 tono ekvivalentov CO<sub>2</sub> na prebivalca za ohranjanje dviga povprečne globalne temperature vsaj pod 2 °C;
- *znotraj- in medgeneracijska pravičnost* – enaka pravica vsakega zdajšnjega in prihodnjega Zemljana do določene (sonaravno omejene) porabe naravnih virov, postopna odpoved jedrski energiji zaradi medgeneracijske nepravilnosti (sedanja generacija – energetske koristi, prihodnje generacije – zgolj skrb za neprostovoljno podedovane RAO itn.).

Uporaba modela neposredne demokracije v Švici poudarja temeljno odločevalsko vlogo ljudstva, zato je odločanje na referendumih (obvezno po temeljiti in strokovno podprti javni razpravi) eden od njenih ključnih mehanizmov. Po uspešnem državnem referendumu leta 2017 (58 % za) je postala za vse vlade obvezujoča negativna in nejedrski energetska vizija Švice za 21. stoletje. Izhaja iz etičnih načel trajnostne sonaravne in pravičnejše družbe, na energetskem polju je njeno vrednotno izhodišče naslednje: vsak živeči posameznik na svetu ima danes in v prihodnosti pravico do enake količine energije (Warum geht es ..., 2019, 1). Ključno konkretizirano etično zasnovano vsebinsko izhodišče sonaravne energetske strategije Švice je torej bilo naslednje: vsaka proizvodnja energije povzroča negativne vplive na okolje ter zdravje ljudi in ekosistemov; zato je dolgoročno in globalno sprejemljiva povprečna poraba primarne energije na Zemljana leta 2050 največ 2000 vatov na uro (torej prepолоvitev sedanje porabe), kar naj bi bilo mogoče doseči brez znižanja življenjskega standarda prebivalcev v bogatejših državah. *Trajnostni sonaravni energetski trikotnik Švice 2050 je naslednji: zmanjšanje rabe energije (temeljna podstat) + zgolj raba domačih obnovljivih virov energije (OVE) + postopno zapiranje jedrskih elektrarn.*

Švicarska energetska politika je torej zasnovana na pospešenem opuščanju in opustitvi fosilnih goriv do leta 2050, postopnem zapiranju štirih jedrskih reaktorjev oziroma JE, hitrem dvigu proizvodnje elektrike s pomočjo Sonca in delno tudi drugih domačih OVE, pospešenem zmanjšanju porabe primarne energije na prebivalca, doseganju podnebne nevtralnosti in varne stopnje energetske samooskrbe, modernizaciji elektroenergetskega omrežja in vključevanju v evropski elektroenergetski sistem (Energieperspektiven 2050+, 2020).

Sistematično povečevanje energetske učinkovitosti ter s tem povezano zmanjšanje skupne porabe energije je torej temeljni gradnik trajnostno sonaravno in negativno zasnovane švicarske energetske strategije. Švica je v globinsko zasnovani sonaravni energetski strategiji odločno postavila v ospredje ukrepe in mehanizme za še bistveno večjo energetske učinkovitost, za

obsežno absolutno zmanjševanje porabe primarne energije in končne energije – torej »dovolj namesto vedno več«. Tako je energetska strategija Švice za obdobje 2000–2035 zasnovana na 43-% zmanjšanju porabe primarne energije na prebivalca in na 13-% zmanjšanju porabe električne energije na prebivalca (Energiestrategie 2050, 2018). Z vidika načrtovane porabe elektrike vse do leta 2050 pa se zaradi pričakovane intenzivne elektrifikacije zlasti po letu 2035 verjetno bolj realno ocenjuje, da naj bi se skupna poraba elektrike Švice od 58 TWh v letu 2021 do leta 2050 povečala na okoli 80 TWh (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023, 47, 98; Achieving Net Zero ..., 2022, 19).

Švicarski zvezni urad za energijo pa je leta 2020 predstavil več novih različic energetskega scenarija Zero. Ta v osnovni različici za obdobje 2019–2050 predvideva samo 11 % večjo rabo električne energije (povečanje na 63 TWh), skupna poraba končne energije pa naj bi se v obdobju 2019–2050 zmanjšala za 31 %. Zlasti po letu 2035 (2030) se predvideva bistveno večja raba elektrike v prometu (električna vozila) in v zgradbah (toplotne črpalke), hkrati pa zlasti zmanjšanje porabe elektrike v industriji, predvsem na račun bistveno bolj učinkovite rabe (Energieperspektiven 2050+, 2020).

Leta 2019 je Švica sprejela odločitev, da do leta 2050 doseže praktično ničelne neto izpuste toplogrednih plinov oziroma podnebno nevtralnost, v obdobju 1990–2030 pa izpuste zmanjša za okoli 50 %. Podnebno nevtralnost naj bi Švica dosegla s prepolovitvijo porabe primarne energije in z zamenjavo fosilnih goriv z domačimi obnovljivimi viri, ki naj bi v naslednjih dobrih desetih letih nadomestili tudi nizkoogljčno jedrsko energijo. Največji porabnik končne energije so zgradbe, saj potrošijo skoraj polovico celotne končne energije. Za zmanjšanje porabe energije se načrtuje pospešeno nadaljevanje energetske sanacije stanovanjskih in nestanovanjskih zgradb (najmanj 2 % letno) ter pri gradnji novih zgradb niz ukrepov za doseganje skoraj ničelne porabe energije – največ 3,5 litrov naftnih ekvivalentov letno na kvadratni meter stanovanjske površine (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023). Država in kantoni podpirajo

sončne elektrarne na zgradbah ter razvoj in uporabo hranilnikov toplote in električne energije.

Drugi največji porabnik končne energije je promet (slaba tretjina skupne porabe), kjer se je še v zadnjem desetletju poraba energije nekoliko zmanjšala. Regulacija dovoljenih izpustov CO<sub>2</sub> za nova vozila sledi zakonodaji EU. Kljub izjemni kakovosti javnega prometnega sistema je še vedno tudi v Švici dominantna oblika prevoza osebno vozilo. Vendar bo Švica v prihodnje finančno obilno podprla ukrepe za neobhoden prehod k bistveno večji uporabi javnega prevoza, prenos prevoza tovora s cest na sodobne železnice (zlasti prek Alp), elektrifikacijo prevoznih sredstev, sistem souporabe vozil ter večjo vlogo kolesarjenja. Večja podpora se bo namenjala delu od doma, pa tudi organizaciji časovno bolj fleksibilnega sistema delovnega časa in izobraževanja. Kljub temu bo še vedno zelo pomemben prevoz z avtomobili in tovornjaki.

Tretji največji porabnik energije je švicarska industrija, ki potroši slabo četrtino končne energije. Industrijo označuje postopni prehod od energetsko intenzivne industrije k manj intenzivni, v zadnjih desetih letih se je industrijska poraba energije zmanjšala za več kot desetino. Študije energetskega varčevalni potencial švicarske industrije ocenjujejo na 15–20 %, vlada in kantoni pa podpirajo načrte podjetij za večjo rabo obnovljivih virov energije in zmanjševanje njihovega ogljičnega odtisa.

Jedrska energija je leta 2021 predstavljala 22 % skupne končne porabe energije in okoli 30 % električne energije. Več desetletij je bila jedrska energija drugi najpomembnejši elektroenergetski vir Švice, pomembnejša je samo hidroenergija. Delež jedrske energije pri proizvodnji elektrike je bil do leta 2019 okoli 40 %, zmanjšal se je zaradi zaprtja JE Mühleberg (373 MW, začetek obratovanja leta 1972), ki je prenehala proizvajati elektriko zaradi komercialnih, finančnih razlogov (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023, 89). V Švici so leta 2023 obratovale tri jedrske elektrarne s skupno močjo 2973 MW, in sicer: Beznau 1 (365 MW) in Beznau 2 (365 MW), Gösgen (1010 MW) ter Leibstadt (1233 MW). V Švici je najstarejši jedrski reaktor Beznau 1, ki obratuje od leta 1969 (Beznau 2 pa od leta 1971)

in je tudi najstarejši reaktor na svetu. JE Gösgen obratuje od leta 1979, JE Leibstadt pa od leta 1984. Švicarske JE v celoti uvažajo jedrsko gorivo (iz različnih držav, tudi iz Rusije!), saj Švica nima rudnika urana in lastne proizvodnje jedrskega goriva.

Državljanke in državljani so se leta 2017 na referendumu večinsko odločili, da Švica ne bo več gradila novih jedrskih elektrarn, obstoječe jedrske elektrarne pa bo postopno zaprla. Po prvotnih načrtih naj bi jedrske elektrarne zaprla do leta 2035, v sodobnih razmislekih pa se v razmerah energetske krize končni datum njihovega obratovanja praviloma več ne pojavlja. Temeljno izhodišče je, da naj bi obstoječe švicarske jedrske elektrarne obratovale, dokler je po objektivnih strokovnih ocenah lahko zagotovljena jedrska varnost. To naj bi v praksi pomenilo, da bi bilo obratovalno obdobje obstoječih jedrskih elektrarn namesto načrtovanih 40 let okoli 50–60 let; vendar naj bi najpозneje do leta 2050 prišlo do dokončnega zaprtja in prenehanja obratovanja vseh treh švicarskih jedrskih elektrarn (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023). Po enem od temeljnih energetskih scenarijev OECD in Agencije za jedrsko energijo (NEA) naj bi Švica delovanje dveh nekoliko novejših JE podaljšala na 60 ali več let, kar naj bi olajšalo doseganje zahtevane podnebne nevtralnosti ter zmanjšalo količino uvožene elektrike in stroške energetskega prehoda (Achieving Net Zero ..., 2022, 23). V modernizacijo in večjo jedrsko varnost JE Beznau je bilo vloženo več kot 2,5 milijarde dolarjev (modernizacija JE Gösgen – več kot 800 milijonov dolarjev), kar naj bi njeno delovanje podaljšalo na 60 let (Achieving Net Zero ..., 2022, 28, 117).

Postopno zapiranje obstoječih JE in odločitev o negradnji novih JE je torej eden od ključnih gradnikov švicarskega energetskega prehoda. Po alternativnem energetskem scenariju Zveznega urada za energijo pa naj bi Švica zadnjo JE (Leibstadt) zaprla leta 2034 (po 50-letnem obratovanju), v pričakovano kritičnem vmesnem obdobju (2035–2050) pa bi postala neto uvoznik elektrike. V drugi polovici tridesetih let 21. stoletja naj bi Švica letno uvažala okoli 15 % skupne potrebne elektrike (10 TWh), pozneje pa naj bi se zaradi večje rabe domačih OVE

uvoz vztrajno zmanjševal in bi leta 2050 dosegla neto izravnavo. Po osnovni inačici t. i. Zero energetskega scenarija naj bi Švica torej leta 2050 celotno električno energijo pridobivala s pomočjo domačih OVE (84 TWh), elektroenergetska bilanca pa naj bi bila naslednja (Energieperspektiven 2050+, 2020, 35): hidroenergija – 44,7 TWh, fotovoltaika – 33,6 TWh, vetrna energija – 4,3 TWh, geotermalna energija – 2,0 TWh, bioplín – 1,2 TWh itn.

Švica se je na vseh ključnih poljih planetarno odgovorno lotila skrajno zahtevne naloge, da v skladu s temeljnim okoljskim načelom »plača naj onesnaževalec« na lastnem ozemlju poskrbi tudi za skladiščenje vseh radioaktivnih odpadkov globoko pod zemeljskim površjem, zato je leta 2008 začela z interdisciplinarnimi raziskavami in na očeh javnosti iskati za odlaganje radioaktivnih odpadkov najbolj varne lokacije, ta pa naj bi bile blizu švicarsko-nemške meje na območju glinenih skladov. Finančna sredstva za odlaganje radioaktivnih odpadkov in tudi za razgradnjo JE se zbirajo v dveh ločenih skladih operaterjev JE. Stroški skladiščenja radioaktivnih odpadkov naj bi po eni od ocen znašali okoli 18 milijard švicarskih frankov, stroški razgradnje JE pa okoli 4 milijarde (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023, 118).

Za obdobje do leta 2050 Švica načrtuje zlasti bistveno večjo proizvodnjo električne energije v sončnih elektrarnah, večja naj bi bila tudi vloga vetrne energije, biomase in geotermalne energije, le minimalno pa naj bi se povečala sicer ključna vloga hidroenergije (a večja vloga črpalnih HE). Leta 2021 so fotovoltaične elektrarne v Švici proizvajale okoli 3 TWh elektrike, leta 2035 pa naj bi njihova proizvodnja znašala 14 TWh (skupna letna poraba elektrike v Sloveniji – okoli 15 TWh), kar zahteva letno neto rast 0,8 TWh. Tako naj bi Švica izkoristila tretjino ocenjenih energetskega potencialov obstoječih streh zgradb. A švicarski parlament se je zelo ambiciozno odločil, da bo sprejete cilje proizvodnje elektrike z rabo obnovljivih virov energije (brez upoštevanja HE) za leto 2035 praktično podvojil (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023, 66). Dolgoročno pa Švica načrtuje tudi bistveno večjo rabo potenciala geotermalne energije, ki naj bi pomembno prispevala k proizvodnji električne energije, za

kritje potreb po ogrevanju in hlajenju. Nekatere raziskave zaradi večjih lesnih zalog Švice poudarjajo tudi večjo energetske vlogo lesa, tako pri proizvodnji toplote kot električne energije (Holz: ein Joker ..., 2023). Po energetskih scenarijih OECD in Agencije za jedrsko energijo (NEA) naj bi zlasti okoli leta 2050 nizkoogljična in fleksibilna letna proizvodnja zelenega vodika (okoli 8 TWh – elektroliza vode) predstavljala pomemben dodatni gradnik varnejše oskrbe Švice z električno energijo, zlasti v industriji (Achieving Net Zero ..., 2022, 128, 129).

Švica se odgovorno zaveda teže in večplastnosti številnih problemov, ki spremljajo dejansko civilizacijsko revolucionarno zamenjavo virov proizvodnje energije, praktično hkratno zamenjavo fosilnih goriv in jedrske energije z decentraliziranimi in časovno nihajočimi obnovljivimi viri energije. Velika trajnostna energetska prednost Švice (v primerjavi s Slovenijo) je praktično zanemarljiva vloga fosilnih goriv pri proizvodnji električne energije. Kot verjetno oskrbno največji, a rešljiv problem izpostavljajo po načrtovanem zaprtju JE morda že do srede tridesetih let 21. stoletja še bolj izrazito pričakovano pomanjkanje lastne proizvodnje elektrike v kritičnem zimskem obdobju. Do sedaj je Švica stabilno oskrbo z elektriko zaradi manjše zimske proizvodnje elektrike v hidroelektrarnah zagotavljala s pomočjo uvoza elektrike iz Francije; vendar so v zimi 2022/2023 zaradi številnih težav francoske jedrske elektrarne proizvedle bistveno manj elektrike, kar je nemudoma sprožilo pospešeno izdelavo načrtov za kratkoročne in dolgoročne energetske ukrepe Švice, vključno z iskanjem najboljših rešitev za skrajno zahteven problem shranjevanja električne energije.

Zlasti za oskrbno kritične zime se posebej skrbno načrtujejo sistemski negativni pristop na celotnem področju porabnikov elektrike (varčevanje), okrepljena rezervna vloga črpalnih in akumulacijskih hidroelektrarn (spremljajo jih okoljski pomisli) ter zgolj prehodno (v kritičnih zimskih mesecih) še pomembna vloga naravnega zemeljskega plina. Načrtuje se gradnja nekaj rezervnih plinskih elektrarn (250 MW), po letu 2040 pa naj bi se okrepila vloga zelenega vodika ter povečala soproizvodnja toplote in elektrike (les, bioplin). Pomembna naloga je

tudi posodobitev švicarskega elektroenergetskega omrežja in njegovih povezav s prenovljenim elektroenergetskim omrežjem EU (Switzerland 2023 – Energy Policy ..., 2023). Veliko upravičenih ekosistemskih pomislekov pa vzbujajo načrti, da bi se v višjem alpskem svetu Švice (v alpskih dolinah je pogosta megla in nizka osončenost) postavile večje fotovoltaične elektrarne, ki bi tudi v zimskem obdobju omogočale določeno proizvodnjo elektrike. Podobno velja za nekatere projekte za polja vetrnih elektrarn, kjer v nekaterih območjih prihaja do nasprotovanja lokalnega prebivalstva. Strokovnjaki opozarjajo, da bodo podnebne spremembe pomembno vplivale na proizvodnjo elektrike iz švicarskih HE, kjer pa se ne pričakuje gradnja novih, saj je razpoložljivi hidroenergetski potencial praktično v celoti (95 %) izkoriščen. Višje temperature naj bi v najbolj kritičnem, zimskem obdobju zlasti zaradi manjšega deleža snežnih padavin povečale proizvodnjo elektrike v HE, in sicer za okoli 10 %, v poletnem obdobju pa naj bi bila proizvodnja za okoli 5 % nižja od sedanje; spremembe naj bi nastale tudi zaradi pospešenega taljenja ledu spomladi in poleti (Becker idr., 2021, 229).

Po zgledu energetske strategije Švice («družba 2000 vatov») je tudi avstrijska dežela Koroška po obsežnem strokovnem delu, širokem in objektivnem strokovnem informiranju javnosti ter aktivnem vključevanju prebivalcev, podjetij, ustanov, društev in političnih strank sprejela deželni energetske načrt o 100-% samooskrbi z obnovljivo energijo (toplota, električna energija) do leta 2025 oziroma 2035.

### **Nemčija - eno leto po zaprtju vseh jedrskih elektrarn** (Wehrmann, 2024)

Aprila 2023 je Nemčija po energetske krizi zaprla zadnje tri JE. Benjamin Wehrmann (2024) ugotavlja, da se temačne napovedi glede motene oskrbe z elektriko, dviga cen električne energije in povečanja izpustov toplogrednega CO<sub>2</sub> niso uresničile. Nemčija je v enoletnem obdobju po zaprtju zadnjih treh JE (med 15. aprila

lom 2023 in 15. aprilom 2024) dosegla rekordno visoko proizvodnjo električne energije iz OVE (več kot 50 % od skupne proizvodnje – zlasti sončne in vetrne elektrarne), najmanjšo porabo premoga v 60 letih, nižjo ceno elektrike in zmanjšanje izpustov CO<sub>2</sub> iz energetike (manjši izpusti TE na premog) – po oceni Greenpeacea za 24 %, zmanjšanje skupnih izpustov pa za 10 %; vendar so izpusti toplogrednih plinov nemške elektroenergetike na enoto proizvedene elektrike še vedno zelo visoki.

Leto dni pred zaprtjem zadnjih treh JE so te proizvedle 30 TWh električne energije, leto dni po njihovem zaprtju pa se je proizvodnja elektrike s pomočjo večje rabe obnovljivih virov energije v Nemčiji povečala za več kot 30 TWh, proizvodnja elektrike v TE pa se je zmanjšala. Nemčija je leto dni po zaprtju JE tudi zaradi manjše porabe elektrike po daljšem obdobju postala celo manjša neto izvoznica elektrike (1 TWh; izvoz 22 TWh, uvoz 21 TWh), redna neto izvoznica elektrike pa naj bi zaradi dodatnih večjih zmogljivosti proizvodnje s pomočjo zlasti sončnih in vetrnih elektrarn Nemčija postala okoli leta 2030. Marca 2024 je nemška vlada naznanila skorajšnje zaprtje sedmih termoelektarn na premog, kar bo znatno zmanjšalo izpuste toplogrednih plinov.

Aprila 2024 so bile dnevne cene elektrike na odprtem evropskem trgu 53 evrov/MWh, junija 2021 pa zlasti zaradi energetske krize 72 evrov/MWh (januar 2021 – pred vojno v Ukrajini – 52 evrov/MWh). Zaradi zaprtja JE se torej cene elektrike za potrošnike niso povečale, a so višje od evropskega povprečja.

Po analizi Greenpeacea naj bi hkrati zaloge zemeljskega plina zadoščale za kritje možnih dodatnih potreb po elektriki; vendar Posvetovalni svet evropskih akademij znanosti (EASAC) argumentirano opozarja, da je zaradi izpustov še nevarnega metana (neprimerna metodologija za oceno celotnega toplogrednega učinka zemeljskega plina) globalni podnebni potencial zemeljskega plina omejen, zato ne more v daljšem obdobju predstavljati podnebno sprejemljivega energijskega nadomestila za opuščanje premoga (The Future of Gas, 2023).

## Slovenska energetika na razpotju

Ekološki odtis Slovenije (4,8 gha/prebivalca) po zadnjih podatkih znaša dvakrat toliko kot njena biološka zmogljivost obnavljanja virov. Nastali ekološki primanjkljaj (-2,3 gha/prebivalca) je s tem precej večji kot v povprečju sveta (-1,0 gha/prebivalca) in tudi večji kot v povprečju Evrope (-1,4 gha/prebivalca) (Poročilo o razvoju, 2024, 196). S porabo primarne energije več kot 3 tone ekvivalentov nafte na prebivalca in 8 tonami izpustov toplogrednih plinov (TGP) na prebivalca letno se Slovenija redno uvršča med energetsko intenzivne in ogljično nadpovprečno obremenjujoče države. Po konceptu okoljskega prostora o sonaravno sprejemljivi letni porabi primarne energije na prebivalca je poraba v Sloveniji dvakrat previsoka (1,5 tone ekvivalentov nafte). Podnebno sprejemljiva letna količina izpustov TGP na prebivalca pa je v Sloveniji presežena za najmanj petkrat, po sodobnih, podnebno še sprejemljivih letnih izpustih (pod 0,5 tone TGP/prebivalca) pa celo za 17-krat.

Slovenija okoli dve tretjini energije (naftni derivati, zemeljski plin, jedrsko gorivo) uvaža, kar zlasti v geopolitično negotovih globalnih in evropskih razmerah (vojna v Ukrajini) predstavlja določeno tveganje za njeno energetska varnost in blaginjo. Leta 2020 se je uvrščala v skupino držav z netrajnostno energetska bilanco: velika poraba energije na prebivalca, skromna energetska učinkovitost, velika odvisnost od pretežno uvoženih neobnovljivih fosilnih goriv in urana, rast uvoza električne energije, prekomeren ogljični odtis in skromna vloga alternativnih obnovljivih virov energije (sončna, vetrna in geotermalna energija). Energetska učinkovitost, ki temelji na povečanju kakovosti energetska storitev ob manjšem vložku energije, je po mnenju Agencije za energijo RS (Poročilo o stanju ..., 2023, 310) eden od temeljnih elementov prehoda v podnebno nevtralno družbo. Hkrati je tudi med stroškovno najbolj učinkovitimi ukrepi za doseganje ciljev trajnostne energetska

politike (politika t. i. negativov) ter bo v prihodnje ključno vplivala na konkurenčnost slovenskega gospodarstva in družbe nasploh. Obenem prispeva tudi k zmanjšanju energetske odvisnosti in s tem k povečevanju zanesljivosti oskrbe z energijo.

Slovenija mora v okviru evropskega sistema obveznega doseganja prihrankov energije na letni ravni dosežati 0,8-% prihranek končne porabe energije. V celotnem obdobju poročanja o prihrankih 2016–2022 je bilo največ prihrankov doseženih v industriji, najmanj pa v zasebnem in javnem sektorju. Pomembna je vloga Eko sklada, ki spodbuja doseganje prihrankov energije s pomočjo treh sistemov, in sicer s kreditiranjem naložb v ukrepe učinkovite rabe, dodeljevanjem nepovratnih sredstev za izvedbo ukrepov učinkovite rabe in energetske svetovanjem za občane (regionalna mreža svetovalnih pisarn). Pri tem je največ prihrankov doseženih z ukrepi, ki so izvedeni s pomočjo finančnih spodbud, dodeljenih v okviru javnih razpisov Eko sklada (Poročilo o stanju ..., 2023, 315, 316).

V letu 2022 je bila bruto poraba električne energije (lastna raba in izgube) v Sloveniji okoli 16 TWh, uvoz elektrike pa se v zadnjem obdobju povečuje (več kot petina potreb). Ob neupoštevanju uvoza elektrike JEK pokriva več kot 40 % potreb po elektriki, termoelektrarne okoli 35 %, obnovljivi viri energije (zlasti HE) pa okoli 25 %. V letu 2023 je bila struktura proizvodnje električne energije v Sloveniji po virih naslednja: hidroelektrarne – 42 %, termoelektrarne – 26 %, jedrske elektrarne – 23 % (polovični delež za Slovenijo), sončne elektrarne – 7,5 %, bioplín, biomasa – 1 %, veter – 0,06 %. Poraba električne energije v Sloveniji je leta 2022 predstavljala le nekaj več kot 0,5 % skupne porabe elektrike v EU. Večji uvoz elektrike v Slovenijo zato seveda zgolj minimalno vpliva na energetske bilanco Evrope, a uvožena elektrika je praviloma dražja. Direktor Eles Aleksander Mervar navaja, da je leta 2022 glede električne energije bila zabeležena rekordna uvozna odvisnost Slovenije, saj je znašala 32,6 % (Janjić, 2023). Izpostavil je izjemno nizko proizvodnjo HE, podaljšanje remonta JEK in majhne zaloge premoga za potrebe TEŠ. Zaskrbljujoče je torej dejstvo, da je tudi v normalnih razmerah uvozna odvisnost Slovenije razmeroma velika, kar kaže na geopolitično tvegano dosedanje energetske načrtovanje, a bo verjetno izkorišče-

no kot dodatni razlog za gradnjo JEK2. Vendar pisec opozarja, da je dejanska uvozna odvisnost pri električni energiji večja od 50 %, saj Slovenija jedrsko gorivo v celoti uvaža, morebitna nova JEK2 torej ne bo zmanjšala energetske uvozne odvisnosti.

V obdobju 2010–2020 je Slovenija delež proizvodnje električne energije iz OVE povečala le za 4 % (na 34 %, od tega polovico iz HE). V EU se je delež OVE z 20 % povzpел na 39 %, več kot dve tretjini povečanja so prispevale vetrne in sončne elektrarne. Danska je v obdobju 2005–2017 delež OVE v končni rabi energije povečala od 16 % na 32 %, v rabi električne energije pa od 27 % na 64 % (Denmark's Long-Term ..., 2019, 23). Velja poudariti, da se je skupna raba OVE v Sloveniji v obdobju 2005–2020 povečala najmanj od vseh držav EU, in sicer za pičlih 6 %, medtem ko se je v povprečju EU za 92 %. Delež obnovljivih virov energije (OVE) v končni rabi energije se je po letu 2005 le skromno povečeval, v letu 2022 pa je ob manjši rabi lesa in biogoriv prvič upadel pod vrednost v EU (Poročilo o razvoju ..., 2022, 187; 2024, 191). *Slovenija je imela leta 2020 med državami članicami EU z naskokom najmanjši delež proizvodnje elektrike iz fotovoltaičnih in vetrnih elektrarn, v letu 2023 pa se je v Sloveniji zgradilo več kot 17.000 novih sončnih elektrarn.*

Državni scenariji in drugi načrti prihodnjega razvoja energetike Slovenije do leta 2050 so v veliki meri še vedno v najboljšem primeru zgolj šibko trajnostni. Vse ključne razvojne, energetske in okoljsko-podnebnе dokumente Slovenije namreč označuje šibkost varčevalnih, ekosistemskih, sonaravnih, samooskrbnih in medgeneracijskih etičnih izhodišč ter kriterijev, saj so ekosistemski, ogljični in »jedrski« odtisi prekomerni. Skoraj v celoti so prezrti, zanemarjeni, zgolj obrobno upoštevani okoljsko- oziroma ekosistemsko-podnebni, zdravstveni in dolgoročni (stoletni in tisočletni) medgeneracijski »zunanji« stroški in dolgoročne večplastno negativne posledice delovanja načrtovanega, zelo šibkega sonaravnega koncepta energetike.

Po mnenju anketirancev oktobra 2023 (študija po naročilu Greenpeacea Slovenija) pa naj bi se Slovenija v prihodnosti morala najbolj zanašati na sonce, veter in geotermalno energijo, višji rabi obnovljivih virov energije je naklonjenih več kot 90 % vprašanih.

Velika večina (80 %) se strinja, da bi morala Slovenija bolj izkoristiti potencial vetrne energije. Nadpovprečno podporo anketiranih je imela še jedrska energija, anketiranci pa ne podpirajo rabe premoga, nafte in zemeljskega plina (Raziskava javnega mnenja ..., 2023).

Tudi slovenska energetika je torej na strateško izjemno pomembnem energetske, okoljske in razvojnem razpotju. Po mnenju Mitje Žagarja (2022) bi moral državni zbor nemudoma razglasiti podnebno in okoljsko krizo, Slovenija pa bi morala podnebne cilje EU uresničiti že do leta 2040. Predvsem vse bolj zaskrbljujoče globalne in lokalne podnebne posledice rabe fosilnih goriv zaradi prekomernih izpustov toplogrednih plinov zahtevajo popolno prenehanje njihove proizvodnje in rabe najpozneje do srede 21. stoletja. Politično in lobistično izsiljena, koruptivna, pregrešno draga ter finančno zgrešena gradnja šestega bloka TEŠ (prvotno načrtovano delovanje vse do leta 2054) je v razmerah udejanjanja podpisanega Pariškega podnebnega sporazuma (2016) in evropskega zelenega dogovora (2019) o 55-% zmanjšanju izpustov TGP (1990–2030) postala zelo obremenjujoč mlinski kamen nujne globinske energetske prenov Slovenije. Sprejete mednarodne podnebne zaveze Slovenije zahtevajo predhodno zaprtje TEŠ (okoli leta 2030), ki je zgolj pred nekaj leti zaključila gradnjo bloka 6. Dejstvo je, da bo v tem primeru Slovenija v kratkem obdobju ostala brez enega od treh temeljnih gradnikov oskrbe z električno energijo (ob domačih HE in JEK), ki bo v prihodnosti postala še bolj pomembna, zelo dragocena, vsestransko uporabna oblika energije za obstoječe in pričakovane nove porabnike. Obenem velja podčrtati, da je po navedbah Duške Godina (2023) bila leta 2022 Slovenija zaradi slabših hidroloških razmer in začasne zaustavitve TEŠ6 prisiljena uvoziti več kot 30 % električne energije in s tem zabeležila najnižjo elektroenergetsko samozadostnost. Dejanska elektroenergetska samozadostnost pa je bila leta 2022 ob upoštevanju uvoza jedrskega goriva še bistveno manjša, v povprečju pa Slovenija v zadnjem obdobju uvaža 15–20 % električne energije.

**Osebna izkaznica JEK (Letno poročilo NEK, 2023; Pomemben delež električne ..., 2024; Poročilo o varstvu ..., 2023)**

- Raziskave na Krškem polju so se začele leta 1964, ko je to območje postalo možna lokacija za jedrsko elektrarno. V dogovoru s posebno delovno skupino izvršnih svetov in koordinacijskim odborom je investitor leta 1973 z Westinghousom iz ZDA podpisal pismo o nameri, gradnja JEK se je začela leta 1974.
- Začetek pridobivanja uranove rude v rudniku Žirovski vrh za pokrivanje potreb JEK po jedrskem gorivu sega v leto 1982.
- JEK (tlačnovodni jedrski reaktor) je začela komercialno obratovati 1. januarja 1983, v zadnjih desetletjih se je letno povprečje proizvodnje s 4,5 TWh zvišalo na 5,6 TWh.
- Zaradi nizkega preletavanja vojaških letal Jugoslovanske ljudske armade (JLA) 1. junija 1991 je 2. julija 1991 (obrambna vojna za samostojno Slovenijo) prišlo do popolne zaustavitve obratovanja JEK.
- Vlada RS je leta 1992 sprejela sklep o trajnem prenehanju izkopavanja uranove rude v rudniku urana Žirovski vrh, ki se je začelo leta 1985. Na območju rudnika sta ostali odlagališči rudarske jalovine Jazbec (1,6 milijona ton) in hidrometalurške jalovine Boršt (0,7 milijona ton). Odlagališče Boršt ima status sevalnega objekta in še ni zaprto; zapiranje se je zavleklo zaradi zagotavljanja dodatnih obnovitvenih ukrepov za dolgoročno stabilnost odlagališča, saj je del njega na območju plazenja.
- V letu 1994 je bil ustanovljen Sklad za financiranje razgradnje JEK in odlaganje radioaktivnih odpadkov.
- Po zamenjavi obeh nizkotlačnih turbin je bila leta 2006 določena nova nazivna moč elektrarne – 727 MW na električnem generatorju. Moč na pragu elektrarne – 696 MW.

- Dvig protipoplavnih nasipov leta 2012 za zagotavljanje poplavne varnosti JEK.
- Meddržavna komisija je leta 2015 skladno s pogodbo podprla odločitev družbenikov JEK za podaljšanje obratovalne dobe do leta 2043. V letu 2021 je Ministrstvo za infrastrukturo investitorju GEN energija, d. o. o., izdalo energetske dovoljenje za energetski projekt JEK2. Leta 2022 je bil končan postopek pridobitve okoljevarstvenega soglasja, s katerim je JEK izpolnila enega izmed upravnih predpogojev za dodatno obratovanje.
- V Vrbini v mestni občini Krško, v neposredni bližini JEK, bo do leta 2027 (2028) zgrajeno odlagališče nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov (NSRAO).
- Leta 2022 je bilo v JEK uskladiščenih 489 novih paketov NSRAO s skupno prostornino 112,3 m<sup>3</sup>. V bazenu za gorivo je bilo leta 2022 shranjenih 1432 uporabljenih gorivnih elementov iz 32 gorivnih ciklusov. Skupna masa izrabljenega gorivnega materiala je bila 556 ton.
- Uprava RS za jedrsko varnost (URSJV) je skladno z jedrsko zakonodajo konec oktobra 2022 izdala odločbo za suho skladiščenje izrabljenega goriva, leta 2023 je prišlo do prve predstavitve zabojnikov z izrabljenimi jedrskimi elementi (iz bazena za izrabljeno jedrsko gorivo).
- Obremenitev prebivalcev okoli JEK zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v okolju je bila v vseh letih njenega obratovanja pod vsemi zakonsko določenimi mejami.

## Ključni razlogi za gradnjo JE Krško 2

Po mnenju Draga Babiča (2018b) je osnovna energetska dilema Slovenije naslednja: ali bomo po letu 2030 zadovoljili povečano potrebo po elektriki ter nadomestili TEŠ6 in obstoječo JEK (pasovna proizvodnja elektrike) samo z OVE, vršnimi elektrarnami na zemeljski plin ter z uvozom elektrike in plina ali pa z novo jedrsko elektrarno na lokaciji stare in z manjšim obsegom sicer večje rabe OVE. Podpira izgradnjo JEK2, saj je po njegovem mnenju njena pospešena izgradnja (navaja leto 2033) ob prenehanju uporabe premoga v TEŠ pogoj za nemoteno oskrbo Slovenije z električno energijo. Babič (2022) opozarja na zaostajanje glede podnebnih obvez in ciljev ter med drugim predlaga izgradnjo dveh JE z močjo 1100 MW z letno proizvodnjo 8800 GWh (od česar bo določen delež namenjen Hrvaški), prvo do leta 2033, drugo do leta 2043 kot nadomestilo za obstoječo JEK, ki se ji takrat izteče življenjska doba, ali pa naj bi obnovili in podaljšali delovanje obstoječe JEK še za 20 let. Damijan in Babič (2020) predlagata, da se razen JEK2 vzpostavi elektroliza vode za proizvodnjo vodika na obstoječi energetski lokaciji v Šoštanju, kjer že obstajajo številne elektroenergetske inštalacije in elektroenergetski del TEŠ. Vodik bi se proizvajal torej poleti iz viškov elektrike iz fotovoltaičnih elektrarn, se skladiščil in potem uporabljal za proizvodnjo elektrike v zimskem času in kot rezervna zmogljivost v primeru motenj v delovanju načrtovane nove JEK.

Babič (2022) predlaga, da se do leta 2045 zgradijo nove kapacitete OVE z letno proizvodnjo: sončne elektrarne za 3,5 TWh (z močjo 3500 MW), vetrne elektrarne za 0,5 TWh (z močjo 300 MW), pretočne hidroelektrarne (štiri na srednji Savi) za 0,5 TWh (z močjo 130 MW), črpalne elektrarne (ČHE Kozjak) za 1 TWh (z močjo 400 MW) in plinske elektrarne za 300 MW, ki bodo namenjene predvsem občasnemu pokrivanju primanjkljajev v proizvodnji elektrike v primeru izpada drugih večjih agregatov.

V primeru gradnje ene JE naj bi bil po oceni Babiča (2024a) delež jedrske energije v skupnji proizvodnji elektrike 43 %, z dveh pa bi ob bistveno večji skupni proizvodnji narasel na 63 %. Strmo rast negativnih učinkov sončnih elektrarn imenuje - kanibalski učinki sončnih elektrarn, delež elektrike iz sončnih elektrarn po njegovi oceni ne bi smel preseči 10-15 %. Sodi torej, da je Slovenija pri skupni kapaciteti/moči sončnih elektrarn omejena, saj ta ne more presegati poletne porabe električne energije, za pokrivanje zimskih potreb pa bi morala zagotoviti dodatne elektrarne na fosilne vire. Vendar se moramo zavedati, da bomo dobili kombiniran proizvodni sistem iz sonca in plina (ali premoga), ki ne bi omogočil doseganje podnebne nevtralnosti (Babič, 2024b).

Martin Čopič (2021) scenarij OVE kot osnovni scenarij ocenjuje za manj primerne, ker zlasti pozimi ni mogoče zagotoviti dovolj zanesljive oskrbe (dodatna poraba elektrike zaradi toplotnih črpalk in električnega prometa). Zagovarja takojšnji začetek gradnje druge JE, ki naj bi bila zgrajena v desetih letih in bi omogočila predčasno zaprtje TEŠ.

Jože P. Damijan (2021) izrazito negativno ocenjuje nemško energetska politiko (v nasprotju s francosko, temeljno zasnovano na jedrski energiji) in upa, da po hitrem zaprtju TEŠ6 leta 2033 ne bomo tudi v Sloveniji postali energetska povsem odvisni od uvoza električne energije ter s tem od geopolitičnih razmer v svetu in različnih ekonomskih in energetskih šokov. Upa, da bomo leta 2033 imeli na voljo ekvivalentno zamenjavo za TEŠ6, kar pa je po njegovem mnenju lahko le JEK2 v kombinaciji s hidroelektrarnami na srednji Savi in morda še na Muri. Drugi nizkoogljivi viri, kot sta veter in sonce, so po njegovi sodbi koristni le kot dopolnilni viri, vendar več kot »folklornega« (!) deleža (5–10 %) v skupni proizvodnji elektrike naj ne bi mogli prinesiti.

Delovna skupina v okviru SAZU (Aleksander Mervar, Dejan Paravan, Jože P. Damijan, Drago Babič, Tamara Lah Turnšek idr.) je izdelala Strategijo razvoja elektroenergetskega sistema Slovenije do leta 2050 (2022). Zasnovana je na modelu izrazite rasti porabe električne energije (podvojitve porabe elektrike – dvig skupne porabe na 30,6 TWh), opuščanju rabe premoga do leta 2033 (zaprtje TEŠ),

ključni proizvodni vlogi jedrske energije (podaljšanje obratovanja sedanje JEK do leta 2043 in gradnja nove JEK do leta 2035, ocenjena cena – 6,6 milijarde evrov), okrepljeni vlogi OVE (poudarek na sončni energiji, večja vloga vetrne energije in delno tudi hidroenergije) ter prehodni, manjši vlogi zemeljskega plina (plinske elektrarne) in večji vlogi vodika po letu 2035 (elektroliza s pomočjo OVE). Po oceni Damijana in Babiča (2024) koncept delovne skupine SAZU temelji primarno na jedrski energiji in hidroenergiji, ki skupaj tvorita med 48 % (2025) in 69 % (2050) vse proizvedene električne energije. V letu 2050 naj bi energija sonca in vetra prispevala 16 %, preostalih 15 % elektrike pa naj bi prispevali hranilniki energije in plinske elektrarne na vodik oziroma sintetični metan.

Damijan in Babič (2024) sodita, da je evropska energetsko-podnebna politika zasnovana na napačni premisi: podnebno nevtralnost do leta 2050 je treba doseči s prehodom na OVE, tako zasnovan prehod pa bo ob znižanju izpustov TGP prinesel tudi nižje cene električne energije. Po njunih predpostavkah sta v sicer prenovljenem Nacionalnem energetskem in podnebnem načrtu RS (Osnutek predloga ..., 2024) oba energetska koncepta (100-% koncept OVE in koncept OVE + jedrska energija; JEK2 po letu 2040) zaradi preveč konservativnih ocen bodoče porabe končne energije (podcenjena poraba) in visokih deležev elektrike iz nestanovitnih OVE (sončne in vetrne elektrarne) neprimerna. Nacionalni energetsko podnebni načrt (NEPN) ne predvideva dovolj nadomestnih kapacitet (npr. elektrarne na plin in premog) niti kapacitet za shranjevanje viškov energije (razen črpalnih HE). Načrtovano proizvodnjo elektrike iz JEK2 kljub v celoti uvoženemu jedrskemu gorivu (Slovenija je Rudnik urana Žirovski vrh začela zapirati v začetku devetdesetih let 20. stoletja) uvrščata med domače vire energije, tako naj bi se torej uvozna odvisnost Slovenije zmanjšala, strateška varnost pa povečala. Najbolj optimalna naj bi bila torej kombinacija nizkoogljicnih virov (primarno jedrska energija in hidroenergija) ter dopolnilno OVE sonca in vetra ter hranilniki energije. Sodita, da so energetske koncepti zgolj na osnovi OVE nevdržni in/ali zahtevajo bistveno višje investicije, hkrati pa naj ne bi vodili k uresničitvi podnebnih ciljev glede razogljičenja (Damijan in Babič, 2024).

Aleksander Mervar (2023), direktor Elesa (zagovornik jedrske energije), opozarja, da je trenutno glavni problem TEŠ6, saj naj bi letne izgube znašale okoli 170–220 milijonov evrov. Po nekaterih ocenah iz leta 2024 pa naj bi letne izgube TEŠ6 presegle 250 milijonov evrov in do leta 2033 skupno presegle 2,5 milijarde evrov. Obenem Mervar (2023) svari pred »rokohitrsko rešitvijo« z novo JE, kjer po njegovi sodbi spet prednjači Gospodarska zbornica Slovenije (kot pri podpori pozneje večplastno nasledlega projekta gradnje šestega bloka TEŠ), saj tržne cene jedrske energije ne bodo nikoli tako nizke, kot so bile v preteklosti. Mervar (2023) namreč poudarja, da v Sloveniji ni mogoče zgraditi nove jedrske elektrarne, kjer bi bila ekonomska cena elektrike okoli 50 evrov/MWh. Navaja napoved, da naj bi bila cena elektrike in reaktorjev v Hinkley Pointu (Velika Britanija) v naslednjih 25 letih več kot 125 evrov/MWh. Raziskovalna novinarka Monika Weiss (2024a) pa navaja, da naj bi bila po oceni Mervarja stroškovna cena proizvedene elektrike z upoštevanjem financiranja investicije 150–160 evrov/MWh. Cene elektrike na madžarski borzi za obdobje 2025–2027 pa naj bi znašale v povprečju 80 evrov/MWh. Ob upoštevanju predvidene letne proizvodnje v načrtovani JEK 2 (8,7 TWh) naj bi po njegovi oceni letne izgube JEK2 znašale okoli 600 milijonov evrov (Weiss, 2024a). Aprila 2024 je bila na evropskem trgu cena električne energije 53 evrov/MWh (junij 2021, v prvem obdobju ukrajinske vojne – 72 evrov/MWh), kar je skoraj enaka cena kot je bila januarja 2021 (Wehrmann, 2024, 13, 14).

Mervar (2023) zato upa, da bodo v Gen energiji pošteno izračunali stroškovno ceno nove JE, kjer je treba poleg gradnje nove JEK upoštevati tudi razgradnjo, skladiščenje izrabljenega jedrskega goriva in potrebne dodatne investicije v plinske elektrarne. Mervar (2023) ocenjuje, da načrtovana JEK2 ne bo začela proizvajati elektrike najmanj 15 let, obenem pa bo treba zanj zgraditi rezervne enote za obdobje, ko zaradi različnih razlogov ne bo zmožna proizvajati elektrike. Zato predlaga, da se postavijo še plinske elektrarne z močjo 300–450 MW (Šoštanj, Trbovlje, morda dodatna še v Brestanici), kjer bi lahko v bolj oddaljeni prihodnosti proizvajali zeleni vodik (oziroma iz zelenega vodika s

kemičnimi postopki pridobljeni zeleni metan), lahko pa bi bile tudi strateške rezerve države. Po gradnji novih plinskih elektrarn naj bi Slovenija sprejela ključno odločitev: o gradnji manjših modularnih jedrskih reaktorjev ali velike JE, ne pa tudi glede vloge vetrnih in sončnih elektrarn. Hkrati opozarja na zavajanje tistih, ki govorijo o gradnji malih modularnih jedrskih reaktorjev, čeprav sodi, da bodo morda pomembni v prihodnosti (Mervar, 2023).

Mervar (2024) nadaljnji razvoj projekta JEK2 sicer podpira (z močjo 1100 MW ali 1600 MW), a razblinja nekatere mite, ki krožijo v razpravah o novi jedrski elektrarni. Poudarja, da elektrika iz JEK2 ne bo poceni, po optimistični oceni naj bi bila najmanj 125 evrov/MWh ali več, na omrežje pa ne bo priključena pred letom 2040. Če pa ne bo prišlo do gradnje JEK2, navaja možnost večjega uvoza elektrike, a opozarja na geostrateško tveganje v primeru daljših motenj v oskrbi Evrope. Po dodatnih ocenah naj bi v primeru gradnje JEK2 z močjo 1100 MW potrebovali rezervne plinske elektrarne z močjo 380 MW, v primeru 1600 MW pa 890 MW. Gospodarska zbornica Slovenije močno podpira projekt JEK2, medtem ko Mervar (2024) opozarja, da energetska intenzivna industrija ne bo sposobna odkupovati dražje elektrike. Poudarja, da je Gospodarska zbornica zelo podpirala tudi šesti blok Termoelektrarne Šoštanj, sedaj pa seveda nobeno slovensko podjetje ne bi kupovalo elektrike po ceni 200 evrov/MWh, tako tudi leta 2025 ne bodo kupovala po ceni 125 evrov/MWh ... Sodi, da Slovenija ne želi biti poskusni zajček glede tehnologij malih modularnih generatorjev, kar poudarjajo tudi v Gen energiji (Mervar, 2024).

Glede sončnih in vetrnih elektrarn Mervar (2024) sodi, da so največji problem daljša obdobja hranjenja električne energije in skromne količine hranilnikov energije (npr. baterijski hranilniki). Sončno energijo lahko kombiniramo z jedrsko energijo, ki ima konstantno proizvodnjo elektrike. Toda še vedno imamo dnevne in nočne konice, ki jih lahko rešujemo na dva načina: ali sončne elektrarne ugasnemo, ko je proizvodnje dovolj, ali pa elektriko pretvorimo v vodik. Na drugi strani pa velja poudariti, da so sedaj sončne elektrarne v primerjavi z nabavno ceno leta 2010 osemkrat

cenejše; zato tudi Mervar (2024) ne more vedeti, kaj bo čez pet let, morda bodo elektrolize vode za proizvodnjo vodika uspele in postale rentabilne. Če se bodo izkazale za rešitev, potem bomo imeli z veliko jedrsko elektrarno problem. Vendar tudi tehnologija proizvodnje vodika tudi po mnenju Mervarja (2024) še ni na voljo in v kratkem ne pričakuje množičnega razmaha elektrolize ter uporabe zelenega vodika za proizvodnjo elektrike, še manj pa njene stroškovne sprejemljivosti.

Jože P. Damijan (2023) sodi, da predlog takratnega Nacionalnega energetskega in podnebnega načrta Slovenije iz leta 2022 preveč stavi na OVE, čeprav dopušča tudi jedrski scenarij, zato ga označuje kot pravljico, nenaklonjeni način razmišljanja o jedrski energiji pa označuje kot ideologijo ali religijo. Nemško energetska politika zaradi zapiranja JE ter podpore sončni in vetrni energiji opredeljuje kot »solarno norost«. Obenem naveda, da naj bi gradnja JEK2 (po njegovi oceni naj bi bila zgrajena že leta 2035) zmanjšala energetska uvozna odvisnost – čeprav Slovenija po zaprtju Rudnika urana Žirovski vrh jedrsko gorivo – uvaža. Cena elektrike iz nove JEK2 naj bi bila po njegovih ocenah zgolj 30–35 evrov/MWh, investicije v OVE na enoto proizvedene elektrike pa nekajkrat višje. Finančna konstrukcija ga »najmanj skrbi«, investitorjev naj ne bi bilo težko najti. Življenjska doba JE naj bi bila po njegovih navedbah okoli 60 let oziroma 80 ali celo do 100 let. Damijan (2023) odločno nasprotuje temu, da bi o (ne) gradnji odločale državljanke in državljani na referendumu, »ker so to za državo preveč pomembna strateška vprašanja« ...

Bine Kordež (2024a) sodi, da razprave, ki jih bomo imeli glede izgradnje JEK2 niso pravilno usmerjene. Prvo ključno vprašanje je po njegovem mnenju pravzaprav, kako bomo perspektivno zagotavljali prepotrebno električno energijo v zimskem času in kakšne imamo alternative. Zaenkrat, na osnovi vseh informacij in znanih tehnoloških možnosti, je alternativa izgradnji druge jedrske elektrarne samo uvoz in izjemno visoka energetska odvisnost od tujine (si strateško to lahko privoščimo?) ali močno znižanje porabe, spremembe navad ljudi in opuščanje vseh energetska potratnih obratov (Kordež, 2024a).

Po dokaj zanesljivih virih naj bi bil po mnenju Kordeža (2024b) je pričakovan strošek izgradnje 1.200 megavatne JEK2 okoli 10 milijard evrov ob začetku obratovanja (pogosto se omenja tudi številka 15 milijard, a ta znesek najbrž zajema stroške financiranja). Upošteva se 40 letno obratovalno dobo in financiranje (realno lahko pričakujemo vsaj 60 let delovanja ali celo 80 let), bi to pomenilo 25 evrov/MWh stroškov izgradnje. Temu moramo dodati še tekoče stroške delovanja elektrarne, ki se skupaj s prispevkom za razgradnjo glede na izkušnje z JEK gibljejo okoli 30 evrov/MWh. Skupaj torej realnih 55 evrov/MWh ali mogoče nekaj več za potrebne nadgradnje JEK2 v času delovanja. Kordež (2024b) navaja, da bi bila 3 % letna realna obrestna mera zelo dober donos za vlagatelje in s to osnovno predpostavko lahko izračunamo tudi stroške financiranja te naložbe. Ob omenjenih parametrih bi bil strošek financiranja okoli 20 evrov/MWh. Skupna stroškovna cena elektrike iz nove JEK2 bi bila torej lahko okoli 75 evrov/MWh po stalnih cenah vseh 40 let obratovanja, po odplačilu posojil pa omenjenih 55 evrov/MWh. Ob 60 letni razporeditvi amortizacije in financiranja bi bila že začetna cena lahko tudi pod 70 evrov/MWh.

Vložek ob 20 letni življenjski dobi sončnih panelov (opomba pisca – zelo nizko ocenjena življenjska doba) in ob 3 % stroških financiranja pomeni 60 do 70 evrov/MWh stroška. Samo za primerjavo – če bi po teh cenah želeli postaviti sončnih elektrarn z letno kapaciteto proizvodnje kot jo ima TEŠ (3.500 GWh), bi morali investirati preko 3 milijarde evrov (Kordež, 2024b). V tej številki niso vključeni stroški vlaganja v distribucijsko omrežje zaradi povečanega obsega sončnih elektrarn, ki naj bi stala nekaj milijard evrov. Kordež (2024b) zaključuje, da bodo stroški iz JEK2 ob učinkoviti finančno izvedbi dejansko cenejši kot iz sončnih elektrarn, upošteva se vse stroške. Pa tudi dodatni stroški nadaljevanja obratovanja TEŠ niso previsoki v primerjavi s stroški, ki jih bomo imeli tudi, če TEŠ ustavimo.

Igor Lengar (2024) sodi, da so v obdobju nujnega zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov temeljna pot do nizkoogljične družbe seveda nizkoogljične elektrarne, kjer so izpusti v njihovi

celotni življenjski dobi manjši od 100 g CO<sub>2</sub>/kWh proizvedene električne energije. Sklicuje se na eno izmed metodologij, po kateri so jedrske elektrarne po zelo nizkih izpustih CO<sub>2</sub>/kWh proizvedene elektrike uvrščene zelo ugodno: geotermalna energija – 38, hidroelektrarne – 10, sončne elektrarne – 7, jedrske elektrarne – 6. V razliko od jedrskih elektrarn pa sicer nizkoogljične sončne in vetrne elektrarne v splošnem naj ne bi prispevale k stabilizaciji elektroenergetskega sistema; s svojo zelo spremenljivo močjo, ki je odvisna od naravnih dejavnikov, naj bi v energetske sistem vnašale dodatno nestabilnost. Lengar (2024) je analiziral norveški, francoski in nemški pristop zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov. Kot najbolj učinkovitega je izdvojil francoski pristop z izbiro jedrskih elektrarn (53 g CO<sub>2</sub>/kWh), kot najmanj učinkovitega («slepa ulica»), in najdražjega, pa nemškega (400 g CO<sub>2</sub>/kWh), z izbiro sončnih in vetrnih elektrarn in predčasnim zaprtjem vseh jedrskih elektrarn ter ustavitvijo premogovnih elektrarn šele do leta 2028. Lengar (2024) zato sodi, da scenarij elektroenergetskega sistema, slonečega samo na obnovljivih virih, ni izvedljiv. Taki scenariji so po njegovi oceni zasnovani na domnevno nizki ceni električne energije iz OVE, brez upoštevanja njenih eksternih stroškov in ob predpostavki skorajšnjega razvoja hranilnikov energije. Tudi po njegovem mnenju človeštvu v nekaj desetletjih ni uspelo nadgraditi obstoječih hranilnikov energije ali poiskati učinkovitih novih tehnologij, kar naj bi veljalo tudi za tehnologije uporabe vodika.

Lengar (2024) v prispevku omenja »navijaško favoriziranje določenega scenarija«, vendar za energetske scenarije, ki vključujejo sicer nizkoogljično jedrsko energijo, ne navaja nobenega strokovnega pomisleka ali vsaj protislovja. Lengar (2024) zaključuje, da trenutne razmere ob skorajšnjem zaprtju TEŠ terjajo odločitev, po kateri poti bo šla Slovenija. Upa, »da bomo v Sloveniji znali izbrati pot naprej na podlagi strokovnih dejstev in ne na podlagi čustev ali dnevnopolitičnega dogajanja«.

Stanislav Rožman (2024), dolgoletni predsednik uprave JEK, sodi, da se z resolucijo o miroljubni rabi jedrske energije v bistvu polaga temeljni kamen za drugo jedrsko elektrarno v Sloveniji. Prepričan je, da zgolj gradnja JEK2 omogoča zadostnost

električne energije za razvoj Slovenije in prehod v brezogljžno energetiko. Po njegovem mnenju bi bilo mogoče JEK2 zgraditi nekako v 11 letih (štiri leta – predviden čas do pridobitve gradbenega dovoljenja, sedem let – gradnja jedrske elektrarne). Rožman (2024) sodi, da bi Slovenija zelo težko in manj učinkovito dosegla obsežno razogljžčenje brez jedrske energije, prednost rabe jedrske energije pa naj bi bila tudi cenovna vzdržnost, stalna razpoložljivost, predvidljivost in stabilnost obratovanja. Ne strinja se s stališči, da jedrske elektrarne prinašajo izgubo. Nasprotno, meni, da je okoli 450 jedrskih elektrarn po svetu »najbolj učinkovitih profitnih centrov«, kar po njegovem mnenju velja tudi za JEK. Rožman (2024) je mnenja, da je velik dosežek slovenske politike, da se ji je uspelo dogovoriti za referendum o JEK2 v jeseni leta 2024. Sodi, da je dovolj podatkov za referendumsko odločanje, saj zanj niso potrebni natančni podatki o JEK2.

Tudi trajno odlaganje radioaktivnih odpadkov naj ne bi bilo resničen vsebinski problem obratovanja jedrskih elektrarn, temveč naj bi šlo za »tendenciozno ustvarjen problem, ki nima realne teže in na katerem se gradi opozicija jedrski energiji« (Rožman, 2024). Verjame, da se bo gradnja nove JE približala petletnim časovnicam. Nekdanji predsednik uprave JEK je hkrati prepričan, da bodo nekoč vse slovenske mestne občine imele modularne jedrske elektrarne.

Jedrski strokovnjak Igor Lengar (2023) sodi, da so glede na izkušnje s TEŠ6 korupcijska tveganja pri predvideni izgradnji JEK2 tolikšna, da bi moral biti nemudoma uveden civilni nadzor nad projektom. TEŠ6 je primer, ki ga je ozka skupina ljudi, ob aktivnem sodelovanju SDS in SD (na občinski in državni ravni), na koruptiven način speljala mimo javnosti – to so ugotovitve preiskovalne komisije DZ o TEŠ6 (t. i. Hanžkova komisija). Za novo JEK lobira tudi predsednik uprave NLB, tudi kot predsednik ameriške gospodarske zbornice v Sloveniji. Generalna sekretarka Gospodarske zbornice Slovenije Vesna Nahtigal (zagovarja gradnjo drugega bloka JEK) je aprila 2023 prostodušno dejala, da bi morali ljudi iz odločanja izključiti: »Menim tudi, da bi morala odločitev o drugem bloku JEK sprejeti vlada, ne pa, da gre s tem vprašanjem na referendum« (Lengar, 2023).

Ekonomist Izidor Ostan Ožbolt (2024) sodi, da je JEK2 pomemben in potreben razvojni projekt Slovenije, jedrska energija pa naj bi bila tehnično, družbeno, podnebno in naravovarstveno smiselna tehnologija. Ob strokovnem upravljanju, izbiri pravega dobavitelja in primernih tržnih razmerah naj bi bila investicija v JEK2 smiselna tudi ekonomsko. Kljub temu ga razvoj dogodkov okoli načrtovane JEK2 skrbi zaradi spominjanja na preteklo dogajanje okoli TEŠ6. Leta 2021 je pod takratno slovensko vlado (predsednik vlade – Janez Janša) nastajala dolgoročna podnebna strategija Slovenije, ki je v javno objavljenem vladnem gradivu upoštevala dva scenarija razogljichenja elektroenergetskega sistema: scenarij, ki je 100-% temeljil na OVE, ter scenarij z OVE in jedrsko elektrarno. Dan pred sejo vlade se je besedilo strategije spremenilo, potrjevalo je zgolj jedrsko opcijo, kar je bilo v nasprotju z zavezami iz drugih državnih dokumentov. Vse to z razlogom, da je bila podnebna strategija podlaga za pridobitev energetskega dovoljenja za JEK2. Ostan Ožbolt (2024) zagovarja izdelavo obeh energetskega scenarijev v okviru posodobitve nacionalnega energetskega in podnebne načrta Slovenije.

Opozicija je vlado Roberta Goloba po mnenju Ostana Ožbolta (2024) s stalnimi pritiski dobesedno prisilila v pripravo osnutka Resolucije o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji. V njej se Državni zbor zavezuje k podpori gradnji JEK2 (24. člen), ne da bi poznal ključne informacije o investiciji. Zadevo so pripeljali do absurda z vložitvijo predloga za razpis posvetovalnega referendumu z zavajajočim vprašanjem, ne da bi bili znani potrebni podatki o projektu. Ostan Ožbolt (2024) upravičeno sodi, da je predlagana izvedba referendumu v drugi polovici leta 2024 prezgodnja, saj do takrat glede možne gradnje JEK2 ne bodo na razpolago potrebne ocene stroškov investicije, stroškovna cena električne energije iz elektrarne, tveganja za državo ob morebitnem povečanju stroškov investicij, načrti skladiščenja visokoradioaktivnih odpadkov, moč elektrarne in ukrepi za preprečitev ponovitve TEŠ6. Hkrati se lahko referendum – ne glede na takratne razmere – preprosto izkoristi za dokazovanje ljudske podpore v prihodnje. Gibanje Mladi za podnebno pravič-

nost upravičeno predlaga zamik referendumu na datum, ko bodo znani vsi relevantni podatki. Referendumsko vprašanje o gradnji JEK je lahko vezano izključno na pospešitev vseh dejavnosti za čimprejšnjo strokovno odločitev o projektu (Ostan Ožbolt, 2024). V resoluciji o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije naj ostane zgolj vsebina, ki spodbuja pospešitev procesov za čimprejšnjo strokovno odločitev o projektu.

Ostan Ožbolt (2024) predlaga naslednje ukrepe za nujen celovit način upravljanja projekta JEK2:

- projektni svet za civilni nadzor nad JEK2;
- dodatni član iz strokovne civilne družbe v vladno delovno skupino za koordinacijo pripravljanih dejavnosti na projektu JEK2;
- redno poročanje nadzornemu svetu, projektnemu svetu za civilni nadzor in pristojnemu ministrstvu;
- redno in pregledno poročanje javnosti o projektu JEK2 (spletna stran);
- telefonska linija za vprašanja državljanov o JEK2;
- javne razprave o JEK2 in širšem razvoju slovenskega elektrogospodarskega sistema (dva možna scenarija: 100-% OVE in OVE + JE);
- moratorij za sprejemanje uradnih političnih dokumentov podpore projektu (izogibanje izkoriščanju takšnih aktov za politiko izvršenih dejstev).

Ostan Ožbolt (2024) zaključuje, da je projekt JEK2 treba voditi transparentno in strokovno, da se preprečijo sistemska korupcija in nezakovitosti, znane iz afere TEŠ6.

Vse poslanske skupine (z izjemo Levice) so marca 2024 vložile predlog za posvetovalni referendum o izvedbi JEK2, o jedrski prihodnosti naj bi se odločalo novembra 2024. Predlagatelji sodijo, da zgolj energetska mešanica jedrske energije in obnovljivih virov zagotavlja stabilnost in zanesljivost sistema s proizvodnjo nizkoogljične energije. Referendum naj bi s splošnim vprašanjem o podpori izvedbi projekta JEK2 preveril (ne)naklonjenost drža-

vljanov temu, da Slovenija ostane jedrska država tudi v prihodnje. To naj bi po mnenju novinarja Boruta Tavčarja (2024), podpornika jedrske energije, dalo jasen signal, ali je mogoče postopke umeščanja z enim ali dvema jedrskima reaktorjema v prostor pospešiti. Politična stranka Levica, Mladi za podnebno pravičnost in številne druge NVO pa so med drugimi proti referendumu, saj o projektu konkretno ne obstajajo potrebni podatki za ljudsko odločanje. Na mestu so opozorila, da bi se lahko ponovila »zgodba« projekta šestega bloka TEŠ, katerega netransparentna gradnja se je močno podražila (več kot podvojila). Predsednik vlade Robert Golob pa je napovedal za pozneje še en referendum z bolj konkretnim vprašanjem, in sicer pred končno investicijsko odločitvijo, predvideno za konec leta 2027 ali začetek leta 2028.

## Ključni razlogi proti gradnji JE Krško 2

V vse tesnejšem primežu posledic podnebnih sprememb je razen vrste nujnih ukrepov skrajno varčne rabe energije torej neobhodna (ne pa edina potrebna) večplastno izjemno zahtevna zamenjava domačega »fosilnega« elektroenergetskega gradnika, in sicer z nizkoogljičnimi (brezogljičnimi), vse bolj tudi tržno konkurenčnimi domačimi obnovljivimi viri (OVE) ali pa s povečano vlogo prav tako nizkoogljične, a vse dražje jedrske energije (uvoženo jedrsko gorivo). Dejansko se mora Slovenija zaradi vse tesnejšega primeža podnebnih sprememb in s tem povezanega hitrega procesa razogljičenja (blaženje) v vsakem primeru spoprijeti z izzivi praktično 100-% opustitve rabe fosilnih goriv najpozneje do leta 2050 (2040). Temeljna bo strateška razvojna in politična odločitev na oskrbno ključnem energetskega polju, kjer mora Slovenija kmalu sprejeti politično obvezujočo strateško odločitev izbora enega od dveh elektroenergetskih scenarijev:

- JE + OVE elektroenergetski scenarij (raba jedrske energije + raba obnovljivih virov energije);
- URE + OVE elektroenergetski scenarij (učinkovita raba energije + 100-% raba OVE + pomembna vloga sintetičnih goriv iz viškov elektrike iz OVE).

V razvojnem načrtu prenosnega omrežja RS (2021, 88) Ele-sa sta za obdobje 2021–2030 načrtovana nadaljnje obratovanje obstoječe JEK (703 MW) ter gradnja JEK2 (1100 MW), ki naj bi po enem od njihovih energetskega scenarijev začela obratovati že leta 2030, kar v praksi ni mogoče. Vlada Janeza Janše je leta 2021 brez javne razprave izdala energetskega dovoljenje za gradnjo nove JEK, 2. januarja 2024 pa so vse parlamentarne stranke (vključno z Levico) podprle gradnjo JEK2 in izvedbo referendum-a o nje-ni gradnji jeseni 2024. Tudi velika večina zunajparlamentarnih

političnih (z izjemo zlasti Vesne) prav tako sodi, da je gradnja nove JE v Sloveniji »neobhodna« za varno energetske prihodnosti in energetske »samozadostnost«, čeprav gre po zaprtju Rudnika urana Žirovski vrh seveda za uvoz jedrskega goriva. Predsednica Republike Slovenije Nataša Pirc Musar, podpornica jedrske energije, je na podnebni konferenci v Dubaju (COP 28) decembra 2023 podprla deklaracijo ZDA, s katero okoli 25 držav (brez Kitajske in Rusije) pozivajo k potrojitvi svetovnih jedrskih zmogljivosti do leta 2050.

Raziskovalni novinar in kolumnist Janko Lorenci (2019), ki sicer a priori ne zavrača jedrske energije, je kot »veliko in drzno« označil napoved takratnega predsednika slovenske vlade Marjana Šarca o podpori gradnje druge slovenske elektrarne v Krškem (leta 2021 je gradnjo JEK2 podprl tudi takratni predsednik vlade Janez Janša). Med razlogi podpore je Lorenci izdvojil nizkoogljичnost jedrske energije, zelo počasno povečevanje rabe OVE in psihološko dejstvo, da eno JE že imamo, resnih težav pa ni povzročala. A navedel je bistveno več razlogov proti gradnji nove JE (Lorenci, 2019), zlasti jedrske nesreče, nerešeno problematiko trajnega skladiščenja RAO, visoko ceno gradnje, problem dobrega vodenja velikih projektov (slabe izkušnje pri gradnji šestega bloka TEŠ), potuho dosedanjemu potratnemu razvoju energetike, še večje zaostajanje v rabi OVE, skromne ukrepe za varčevanje z energijo, nakup tuje pameti namesto razvoja lastne, neambicioznost in nesposobnost lotevanja drugačnega (energetskega) razvoja.

Peter Novak (2021) sodi, da bo do srede 21. stoletja poraba končne energije dokaj stabilna, poraba električne energije pa naj bi se tudi v Sloveniji bistveno povečala. Toda podobno kot avtorji študije Univerze Stanford (Jacobson idr., 2017; Jacobson, 2021a, 2021b) v 139 državah sveta o možnosti prehoda na koncept učinkovite rabe energije (več kot 50-% zmanjšanje porabe energije) in 100-% rabe OVE (vključno s hranilniki energije) sodi, da je možno vso električno energijo v Sloveniji sredi 21. stoletja proizvesti iz domačih OVE (vključitev tudi velikih osebnih bančnih finančnih prihrankov prebivalcev Slovenije – več kot 22 milijard evrov), torej brez uvoženih in domačih fosilnih goriv, brez rabe jedrske

energije in pretežno z domačo tehnologijo. Kot temeljne razloge za odpoved jedrski opciji oskrbe z energijo navaja (Novak, 2021):

- dodatno zadolževanje Slovenije za okoli 8 milijard evrov (gradnja JEK2);
- uvoz 6–7 milijard evrov tuje tehnologije, ki je v Sloveniji ni možno izdelati;
- uvoz goriva naslednjih 50–60 let, ki bo zaradi stare tehnologije postalo vedno dražje;
- gradnja še rezervnega energetskega objekta za pokrivanje izpada energije iz JEK2;
- moralno neodgovorno zapuščanje »dediščine« v obliki RAO številnim prihodnjim generacijam.

Mednarodno priznani strokovnjak za jedrsko varnost in nekdanji, dolgoletni direktor Uprave RS za jedrsko varnost Miroslav Gregorič (2021), ki ne zavrača možnosti prihodnje rabe jedrske energije, je navedel naslednje ključne pomisleke glede umestnosti gradnje JEK2:

1. Po letu 1992 (sprejetje zakona o trajnem prenehanju izkoriščanja uranove rude na Žirovskem vrhu) je Slovenija pri nakupu jedrskega goriva v celoti uvozno odvisna, okoljska bremena Slovenije pa so se preselila še v rudnike urana po svetu.
2. Energetsko dovoljenje Vlade RS (julij 2021) je bilo izdano prenačljeno (podobno kot leta 1970 glede gradnje prve JEK), demokracija pa zahteva mnenje prebivalcev, zato bi moral biti izveden referendum. Dejstvo je, da pomeni strateška odločitev za gradnjo nove JEK s prebivalstvenega vidika za Slovenijo enako, kot bi pomenila gradnja 165 novih JE v ZDA.
3. Nemčija bo zadnje JE zaprla konec leta 2022, iz jedrskega energetskega programa so izstopili Avstrijci in Italijani, Švica bo JE zaprla do leta 2035, podobno Španija, Nizozemska in Belgija (do leta 2025). Novo JE gradita Francija in Finska,

toda oba projekta časovno zelo zamujata, na Finskem se je podaljšal za 12 let, cena pa je narasla za skoraj štirikrat, podobna usoda označuje gradnjo nove JE v Franciji.

4. Kot »prenagljeno in perverzno« ocenjuje stališče politike, ki podpira gradnjo JEK2, predno je rešen problem trajnega odlaganja ne le nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov, temveč tudi izrabljenega jedrskega goriva. Kot neodgovorne, idiotske in škandalozne je Gregorič (2021) ocenil izjave svojih slovenskih jedrskih kolegov v smislu, »kaj pa je to izrabljeno gorivo, saj ga je samo za pol litra na prebivalca«. Skrajno nerealno je pričakovanje, da bo v doglednem času prišlo do izvoza izrabljenega jedrskega goriva (npr. na Finsko, Švedsko ali v Rusijo), stroški lastnega shranjevanja pa bi bili enormni.
5. Denar v skladu za razgradnjo zadošča zgolj za ureditev odlagališča nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov, za razgradnjo JEK in reševanje trajnega skladiščenja izrabljenega jedrskega goriva pa bi bili potrebni najmanj 2 milijardi evrov. Opozoriti velja, da bo tudi (predčasno) zapiranje rudnika lignita Velenje zahtevalo okoli 1 milijardo evrov, kar bo treba dodati k dragemu in zgrešenemu projektu TEŠ6, ki je že v letu 2020 posloval z vse večjo izgubo. Poudarja, da je slovenski jedrski lobi (v skupini najvišjih plač v državi) zainteresiran za status quo in v smislu reka »ne majaj čolna« ni nasprotoval udejanjanju projekta TEŠ6.
6. V bazenu za izrabljeno jedrsko gorivo v Krškem je toliko plutonija, stroncija in cezija, da je problematika nesreče v Fukušimi leta 2011 malenkost, če bi prišlo do požara. Slovenija je podpisnica Skupne konvencije o varnosti ravnanja z izrabljenim gorivom in varnosti ravnanja z radioaktivnimi odpadki, zato ne bi smela prenašati okoljskih bremen s sedanjih generacij na naslednje, vendar se to dogaja. Tudi v primeru udejanjanja suhega skladiščenja izrabljenega jedrskega goriva bi se okoljsko breme zgolj preneslo na vnuke naših vnukov.

7. Nedopustno je, da ni javno objavljen sporazum o strateškem civilnem jedrskem sodelovanju ZDA in Slovenije (december 2020), po njegovem predvidevanju (glede na predvideno moč JEK2) pa je v ozadju verjetna oddaja posla ameriškemu Westinghousu, kar je bilo morda dogovorjeno ob obisku takratnih »Janševih« ministrov za infrastrukturo in zunanje zadeve pri takratnem »Trumpovem« državnem sekretarju (M. Pompeo).
8. Zaradi pričakovanih tehnoloških prebojev glede zmogljivosti hranjenja energije (npr. bistveno večji hranilniki elektrike v avtomobilih, proizvodnja t. i. zelenega vodika ter učinkovitejših tehnologij rabe OVE – sončna in vetrna energija) se bo raba OVE povečala.
9. Z vidika nacionalne varnosti se je treba spomniti na 2. julij 1991, torej na obdobje desetdnevne osamosvojitvene vojne Slovenije, ko je bilo treba JEK zaustaviti, ker sta dve letali takratne Jugoslovanske ljudske armade (JLA) nizko preleteli zadrževalni hram JEK. Jugoslovanski general pa je na TV izjavil: »Ne potrebujemo atomske bombe, mi imamo Krško.«

Kljub zaupanju v zaposlene JEK je zaradi nezmožnosti zamenjave vseh cevovodov in kablov, prebojev zadrževalnega hrama, nezmožnosti fizičnega preverjanja zvarov pod betonom itn. je zaradi vsega tega Gregorič (2021) zadržan tudi do podaljšanja življenjske dobe obstoječega jedrskega reaktorja JEK za 20 let. Je edini poslanec največje vladne stranke, Svoboda, ki v maju 2024 ni podprl Resolucije o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije in predloga za referendum. Vztrajno opozarja na drago gradnjo nove JEK in na nerešeno problematiko izrabljenega jedrskega goriva. Tudi on je menil, da bo morala posojila za JEK vzeti država, kar pa lahko vpliva na druge projekte. Referendum bo prezgodaj, brez vseh podatkov bo pomenil *carte blanche*, česar pa ne more podpreti. Levica je bila edina parlamentarna stranka, ki ni podprla resolucije in referenduma o jedrski energiji, saj za odgovorno odločanje ljudi trenutno ni dovolj konkretnih podatkov.

Poslanke in poslanci Državnega zbora torej niso upoštevali poziva Podnebnega sveta, da naj preložijo odločanje o Resoluciji o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji in spreminijo časovnico referendumu o projektu JEK2 do časa, ko bo na voljo dovolj podatkov za sprejetje odločitve. Letošnji referendum, če je sploh potreben, naj bo namenjen samo odločanju o uporabi jedrske energije v Sloveniji. Za optimalno in dolgoročno vzdržno porabo močno omejenih javnih sredstev za naložbe v razogljíčene pa so po mnenju Podnebnega sveta ključne dodatne informacije ter strokovne podlage o projektu JEK2 in njegovi ekonomiki.

Filozof Andrej Kirn (2022) sodi, da je pri odgovoru na vprašanje, ali je jedrska energija dejansko zelena, treba upoštevati več kriterijev, ne zgolj enega (izpusti CO<sub>2</sub>), in sicer:

- količina izpustov CO<sub>2</sub> – zgolj po navedenem kriteriju je jedrska energija zelena;
- obnovljivost – uran je neobnovljiv vir energije;
- tveganje za možne ekološke katastrofe – jedrske nesreče so sicer zaradi visokih varnostnih standardov malo verjetne, a možne;
- visokoradioaktivni odpadki so dolgoročna in etično sporna medgeneracijska obremenitev.

Andrej Kirn (2022) upravičeno opozarja, da so v sedanjem energetskega trenutku tudi pri rabi obnovljivih virov energije potrebni neobnovljivi viri, glede na sedanjo tehnologijo nobena energija dejansko ni zelena, obstajajo torej le bolj ali manj zelene energije z različnimi družbeno-ekološkimi posledicami. Zato so ključni varčno in ekološko ravnanje z neobnovljivimi viri ter zmanjšanje porabe energije, sprememba življenjskega sloga, povezava energetske učinkovitosti in zadostnosti, torej odmik od modela stalne rasti. Po široki javni strokovni razpravi za in proti gradnji drugega bloka jedrske elektrarne je treba izvesti referendum (Kirn, 2022).

Leo Šešerko (2020) navaja naslednje negativne posledice delovanja JEK: potresna nevarnost, nerešeno vprašanje trajnega

odlaganja izrabljenega jedrskega goriva in neupoštevanje stroškov njihovega dolgotrajnega skladiščenja, ogljični odtis celotne verige jedrske energije, naraščanje cene elektrike iz jedrskih elektrarn in zniževanje cene energije iz OVE, visoki stroški razgradnje JE (okoli 2 milijardi evrov). Upravičeno poudarja, da ima javnost, torej državljanke in državljani, pravico do odločanja o jedrski energiji. Obenem opozarja tudi na problematičnost in tveganost življenjske dobe obstoječe JEK in njenega zastarelega jedrskega reaktorja, ki obratuje od leta 1983. Sklicuje se na mnenje Fundacije Bellona, ki navaja večje možnosti jedrske nesreče ob podaljševanju delovanja starih reaktorjev v evropskih jedrskih elektrarnah.

Matjaž Valenčič (2024) poudarja, da jedrska energija ni zgolj tehnično vprašanje, v prvi vrsti je moralno, etično vprašanje. Sodi, da jo, vsaj v Sloveniji, vodita napuh in pohlep. Kot dokaz navaja dejstvo, da po 40 letih obratovanja JEK ni zgrajeno odlagališče NSRAO niti odlagališče VRAO in ni zbran denar za razgradnjo JEK.

Dokončna demokratična in družbeno vključujoča odločitev o trajnostnem energetskem sistemu in zelenem prehodu Slovenije v brezogljichnost mora po mnenju geografa Zorana Kusa (2022) temeljiti na izpolnjevanju vseh štirih glavnih kriterijev: cena, ogljik, čas in trajnost; obnovljivi viri energije, predvsem sonca in vetra, izpolnjujejo vse štiri, jedrska energija pa samo enega (ogljik). Zagotoviti moramo stanje, v katerem so socialni, ekonomski, okoljski in varnostni standardi najvišji, celotna tveganja pa najnižja. Ta odločitev mora biti sprejeta na referendumu ob enakopravnem dostopu vseh strani do jasnega obveščanja javnosti o neodvisnih strokovnih različicah (energetskih scenarijih) na podlagi mednarodno priznanih referenc, ki morajo biti glavno vodilo za izvedbo demokratičnega vseljidskega referenduma. Podjetje Gen energija je v dogovoru z aktualno vlado decembra 2021 s podjetjem Consensus iz Ljubljane že podpisalo svetovalno pogodbo v vrednosti 1,7 milijona evrov »za izvedbo komunikacijskih aktivnosti pri projektu JE Krško 2«. Pošteno bi bilo, da bi vlada enak znesek in možnosti namenila zainteresiranim nevladnim in drugim organizacijam, da bi javnost opremile tudi z resničnim stanjem, in

ne samo s propagando, kar je zagotovo glavni namen navedene svetovalne pogodbe, predlaga Kus (2022a).

Raziskovalni novinar Staš Zgonik (2021) navaja mnenja različnih strokovnjakov, ki podpirajo gradnjo JEK2 ali pa ji nasprotujejo. Tako med drugim navaja tudi mnenje slovenske klimatologinje Lučke Kajfež Bogataj, ki je v preteklosti poudarjala, da si brez jedrske energije težko predstavlja opustitev fosilnih goriv; oktobra 2021 pa je bilo njeno mnenje naslednje: »Moje mnenje o JE Krško 2 je različno. S fizikalnega stališča je dejansko gostota energije v skupini nizkoogljičnih virov pri jedrski energiji največja. Tehnologijo tudi obvladamo in zelo resnih varnostnih pomislekov nimam. Z razvojnega stališča pa sem proti gradnji JE Krško 2, ker bo ogromno finančno breme, ker skoraj zanesljivo ne bo samo v lasti Slovenije in ker bo to spodbujalo stare življenjske vzorce« (Zgonik, 2021).

V Greenpeace Slovenija (Huš, 2020) sodijo, da je tudi zaradi pričakovane dolgotrajnosti gradnja nove JEK slaba izbira glede potrebnega izjemno hitrega zniževanja izpustov toplogrednih

### **Stališče Greenpeacea Slovenija do jedrske energije (2024)**

Do danes ni prepričljivih in znanstveno utemeljenih argumentov za jedrsko energijo – ostaja tvegana, zastarela tehnologija, ki nam ne pomaga napredovati v zaščiti podnebja. Poročilo IPCC-AR6 iz marca 2023 potrjuje, da sta sončna in vetrna energija za zaščito podnebja desetkrat učinkovitejši kot jedrska energija. Jedrska energija ne vzdrži verodostojne znanstvene analize, je prepočasna, predraga, preveč neučinkovita za doseganje tega, kar lahko dosežemo z obnovljivimi viri energije, kot sta veter in sonce. Jedrska energija je nevaren in nezanesljiv način proizvodnje energije, jedrske elektrarne so ranljive za teroristične in kibernetične napade ter vojno, pa tudi za naraščajoče vremenske skrajnosti. Do danes ne obstaja sprejemljiva rešitev za končno odstranjevanje radioaktivnih jedrskih odpadkov, ki jih je treba varno hraniti milijon let. To ostaja problem, ki bo zaposloval mnoge generacije za nami.

plinov in ustavljanja globalnega segrevanja. Jedrska energija se tako kot veter in sonce vztrajno predstavlja kot domači vir energije. Tako kot potrebujemo sonce za delovanje sončne elektrarne, potrebujemo uvožene tabletko uranovega dioksida, zložene v gorivnih palicah, za delovanje jedrske elektrarne.

V Focusu (Energetsko dovoljenje za ..., 2021) ne podpirajo nadaljnjega vlaganja v jedrsko energijo, saj jedrska energija odpira več problemov, kot jih rešuje. Danes so na voljo bistveno boljše rešitve za energetska vprašanja družbe, kot je jedrska energija. Odprta vprašanja jedrske energije ostajajo eksterni stroški jedrske energije, omejenost zalog urana, nevarni stranski učinki verige pridobivanja urana, jedrski odpadki, jedrske nesreče, tveganja za varnost, učinki za zdravje ljudi. Stroški zapiranja in razgradnje jedrskih elektrarn ter odlagališč za nizko- in srednjeradioaktivne ter visokoradioaktivne odpadke so nepredvidljivi in glede na to, da večina jedrskih elektrarn še obratuje, težko izračunljivi. Jedrska energija ima ogromne eksterne stroške, ki niso vključeni v ceno jedrske energije. Vse več študij dokazuje, da je jedrska energija tvegana in ekonomsko neupravičena naložba. Investicije v jedrsko elektrarno predstavljajo velik rizik, saj dejanski stroški gradnje in vzdrževanja po navadi krepko presežejo predvidene.

Gaja Breclj (2022) z Umanotere opozarja, da je raba OVE pogosto v konfliktu z biodiverzitetjo, vendar je omenjeni konflikt večkrat umetno napihnjeno, da bi utrl pot zlasti za novo JE. Različne interesne skupine zakrivajo enega ključnih neizkoriščenih potencialov pri rabi energije, to je zmanjšanje porabe, zlasti v industriji, ki porabi polovico elektrike v Sloveniji. Zelena stranka Vesna ne podpira izgradnjo JEK2, zavzema se za bistveno večjo energetska učinkovitost in okoljsko skrbno pretehtano rabo OVE. Upravičeno predlaga takojšen začetek široke javne razprave o možnih alternativah izgradnje novega jedrskega objekta.

Resnični in medgeneracijsko pravični trajnostni sonaravni koncept celotne energetike pa ne pomeni zgolj sicer zlasti podnebno nujne pospešene opustitve rabe fosilne energije, povečanja rabe OVE ter bistvenega zmanjšanja porabe primarne in končne energije, temveč tudi nejedrsko energetiko. Pisec zato nasprotu-

je gradnji drugega jedrskega reaktorja JEK in zagovarja koncept praktično 100-% oskrbe z energijo s pomočjo OVE najpozneje do leta 2050 (Plut, 2016, 2022, 2023). *Po mnenju pisca je zaradi različnih dolgoročnih okoljskih, varnostnih, ekonomskih, etičnih in drugih razlogov ter tisoče let trajajočih posledic proizvodnje in potrošnje jedrske energije gradnja JEK2, kljub nekaterim pozitivnim posledicam, dolgoročno napačna energetska izbira Slovenije za 21. stoletje. Ob pričakovanem predčasnem zaprtju TEŠ zaradi podnebnih in finančnih razlogov (velike letne izgube) pa bo v primeru pozitivne okoljske presoje zaradi številnih razlogov (zlasti oskrbnih in geopolitičnih), kljub ohranjanju jedrskih tveganj in drugim negativnim posledicam, treba obratovanje obstoječe JEK podaljšati do leta 2043. Tudi Slovenija pa mora nemudoma začeti izvajati vrsto ukrepov za sonaravno rabo domačih OVE v vseh slovenskih pokrajinah (decentralizirana delovna mesta in storitve – manjša dnevna migracija) ter za bistveno bolj učinkovito in manjšo rabo primarne in končne energije. Postopoma je treba v gospodarstvu in v vsakdanjem življenju pristati na temeljno odrasno zasnovano paradigmo – »dovolj namesto vedno več«.*

## Nejedrski, globinsko trajnostni gradniki energetike Slovenije

*Po mnenju pisca predstavlja »iznajdba« jedrske energije eno od civilizacijskih stranpoti, kar se je v najbolj tragični obliki pokazalo ob uporabi jedrskega orožja (Hirošima in Nagasaki) ter z jedrskimi nesrečami (Černobil, Fukušima). Jedrska energija (uran) predstavlja v planetarni energetski bilanci manj pomemben deležnik, njena »miroljubna« in vojaška raba pa prinaša številna bremena, tveganja in grožnje zagotavljanju varne prihodnosti človeštva v 21. stoletju, vsaka nova JE in izdelano jedrsko orožje jedrska tveganja še dodatno povečujeta.*

Na svetu deluje nekaj več kot 400 jedrskih reaktorjev (označuje jih samo tretjinska pretvorba celotne energije v elektriko), v nekaj več kot 30 državah (od okoli 200), njihova proizvedena jedrska energija predstavlja 5 % skupne primarne energije, 10 % električne energije in 2 % končne energije v svetu. Zgolj za ohranjanje obstoječih svetovnih jedrskih kapacitet proizvodnje elektrike bi bilo treba letno zgraditi 15–20 novih jedrskih reaktorjev (Uranium Resources and ..., 2006, 6).

Jedrske elektrarne (JE) so po mnenju nasprotnikov jedrske energije zlasti zaradi tisočletne skrbi za radioaktivne odpadke medgeneracijsko nepravične, predrage, načrtovanje in gradnja pa glede na urgentno reševanje podnebne krize bistveno predolga. Cenovno elektrika iz JE (podprta z javnim denarjem) vse bolj zgublja tržno bitko s sončnimi in vetrnimi elektrarnami. »Miroljubna« proizvodnja jedrske energije je povezana z vojaško industrijo in izdelavo jedrskih bomb (plutonij). Pasovno zasnovana proizvodnja elektrike iz JE ni kompatibilna s fleksibilnimi OVE in njim prilagojenim elektroenergetskim sistemom. V prihodnje se bo moralo delovanje elektroenergetskega sistema prilagajati ključni vlogi OVE, ne pa centralizirani proizvodnji jedrske energije (Irrweg in der Klimakrise, 2020; Nuclear Phase-out ..., 2024). Če bi želeli samo ce-

lotno globalno potrebno električno energijo proizvajati v jedrskih reaktorjih, bi jih potrebovali več kot 4000. *Po mnenju pisca jedrska energija (velike JE in tudi SMR) ni gradnik trajnostne sonaravne energetike, zato nasprotuje gradnji novih JE. Obenem pa, kljub določenim tveganjem, pisec zagovarja postopno zapiranje obstoječih JE, vendar najpozneje do srede 21. stoletja.* Podelitev oznake podnebju prijaznih reaktorjev SMR pa je med drugim škodljiva za svetovni mir, saj ta vrsta reaktorja teroristom odpira še večje možnosti za izdelavo jedrskega orožja (Jedrska energija – slepa ..., 2023, 19).

Številni razlogi potrjujejo nujnost ne le opustitve rabe fosilnih goriv, temveč tudi urana. Globinski trajnostni sonaravni energetski scenariji v bistvu izhajajo iz koncepta omejene in že presežene nosilnosti okolja ter iz koncepta odrasti. To pomeni, da se ob odmiku od fosilnih goriv in urana tudi raba obnovljivih virov energije in s tem poraba energije ne moreta trajno povečevati, saj posledice sedanje rabe energije ne smejo ogrožati zadovoljevanja potreb prihodnjih generacij in delovanja nezamenljivih ekosistemskih storitev. Vsem prebivalcem je treba zagotoviti dostojno, človeka vredno, okoljsko sprejemljivo ter znotraj- in tudi medgeneracijsko pravično, a »zmerno« količino energije (»družba 2000 vatov«), ki pa je temeljna za doseganje dostojne, a omejene materialne blaginje za vse ljudi.

V bogatih državah, ki so dvig materialnega blagostanja ustvarjale sočasno z rastjo porabe energije ter s tem povezanimi prekomernimi pritiski na okolje, so radikalno zmanjšanje absolutne rabe energije, prehod na decentralizirane obnovljive vire energije in učinkovitejša raba energije ključni gradniki globalne sonaravne energetske, razvojne in regionalne politike. Zmanjševanje ekosistemskih storitev in biotske raznovrstnosti (ekosistemske, vrstne in genske) ter podnebne spremembe sta po mnenju večine okoljevarstvenikov in naravovarstvenikov ključna globalna okoljska in ekosistemska problema. Prav zaradi preteklih 300 let človekovega čezmernega poseganja v okolje smo danes priče drastičnemu prekoračenju planetarnih meja (Persson idr., 2022).

Zmanjšanje rabe energije (»neto kilovati«) seveda najbolj pozitivno vpliva na zmanjševanje energetskih pritiskov tako na

biosfero kot na ozračje, zato je upravičeno najbolj zelena sonaravna podstat sodobnih energetskega načrtov in akcijskih programov. Slameršak idr. (2020) poudarjajo, da so ukrepi za učinkovito porabo energije ter investicije v zmanjšanje izgub pri proizvodnji in distribuciji energije najcenejši ukrepi za bistveno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Praviloma je energetska učinkovitost bistveno cenejša od gradnje novih objektov za proizvodnjo energije. Po mnenju praktično vseh strokovnjakov naj bi do leta 2050 električna energija iz OVE odigrala ključno vlogo v procesu nizkoogljičnega prehoda človeštva. V zadnjih desetih letih sta se sončna in vetrna energija pocenili za 90 %, medtem ko so se stroški jedrske energije nenehno povečevali. Svetovni vlagatelji so samo v kriznem letu 2020 v OVE vložili 17-krat več denarja kot v jedrsko energijo (Jedrska energija – slepa ..., 2023, 20, 21).

Ocene razpoložljivosti mavrice OVE po državah in regijah sveta namreč kažejo, da je dejansko v vseh območjih sveta prebivalcem možno zagotoviti dovolj energije za primerno kakovost življenja, brez ogrožanja varne in enakopravne oskrbe z energijo tudi prihodnjih generacij. Opuščanje rabe fosilnih goriv ni prioriteten nujno zaradi omejenih zalog, temveč zaradi njihovega obremenjevanja in prekomernega onesnaževanja okolja ter povzročanja antropogenih sprememb podnebja. Zmanjšanje rabe fosilnih goriv povečuje nujnost večje rabe t. i. alternativnih OVE (zlasti sončne, vetrne in geotermalne energije), saj bi nadaljnja gradnja hidroelektrarn povzročila občutne dodatne negativne prostorske in ekosistemske posledice, večja raba jedrske energije pa stalno skrb za vse večjo količino radioaktivnih odpadkov v celotnem jedrskem krogu prenaša na stotine prihodnjih generacij. Zagovorniki jedrske energije izpostavljajo zelo majhne količine radioaktivnih odpadkov v jedrskih elektrarnah, vendar je treba pri vsaki proizvodnji energije iz različnih virov seveda upoštevati t. i. soproducte v celotni verigi in v celotnem obdobju. Pri proizvodnji električne energije v jedrskih elektrarnah nastane velika količina radioaktivnih odpadkov v posameznih členih jedrske verige pred »vrati« jedrske elektrarne. Izsledki študije avstralskih raziskovalcev kažejo, da je bil za izločenje 592 ton urana (U3O8)

in izdelavo 82 ton jedrskega goriva potreben izkop 1,56 milijona ton radioaktivne uranove rude; iz uranove rude je bilo izločenega 0,038 % urana, ostala je torej velika količina radioaktivnih odpadkov (Live-Cycle Energy ..., 2006, 109).

Prehod na OVE je tehnološko mogoč, srednjeročno ekonomsko upravičen, okoljevarstveno in medgeneracijsko v večini primerov optimalen, toda na drugi strani v primeru lokacije proizvodnih energetskega objektov na bioproduktivnih površinah zmanjšuje obseg ekosistemskih storitev, zmanjšuje biotsko raznovrstnost. V državah in na območjih, bogatih z ekosistemskimi storitvami, z velikim deležem naravovarstvenih (zavarovanih) območij, so ekosistemsko pogojene omejitve uporabe OVE še toliko bolj prostorsko obsežne in strožje. 100-% globalni energetski sistemi obnovljivih virov energije (ključne – sončne in vetrne elektrarne) lahko z nizkimi stroški proizvedejo v vseh regijah sveta dovolj energije. Ruggero Schleicher-Tappeser (2022) je prepričan, da tudi majhni modularni jedrski reaktorji (SMR) ne obetajo, da bi se civilna raba jedrske energije okrepila, jedrska varnost pa povečala., saj se v bistvu ohranja tehnologija in s tem posledice, ki so značilne tudi za velike jedrske reaktorje (npr. problematika izrabljenega jedrskega goriva). Samo zamenjava 400 zdajšnjih velikih jedrskih reaktorjev s SMR (s povprečno močjo 100 MW) bi pomenila, da bi bilo njihovo število okoli 4000. Številni projekti SMR so posredno ali neposredno povezani z interesi vojaške industrije. Ukrajina proizvaja več kot 50 % elektrike v JE, zaostrene vojaške razmere po napadu Rusije na suvereno Ukrajino pa so dramatično opozorile, da z veliko verjetnostjo lahko postanejo jedrski reaktorji (npr. JE Zaporozje) vojaški cilji; vojaško razdejanje JE bi imelo katastrofalne posledice. Ne sme se spregledati, da potencialni privatni investitorji in zavarovalnice niso pripravljeni prevzeti vseh finančnih in drugih tveganj rabe jedrske energije (tudi pri SMR), kot to velja za rabo vseh drugih virov energije (Schleicher-Tappeser, 2022).

Po navedbah Philipa Girarda (2023) so pretresi v francoskem energetskem sektorju tesno povezani s strateško napačnim delovanjem Electricité de France (EDF), energetskega podjetja pod državnim nadzorom. Leta slabega odločanja in slabega upravlja-

nja so oslabila jedrsko prednost države, zaradi česar je Francija uvažala energijo (iz Nemčije, Španije in Velike Britanije), namesto da bi jo izvažala. EDF je namesto naložb v rešitve za shranjevanje sprejel politiko, znano kot modulacija, s katero se prilagodi izhodna moč jedrskih reaktorjev, da se natančno ujema s porabo električne energije. Ta politika je zaradi višjih cen povzročila višje stroške poslovanja za potrošnike. Prav tako je dejansko skrajšala življenjsko dobo jedrskih reaktorjev. Do konca leta 2022 so dolgovi EDF dosegli vrtočlavih 64,5 milijarde evrov, zaradi česar je eno najbolj zadolženih podjetij na svetu. Popoln državni prevzem EDF leta 2023 je bil ključen za preživetje podjetja. Trenutno mora francoska vlada povečati prihodke EDF, ne da bi potrošnikom naložila višje stroške električne energije. Hkrati mora prehoditi občutljivo pot izogibanja pregonu Evropske komisije zaradi morebitnih kršitev, povezanih z nezakonito državno pomočjo in izkrivljanjem konkurence (Girard, 2023). Poudariti je treba, da v letu 2020 vsak od 56 jedrskih reaktorjev v Franciji v povprečju 115,5 dni ni dobavljal električne energije, v Belgiji pa celo 180 dni. Vse večja starost jedrskih reaktorjev povečuje tveganja za okvaro (Jedrsko energija – slepa ..., 2023, 32).

Varčevanje in učinkovita raba energije, krožno gospodarstvo ter različne oblike hranilnikov elektrike (in toplote) so pomembni člani celotnega prehoda na izključno rabo OVE (baterije, črpalne hidroelektrarne, zeleni vodik in zeleni metan, stisnjen zrak, shranjevalci toplote itn.). Zgolj decentralizirani, mrežno zasnovani sistemi obnovljive energije so lahko podstat trajnostne civilizacije in dolgotrajnega, varnejšega napredka človeštva.

Od sonaravnih in medgeneracijsko odgovornih načrtovalcev proizvodnje ter porabe energije, od politikov, ki podpirajo udejanjanje načela medgeneracijske in okoljske pravičnosti, se upravičeno pričakuje, da bodo vztrajali na udejanjanju sonaravne energetike, torej na sodobnem konceptu energetske »odrasti«, na opustitvi sedanje prednostne, do otrok, vnukov, množice generacije zanamcev skrajno egoistične naloge – zagotavljanja pokritja vse večjih, praviloma »luksuznih« zahtev po energiji ne glede na negativne okoljske, ekosistemske in medgeneracijske posledice. Iz-

jemna energetska učinkovitost in tehnološko minimalna možna količina energije sta temeljni ključ za realno doseganje 100-% oskrbe z OVE. Pridobivanje velikih količin energije skoraj izključno iz omejenih zalog virov energije z veliko entropijo (fosilna goriva in uran oziroma proces jedrske fisije) ter s tem povezana energijska degradacija okolja sta vse bolj vprašljiva in moralno sporna; vendar je treba na drugi strani prisluhniti opozorilom, da tudi povečana raba obnovljivih virov energije prinaša ekološke in prostorske probleme (Detela, 2013), zato naj stopnja rabe OVE ne presega njihove stopnje obnavljanja (regeneracije), vpliv na obseg in kakovost ekosistemskih storitev ter biotsko pestrost pa naj bo minimalen. Smotrna, omejena raba OVE in hkratno skrajno smotrna, omejena raba energije sta siamska dvojčka sonaravne energetske slike.

*Brez izdatnega zmanjšanja porabe primarne in končne energije ter ukrepov za stabilizacijo oziroma minimalno rast porabe električne energije v bogatih državah (med katere se uvršča tudi Slovenija) ni možna sonaravna in medgeneracijsko pravična globalna in državna porazdelitev rabe energetskih virov.* Sonaravni in medgeneracijsko pravični scenarij razvoja energetike v Sloveniji mora izhajati iz nujnosti ekosistemsko, okoljsko zasnovane (regeneracijske in nevtralizacijske) zgornje meje porabljene količine (primarne) energije na prebivalca (poudarjen koncept negativov) in postopoma tudi količinsko progresivno zasnovane cene energije (večja cena energije ob večji porabi). Po mnenju radikalnejših načrtovalcev trajnostne energetske vizije sveta do leta 2050 pa bi morale bogate in energetske potratne države (torej tudi Slovenija) porabo energije zmanjšati najmanj za faktor 4 (za 80 %), toda že obstoječe in delujoče najboljše tehnologije dejansko omogočajo za faktor 5–8 (10) učinkovitejšo rabo energije ter široko rabo obnovljivih virov energije brez nevarnega ogrožanja okolja in podnebja (Olesen idr., 2002; Weizsäcker idr., 2009).

Najčistejša energija je tista, ki je ne proizvedemo oziroma porabimo, vse oblike rabe energije pomenijo določen pritisk na naravne vire, prostor in ekosisteme. Za energetski prehod je ključno, da se potrebe po energiji zmanjšajo, kar pomeni zmanjšanje potreb tudi po novih elektrarnah na OVE (Manifest civilne

družbe ..., 2018, 34). *Brez hkratnega bistvenega zmanjšanja absolutne porabe energije pri vseh skupinah porabnikov ter zahtevnih sprememb življenjskega sloga (opustitev prekomerne, luksuzne potrošnje) ni možen sonaravni energetski prehod Slovenije.* Stojan Habjanič (2017) opozarja, da bi morali biti ključna energetska usmeritev Slovenije tudi na področju električne energije »negavati« oziroma zmanjševanje porabe elektrike. Industrija (porabi okoli polovico električne energije) in gospodinjstva imajo največji potencial za učinkovito rabo električne energije in s tem, glede na energetske mešanice, še bistveno večje možnosti zmanjšanja rabe primarne energije. Skoraj dve tretjini končne energije v slovenski industriji porabijo štiri energetske intenzivne panoge: proizvodnja kovin, proizvodnja papirja in izdelkov iz papirja, proizvodnja nekovinskih mineralnih izdelkov ter proizvodnja kemikalij in kemičnih izdelkov (Gnezda, 2018, 5; NEPN ..., 2020a, 49). Obenem bi bilo treba glede na podnebno-energetske načrte o izpušnih toplogrednih plinov porabo končne energije v industriji do leta 2050 znižati za 40 % (Gnezda, 2018), po sodobnih podnebnih zavezah Slovenije pa še bistveno bolj. Ukrepi za povečanje energetske učinkovitosti in zmanjšanje rabe energije imajo pri primerljivih stroških, upoštevanih v življenjski dobi delovanja ukrepa, v vsakem primeru prednost pred zagotavljanjem novih zmogljivosti tudi za oskrbo z električno energijo iz OVE.

Podobno kot večino drugih bogatejših držav tudi Slovenijo označuje prekomerna poraba primarne in končne energije na prebivalca, ki bistveno presega obnovitvene in samočistilne zmogljivosti okolja. V letu 2021 je znašala poraba primarne energije 6,47 milijona ton naftnih ekvivalentov (toe) oziroma 3,2 toe na prebivalca, trajnostno dovoljena poraba pa je po konceptu okoljskega prostora 1,5 toe na prebivalca. Skupna poraba električne energije v Sloveniji je bila leta 2021 13,1 TWh oziroma okoli 6550 kWh na prebivalca. V EU je bila leta 2022 povprečna letna poraba električne energije bistveno nižja, saj je znašala 5520 kWh na prebivalca, a desetkrat večja, kot je bila letna poraba elektrike na prebivalca Afrike (510 kWh) (World Energy Outlook, 2023, 205). Po Osnutku predloga prenovljenega NEPN (februar 2024,

65) naj bi bila učinkovita raba energije in naravnih virov prednostni in ključni ukrep razvojne ter energetske politike za povečanje konkurenčnosti in razogljičenje slovenske industrije in družbe.

Vendar prenovljeni osnutek NEPN za leto 2030 predvideva, da poraba primarne energije ne bi preseгла 6 milijonov toe, kar pomeni le minimalno zmanjšanje porabe energije v primerjavi z letom 2021. Za promet, ki ima največji vpliv za dolgoročno obvladovanje porabe primerne in končne energije, pa se med drugim predvideva negotovost trendov, v primeru neizvajanja ukrepov bi bili ogroženi sicer zelo neambiciozni cilji izboljšanja energetske učinkovitosti, ki bi morali biti glede na veliko porabo energije na prebivalca in enoto BDP v ospredju energetske politike.

Fundacija European Climate Foundation je slovenski nacionalni energetski in podnebni načrt (NEPN) označila za najmanj ambiciozen, saj mu je od sto možnih točk pripisala le 3,2 točke. Novinar Karel Lipnik (2024), ki sicer podpira gradnjo JEK2, navaja številne vzroke za tako slabo postavljeno podnebno strategijo, od birokratskih ovir, okoljske zakonodaje, zamudami z naložbami v OVE, slabega stanja distribucijskega omrežja itn. Naložbe v OVE se ne obravnavajo kot del strateške politike Slovenije, slaba in neučinkovita energetska infrastruktura pa je po njegovem mnenju tudi med vzroki nazadovanja Slovenije še na lestvici konkurenčnosti. Lestvica konkurenčnosti držav sveta zelo jasno kaže, da so najbolj konkurenčne države – Singapur, Švica in Danska – trajnostno naravnane.

Marko Umberger (2021) opozarja, da je treba v Sloveniji napore in ukrepe razen v gradnjo malih sončnih elektrarn (zlasti na stavbah) nemudoma usmeriti v skoraj ničenergijsko prenovu in gradnjo zgradb; po kriterijih skoraj ničenergijske gradnje bi morali do leta 2050 vsako leto prenoviti 3 % uporabnih površin stavb. Strategija energetske prenove zgradb 2015–2020 se ni uresničila, rezultati so porazni, ugotavlja Umberger (2021), saj je npr. premalo prenovljenih enostanovanjskih stavb po kriteriju skoraj ničenergijske gradnje, večstanovanjske pa nobene. Z vidika rabe toplote, večjega deleža OVE in bistvenega znižanja zračnih emisij (trdni delci, CO<sub>2</sub> itn.) pa je razen izboljšanja kotlov in optimizacije sistemov

ogrevanja treba okrepiti obseg daljinskega ogrevanja za javne in privatne stavbe, s poudarkom na soproduktivni toplote in električne energije ter uporabi t. i. odpadne toplote iz tehnoloških procesov.

Promet je eden od največjih porabnikov energije in virov emisij TGP, predvideni trajnostni mehanizmi in ukrepi prometnih politik Slovenije pa so še vedno premalo ambiciozni. Po konservativnih izračunih (povečanje števila osebnih vozil na 1,3 milijona, ohranjanje visokega povprečja prevoženih kilometrov na leto – 12.650 km, brez bistvenih sprememb v načinu prevoza, 20-% delež električnih vozil med novoregistriranimi leta 2030, 12 % električnih vozil med vsemi vozili) bi po oceni Jerneja Stritih (2018) glede na današnje lastnosti vozil in število prevoženih kilometrov leta 2030 Slovenija potrebovala dodatnih 330 GWh električne energije letno, v primeru 100-% deleža električnih vozil sredi 21. stoletja torej okoli 3000 GWh. V primeru, da se obseg in vloga avtomobilske mobilnosti v Sloveniji ne bi prav nič spremenila, bi torej popolna elektrifikacija osebnih avtomobilov povečala letno porabo električne energije za okoli 3000 GWh oziroma za okoli 20 %, kar je z vidika sonaravnega koncepta slovenske energetike tvegana odločitev. Damijan in Babič (2020) pa prihodnjo letno porabo električne energije za promet ocenjujeta celo na 6000 GWh.

Zgolj elektrifikacija osebne prevoza (električna osebna vozila), torej ohranjanje ali celo povečanje še vedno krepko prevladujočega načina prevoza z osebnimi avtomobili, dejansko ne pomeni sistemsko ustreznega koraka k trajnostni mobilnosti; vendar je po navedbah Evropskega biroja za okolje (EEB) energetska učinkovitost električnih vozil v primerjavi z vozili na notranje izogrevanje 2–3-krat večja (po drugih virih celo 3–4-krat) (Nuclear Phase-out ..., 2024, 18). Slovenija potrebuje strategijo za električno mobilnost, ki bo upoštevala specifični razpršeni poselitveni vzorec Slovenije, ki v določeni meri povečuje vlogo osebnega prevoza. Zato je treba izdelati sonaravni prometni koncept Slovenije, koncept trajnostne mobilnosti, ki bo s pospešeno modernizacijo javnega prometa, posodobitvijo železniškega omrežja, premestitvijo prevoza tovora s cest na železnice, gradnjo kolesarskih stez in promocijo kolesarjenja (tudi za prevoze do delovnega mesta

do razdalje 5–10 km), skladnejšim regionalnim razvojem (zmanjšanje dnevne migracije), deljenjem vozila med več uporabniki in drugimi ukrepi bistveno zmanjšal prevoze z avtomobili in njihovo število, s tem pa minimiziral potrebe po električni energiji. V vsakem primeru je za trajnostno mobilnost Slovenije prva prioriteta skladnejši in policentrični razvoj, ki bi bistveno omejil potrebe po dnevni migraciji (skrajšal razdalje med delom, storitvami in bivanjem), druga strateška trajnostna mobilna prioriteta pa naj bi bila temeljita posodobitev javnega prevoza, s poudarkom na hitri modernizaciji železniškega prometa, tudi kot ključnega pogoja za množični prenos tovora s cest na železniške tirne.

V bogatih državah, med katere se uvršča tudi Slovenija, je treba celotno porabo naravnih virov na prebivalca do srede 21. stoletja najmanj prepoloviti, drastično omejiti oziroma opustiti proizvodnjo in potrošnjo nepotrebni, luksuznih izdelkov (kritje zgolj resničnih temeljnih materialnih potreb), vendar hkrati vsem prebivalcem omogočiti dostop do ekosistemsko in medgeneracijsko sicer omejenih količin temeljnih naravnih virov (hrana, energija, ...) ter javnih storitev (izobraževanje, zdravje, javni prevoz). Zgolj na ta način bi tudi Slovenija prispevala potrebni gradnik udejanjanja ekohumanistične, ekosistemske vizije sveta, zasnovane na vrednotah sonaravnosti, materialne in energetske zmernosti, zadostnosti in preprostosti, družbene in medgeneracijske pravičnosti, zaščite javnega dobra in sistemske družbene solidarnosti. Podčrtati velja, da globinski in izrazito decentralizirani sonaravni energetski načrt Slovenije omogoča doseganje resnične energetske neodvisnosti do srede 21. stoletja, podpira trajnostni regionalni in policentrični razvoj ter hkrati odpira bistveno več novih zelenih delovnih mest v vseh pokrajinah, kot jih zapira.

*Ekosistemsko pretehtana raba domačih decentraliziranih obnovljivih virov energije (OVE) predstavlja drugo stranico (prva – učinkovita raba energije) močnega trajnostnega sonaravnega energetskega trikotnika Slovenije. Ocene tehnično izkoristljivih potencialov OVE Slovenije so sicer različne, vendar vse za nekaj velikostnih razredov (40–70-krat) presegajo sedanjo rabo primarne energije (okoli 300 PJ) (Kralj, 2016; Novak, 2018b; NEPN, 2022).*

Ocene tehničnih razpoložljivosti in predlagane rabe *elektroenergetskih potencialov OVE Slovenije* v Celovitem nacionalnem energetske in podnebne načrtu RS do leta 2040 (NEPN ..., 2020a, 2020b, 2022) so naslednje:

- sončna energija: skupni tehnično izkoristljivi potencial (pozidane in degradirane površine) 20.000 GWh (20 TWh); načrt skupne rabe do leta 2040 – 5360 GWh;
- vetrna energija: 580 GWh;
- hidroenergija (velike in male HE): 6755 GWh in 440 GWh;
- bioplin: 240 GWh;
- lesna biomasa: prednostna trajnostna uporaba SPTE (soproizvodnja elektrike in toplote).

T. i. ambiciozni scenarij z dodatnimi ukrepi NEPN (2022) je za obdobje do leta 2030 in tudi za obdobje vse do srede 21. stoletja temeljno zasnovan na občutni rasti proizvodnje električne energije s pomočjo vodne in sončne energije:

- velike in male HE – kljub npr. odklonilni okoljski oceni (D) za HE na srednji Savi;
- gosta mreža predvsem manjših sončnih elektrarn.

Proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov energije v Sloveniji po energetske scenariju OU (obstoječi ukrepi) in po ambicioznem energetske scenariju NEPN z dodatnimi ukrepi – DUA (2017–2040) (v GWh):

	2017	2030 – scenarija OU in DUA	2040 – scenarija OU in DUA
HE	3777	562 – 4572	4562 – 6575
Male HE	383	388 – 394	391 – 439
Sončne elektrarne	284	556 – 1866	904 – 5361
Vetrne elektrarne	6	15 – 248	32 – 577
Bioplin	127	136 – 169	137 – 244
OVE – skupaj	4577	5657 – 7249	6026 – 13,196

Vir: NEPN, 2020a, 2020b

Skupni tehnični potencial OVE na območju Slovenije naj bi po oceni Kralja (2016, 20) znašal več kot 22.000 PJ oziroma več kot 6100 TWh, torej 73-krat več, kot je okvirno sedanja poraba primarne energije (300 PJ). Tehnično uporaben energetski potencial OVE Slovenije je po ocenah Kralja (2016, 19) naslednji:

- hidroenergija – nad 32 PJ (nad 8,9 TWh);
- biomasa – nad 40 PJ (nad 11,1 TWh);
- sončna energija – nad 10.000 PJ (nad 2780 TWh);
- vetrna energija – nad 11 PJ (nad 3,1 TWh);
- geotermalna energija – nad 12.000 PJ (nad 3330 TWh).

Leta 2014 je bilo v Sloveniji okoli 3300 sončnih elektrarn v skupni moči okoli 260 MW (Obnovljivi viri energije ..., 2016, 66), samo v letu 2023 pa je bilo na novo nameščenih več kot 17.000 sončnih elektrarn z močjo skoraj 490 MW, skupna moč vseh sončnih elektrarn v Sloveniji pa je konec leta 2023 znašala več kot 1100 MW. V prvih petih mesecih leta 2023 so sončne elektrarne (maj 2024 – skupaj okoli 51.000 sončnih elektrarn) proizvedle okoli 3 % elektrike, v prvih petih mesecih leta 2024 pa več kot 6 %. V zelo kratkem obdobju bo v Sloveniji imelo sončno elektrarno vsako deseto gospodinjstvo.

Po mnenju Marka Topiča in sodelavcev (2021) bodo sončne elektrarne (fotovoltaika) odigrale eno od ključnih vlog pri doseganju energetske-podnebnih ciljev EU (in Slovenije), saj so ekonomsko in okoljsko konkurenčne. Celotni potencial prispelega sončnega obsevanja na ozemlje Slovenije je okoli 300-kratnik porabe primarne energije, energetski potencial na povprečni kvadratni meter (nad 1100 kWh/m<sup>2</sup> horizontalne površine) pa je za 10 % višji kot v Nemčiji, ki sicer zelo pospešeno gradi sončne elektrarne (Kaj je sončna ..., 2010). Poudariti velja, da se število ur sončnega obsevanja in s tem tudi energetski potencial na kvadratni meter (povprečje zadnjih let za površje Slovenije nad 1200 kWh/m<sup>2</sup> in Nemčije 1100 kWh/m<sup>2</sup>) zaradi podnebnih sprememb postopoma povečuje, kar seveda povečuje količino proizvedene elektrike s pomočjo fotovoltaike. Za Slovenijo se pravi-

loma računa, da znaša letna količina proizvedene elektrike na 1 MW moči sončne elektrarne 1050 MWh, za vetrne elektrarne okoli 2350 MWh, za JE pa okoli 8150 MWh, kar je ob upoštevanju zgolj tega kazalnika seveda prednost za JE. V Sloveniji je v primerjavi z JE torej potrebna skoraj osemkrat večja moč sončne elektrarne, da v enem letu proizvedeta približno enako količino električne energije.

Peter Novak (2014, 2018a, 2018b), dolgoletni vztrajni zagovornik rabe sončne energije, je ocenil, da naj bi bilo v Sloveniji mogoče pridobiti najmanj 11.500 GWh iz fotovoltaičnih elektrarn na 77 km<sup>2</sup> (8 m<sup>2</sup>/kW in 1200 kWh/kW na leto), povprečna letna proizvodnja elektrike na 1 m<sup>2</sup> sončnih modulov na ozemlju Slovenije je 150 kWh oziroma 1,5 TWh na 10 km<sup>2</sup>. Za proizvodnjo 15 TWh elektrike bi bilo treba na pozidanih površinah ob predpostavki povprečnega trajanja sončnega obsevanja in sedanje povprečne stopnje energetske učinkovitosti namestiti sončne module na površini okoli 100 km<sup>2</sup>, torej na slabih 10 % vseh pozidanih površin oziroma zgolj na 0,5 % kopnega ozemlja Slovenije.

Center za učinkovito rabo energije Instituta »Jožef Stefan« je izdelal interdisciplinarno raziskavo »Potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji do leta 2050« (2021).

Ocenjeni tehnični potencial za proizvodnjo sončne energije v Sloveniji za upoštevane pozidane (strehe in parkirišča) ter degradirane površine v skupnem obsegu 282,6 km<sup>2</sup> (strehe – 96,5 % vseh upoštevanih površin) predstavlja 27,6 TWh oziroma skoraj dvakratnik proizvodnje električne energije v Sloveniji. Pri analizi potencialov za sončne elektrarne so navedene nekatere ovire, kot so nepripravljenost omrežja na večje količine razpršene proizvodnje in problemi shranjevanja presežkov električne energije (Potencial sončnih elektrarn ..., 2021). Študija »Tehnične določitve postavitve agrofotovoltaike na kmetijskih zemljiščih« kaže na določene možnosti povezave kmetijske obdelave in proizvodnje obnovljive energije (Bahun, 2024), vendar pisec sodi, da so zlasti zaradi izjemno velikega pomena kmetijskih zemljišč za povečanje prehranske varnosti oziroma prehranske samooskrbe Slovenije možnosti za agrofotovoltaiko bolj omejene. V vsakem primeru je

treba za sončne elektrarne prednostno izkoristiti primerne pozidane in degradirane površine, katerih tehnični potencial omogoča zelo obsežno, trajnostno proizvodnjo električne energije.

*Glede na energetski potencial, regionalno razširjenost in okoljsko potencialno lažjo obvladljivost pričakovanih negativnih vplivov je dolgoročno zlasti za oskrbo z električno energijo za Slovenijo torej ključnega pomena raba sončne energije.* Zemljepisna lega Slovenije je z evropskega zornega kota ugodna za dovolj učinkovito in konkurenčno neposredno rabo sončne energije (toplota in električna energija). Razlike v Sončevem obsevanju so v Sloveniji zaradi velike reliefne razgibanosti večje med različnimi reliefnimi legami kot med podnebnimi območji.

Vetrna energija ima zlasti zaradi prevladujoče zatišne, odvetrne lege Slovenije ter bivalnih in naravovarstvenih omejitev manjši energetski potencial, ki pa regionalno in lokalno ni zamenljiv. Kljub temu velja podčrtati, da je naravovarstveno zelo aktivno in strokovno podkovan Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije (DOPPS) investitorjem v vetrno energijo leta 2012 predložilo seznam 14 lokacij, kjer ne bodo nasprotovali izgradnji vetrnih elektrarn. Slovenija zakonsko ne predpisuje oddaljenosti vetrnih elektrarn od drugih objektov in se na tem področju zgleduje po večini evropskih držav, ki so najmanjšo oddaljenost hiše ali naselja opredelile med 500 in 1000 m (Avstrija – 1000 m, Danska – 600 m). Po mnenju pisca pa je bila vloga lokalnega prebivalstva in naravovarstvenikov za zahtevno pridobitev mikrolokacije vetrne elektrarne s strani potencialnih investitorjev praviloma podcenjena, kar je eden od ključnih razlogov pogostega nasprotovanja. V vsakem primeru so lokalne, vaške skupnosti upravičene do znatnih finančnih sredstev na osnovi deleža proizvedene električne energije iz vetrnih elektrarn, obenem pa bi morale biti lokalne skupnosti v večini primerov tudi sovlagatelji, solastniki vetrnih elektrarn. Upoštevanje mnenj lokalnega prebivalstva že v začetni fazi prostorskega načrtovanja vetrnih elektrarn je po sodbi pisca temeljni predpogoj tudi za njihovo bivalno in pejsažno sprejemljivo umeščanje. Zlasti zaradi potencialnega vpliva vetrnih elektrarn na lokalno prebivalstvo, naravo, živali in okolje bi bilo najprimernejše

sonaravno, postopno umeščanje vetrnic na najmanj ekosistemsko in bivalno spornih lokacijah, ob upoštevanju niza lokacijskih dejavnikov (ekonomskih, socialnih, okoljskih, biotskih, pejsažnih). Tudi za vetrne elektrarne pa seveda velja, da prinaša njihova gradnja določene negativne vplive na okolje in naravo.

Različne oblike biomase (zlasti lesne) uvrščajo gozdnato Slovenijo med države, ki razpolagajo z najbogatejšimi količinami obnovljive biomase na prebivalca oziroma na enoto površine, prednostno uporabne kot surovina in ponor. Lesna biomasa je torej v omejenem obsegu uporabna tudi kot energetski vir, npr. za večjo sproizvodnjo toplote in električne energije, za daljinsko ogrevanje in ogrevanje na podeželju, emisijsko sporna pa je individualna raba lesne biomase zlasti v urbanih območjih z omejenimi samočistilnimi zmogljivostmi. Seveda je prednostna raba kakovostnega lesa kot surovine, ostanke tega pa je treba izkoristiti v energetske namene, a prevoz lesne biomase omejiti na kratke razdalje (Poredoš, 2019). Novak (2017, 2022) predlaga tudi množično uporabo biomase kot surovine za proizvodnjo sintetičnih goriv metan in metanol iz obnovljivih virov; vendar naj bi bila za proizvodnjo sintetičnih goriv, za pokrivanje celotne proizvodnje vodika potrebna električna energija v višini več kot 32 TWh (Novak, 2017, 173) oziroma 2,2-krat več od sedanje proizvodnje elektrike. Za sintetični biometan sta namreč potrebna vodik iz elektrolize vode in ogljik iz odpadne biomase, za metanol pa sintetični biometan in kisik kot ostanek pri elektrolizi vode ali odpadni CO<sub>2</sub>.

Zaradi vse pomembnejših ekosistemskih, naravovarstvenih in turističnih razlogov pisec ne podpira gradnje HE na Muri in novih HE v celotnem porečju Soče, obenem pa postajajo vse bolj tehtni in prepričljivi zlasti ekosistemski in okoljski razlogi nasprotovanja nadaljnji gradnji HE na Savi, čeprav je raba obnovljive hidroenergije z vidika blaženja podnebnih sprememb priporočljiva. Biolog Mihael Toman (2020) opozarja, da je naša dolžnost, da sprejemamo sodobna, nova okoljska znanja, ki zahtevajo konec zlorabljanja naravnih virov, kjer se ukrotitev narave skriva pod oznako »trajnostne rabe naravnih virov«. Vsaka nova HE na Savi bi proizvajala zgolj nekaj manj kot 1 % porabljene električne ener-

gije v Sloveniji. Upoštevati je treba, da se pretoki slovenskih rek praviloma zmanjšujejo, kar je tudi energetsko negativna posledica podnebnih sprememb. Zlasti leti 2003 in 2022 so zaznamovali izjemno nizki poletni pretoki rek in visoke temperature, kar je med drugim zmanjšalo samočistilne zmogljivosti in preplovelo običajno poletno proizvodnjo električne energije iz HE.

Hidroelektrarne (zlasti HE na Dravi) so v dolgem obdobju predstavljale izjemno pomemben obnovljivi vir za Slovenijo, vendar bi njihova nadaljnja gradnja degradirala že zelo omejene, vendar ekosistemsko izjemno pomembne rečne doline. Pisec zato sodi, da mora Slovenija okvirno zaključiti s povečevanjem rabe hidroenergetskega potenciala, bistveno povečati zlasti rabo sončne in nekoliko pozneje tudi geotermalne energije, na ekosistemsko in bivalno primernih lokacijah pa tudi vetrne energije. Vendar je treba ključne energetske in druge potrebne ukrepe do leta 2035 usmeriti v zmanjševanje porabe primarne energije ter okvirno stabilizacijo (oziroma vsaj minimalno povečanje) porabe električne energije, zlasti po prilagojenem švicarskem scenariju »družbe 2000 vatov«.

*Geotermalna energija je dolgoročno eden potencialno ključnih energijskih virov Slovenije (pogojno obnovljivih), največji (podzemeljski) geotermalni potencial z vidika večplastne (kaskadne) rabe toplote in tudi proizvodnje električne energije pa je v severovzhodni Sloveniji. Ozemlje SV Slovenije leži na stičišču treh velikih regionalnih strukturnih enot: Vzhodnih Alp, Panonskega bazena in Južnih Alp kot dela Dinaridov. Raznolikost struktur je opazna na geotermalnem območju več 1000 km<sup>2</sup> velike toplotne anomalije (Rajver idr., 2012). Potencial geotermalne energije za proizvodnjo električne energije obstaja, a ga bo treba bolj podrobno raziskati, zlasti s pomočjo finančno sicer zahtevnih več tisoč metrov (3000–5000 m) globokih vrtin.*

Slovenija razpolaga z 28 naravnimi izviri in 48 lokacijami z vrtinami. Največji potencial geotermalne energije ima torej SV Slovenija, kjer na globini 4000 do 5000 metrov voda doseže temperaturo 170–200 °C (visokotemperaturni sloj – vodonosnik Termal 2). Globina izoterme 150 °C predstavlja okvirno mejo za proizvodnjo elektrike s klasičnimi parnimi turbinami, izoterme pa so najpljitvej-

še v SV Sloveniji, na območju Lendave manj kot 3 km globoko. V Sloveniji še ni postavljene nobene pilotne elektrarne na geotermalno energijo. Po mnenju geologa Petra Kralja (2016) je geotermalna energija razen za oskrbo s toploto (toplice, daljinsko ogrevanje, rastlinjaki itn.) količinsko eden ključnih slovenskih energetskega virov prihodnje oskrbe z električno energijo (pasovna energija – v razliko od variabilnih sončnih in vetrnih elektrarn).

Skupina znanstvenikov in raziskovalcev pretežno s področja naravoslovja je objavila poziv vladi RS, da razveljavi Odločbo o prevladi javne koristi energetike nad javno koristjo ohranjanja narave v zvezi z izgradnjo zlasti HE Mokrice (Lah Turnšek idr. 2022). Izhajajo iz prepričanja, da prav ohranjena narava in biotska raznovrstnost (biodiverziteteta) zagotavljata najboljši naravni odpor proti podnebnim in okoljskim spremembam, ki lahko bistveno vplivajo na dobrobit ljudi. Upravičeno poudarjajo, da reševanje podnebne krize ne sme dodatno poglobiti biodiverzitetne krize. Po njihovi sodbi v Sloveniji naj ne bi bil izvedljiv noben resen program razvoja elektroenergetsko-podnebnega sistema do leta 2050 brez novega bloka JE Krško in večje rabe sončne energije. Ko pa bo ta blok JE začel delovati, realno okoli leta 2035, bo električne energije v Sloveniji dovolj in bo Slovenija po strateških predvidevanjih postala celo izvoznica električne energije. Jedrske elektrarne so proizvodne enote, ki imajo zelo majhen ogljični in biodiverzitetni odtis. Ko bo JEK2 2 zgrajena, nove HE naj ne bi bile potrebne (Lah Turnšek idr. 2022). Tudi Tamara Lah Turnšek in Al Vrezec (2024) opozarjata na nujnost zmanjšane in racionalne porabe energije, vendar zlasti zaradi manjšega biodiverzitetnega odtisa predlagata večjo rabo jedrske energije.

V pozivu pa žal med drugim niso omenjene nobene negativne posledice celotnega jedrskega kroga proizvodnje električne energije, njegov skupni kumulativni ogljični in tudi biodiverzitetni odtis (npr. ekosistemske in zdravstvene posledice v okolici rudnikov urana, biotsko negativne posledice velikih jedrskih nesreč in toplotnega ogrevanja vodnih virov zaradi rabe hladilne vode v jedrskih reaktorjih), vplivi novega načrtovanega jedrskega reaktorja na nacionalno varnost (ukrajinska vojna – jedrske elektrarne kot

objekt vojaškega napada, povezava energetskega in vojaškega atoma, uvozna odvisnost zaradi jedrskega goriva), medgeneracijske nepravilnosti (prenos skrbi za trajno skladiščenje radioaktivnih odpadkov in izrabljenega jedrskega goriva na tisoče prihodnjih generacij), veliki stroški gradnje novih JE in njihove razgradnje itn.

Slovenija naj bi torej postala velika proizvajalka in potrošnica električne energije iz nove JEK2, kar pomeni, da se bodo zaradi obilice energije in porabljene energije in materialov za gradnjo in razgradnjo nove JE povečali snovno-energetski tokovi in s tem tudi okoljski pritiski na pokrajinske ekosisteme Slovenije in planeta, torej tudi na njeno biodiverzitetu. Pisec se seveda zaveda, da tudi raba vseh vrst OVE povečuje okoljske pritiske in na splošno zmanjšuje biodiverzitetu, kar zlasti velja za hidroelektrarne. Strinja se, da je med OVE je z vidika eksistenčno pomembnega varovanja biotske raznovrstnosti Slovenije najbolj priporočljiva gradnja sončnih elektrarn na pozidanih in degradiranih, biološko neproduktivnih površinah, kjer so v Sloveniji tudi največje potencialne možnosti za proizvodnjo električne energije. Prihodnjo rabo (omejeno) vseh OVE pa bo treba skrbno naravovarstveno in okoljevarstveno prilagoditi, torej v največji možni upoštevatiti tudi lokalne ter regionalne ekosistemske, biodiverzitetne omejitve.

Sonaravno energetska praksa prve polovice 21. stoletja je treba organizacijsko krepiti zlasti v smeri skupnostnih projektov OVE v lasti skupin posameznikov, stanovalcev večlastniških objektov, zadrug, lokalnih skupnosti, kmetov idr. Zadržno lastništvo predstavlja participativno in demokratično obliko sodelovanja posameznikov in drugih deležnikov znotraj skupnosti pri načrtovanju in izvajanju projektov OVE, zaradi česar so zadruge ena bolj zaželenih oblik organiziranja na tem področju. Brez »energetskih državljanov« in skupnostnih energetskih projektov prehod na 100-% obnovljive vire ni mogoč, zato je nujno pričeti z izvajanjem takšnih projektov. Javnomenjska anketa o družbeni sprejemljivosti prostorskih učinkov v scenarijih rabe OVE je pokazala veliko sprejemljivost rabe OVE, predvsem sončne in vetrne energije. Vendar je anketa v letu 2019 hkrati opozorila, da je treba možne tako negativne vidike kot koristi konkret-

nega energetskega projekta v vsakem primeru obravnavati že v zgodnjih fazah načrtovanja posega (Bevk idr., 2021).

Za sonaravni, »negativni« energetskega koncepta je razen brez-pogojnega zmanjševanja porabe energije ključno dejstvo, da Slovenija in njene pokrajine (regije) razpolagajo z obsežnim, decentraliziranim energetskega potencialom mavrice OVE, ki dolgoročno omogočajo varno, a pretehtano oskrbo z električno energijo in toploto – brez rabe fosilnih goriv in jedrske energije. Vsaj prepolovitev porabe primarne in končne energije do leta 2050, večja raba OVE in omejeno, čim manjše povečanje porabe električne energije so ključne stranice globinskega, nizkoentropijskega in sonaravno-negativnega energetskega scenarija Slovenije. Po mnenju pisca je sonaravni energetskega scenarij uresničljiv le v primeru, da koncept trajne, količinske gospodarske rasti (ter s tem povezane rasti BDP kot edinega kazalnika »uspešnosti«) nadomesti postopen, a vztrajen, v osnovi odrastno zasnovan gospodarskega model. Želeni dvig kakovosti življenja ter širše pojmovanega blagostanja ljudi in ekosistemov tudi v Sloveniji kot globalno materialno bogati državi ne more več biti zasnovan na okoljsko (globalno in regionalno) prekomerni porabi surovin, energije in prostora.

Na regionalni in tudi na lokalni ravni bo torej treba demokratično, strokovno sistematično in večplastno (ekonomsko, okoljsko, prostorsko, ekosistemsko in socialno), okoljevarstveno in naravovarstveno korektno, medgeneracijsko pravično pretehtati vse posledice rabe OVE in temu primerno izbrati lokalno optimalno mavrico njihove rabe. V primeru večinskega državlanskega soglasja za energetskega koncept strožjega varčevanja z energijo ter opustitve rabe fosilnih goriv in jedrske energije bo verjetno najtežje določiti optimalne regionalne energetske mešanice rabe OVE, zlasti glede nadaljnje (ne)gradnje savskih HE in sicer omejene rabe vetrne energije. Zaskrbljujoče nadaljevanje zmanjševanja biotske raznovrstnosti in ekosistemskih storitev pa zaradi ranljivosti in obstoječe degradacije številnih rečnih ekosistemov omejuje, na splošno pa praktično skoraj v celoti preprečuje prihodnjo dodatno energetskega rabo vodnih tokov. S prostorskega in ekosistemkega vidika je pravzaprav še najmanj problematična množična gradnja

sončnih elektrarn na že pozidanih in degradiranih površinah, še obvladljive okoljske pritiske pa bi prinesla okoljsko pretehtana raba vetrne energije in večja soproizvodnja (toplota, elektrika) lesne biomase (ostanki, manj kakovosten les) ter nekoliko bolj dolgoročno še pričakovana in možna večja raba geotermalne energije tudi za proizvodnjo električne energije. Velja ponoviti, vsak privarčevani vat energije je najboljša energetska in okoljska rešitev.

Strokovnjaki Agore Energiewende so v skladu z odločitvijo EU o 55-% zmanjšanju izpustov TGP (1990–2030) izdelali posodobljene energetske scenarije za celotno EU in za vse njene članice o prenehanju uporabe premoga do leta 2030 (EU Coal Phase-out ..., 2021). Za Slovenijo zaradi podnebnih in ekonomskih razlogov (visoke cene emisijskih kuponov za CO<sub>2</sub>) predlagajo prenehanje obratovanja TE na lignit (TEŠ) do leta 2030, obstoječa JEK pa naj bi tudi v letu 2030 (verjetno do leta 2043) še obratovala. Izpad proizvedene električne energije naj bi do leta 2030 nadomestile zlasti nove sončne elektrarne, delno pa tudi vetrne in plinske elektrarne (fleksibilna proizvodnja), proizvodnja elektrike iz HE naj bi ostala enaka, torej brez novih HE na Savi (EU Coal Phase-out ..., 2021, 84). *V časovno sicer zelo omejenem obdobju (največ do okoli leta 2033) naj bi toplogredno in z vidika onesnaženosti zraka nekoliko manj problematičen zemeljski plin (plinske elektrarne) in plinska infrastruktura ohranjala določeno oskrbno vlogo.* Pod določenimi pogoji naj bi namreč v bližnji prihodnosti zemeljski plin zamenjali bioplini ali pa zeleni vodik, pridobljen bi bil s pomočjo rabe OVE (zlasti z viški elektrike iz sončne energije). Pisec tudi sicer sodi, da je treba razen proizvodnje električne energije s pomočjo rabe OVE (npr. sončne energije) bistveno okrepiti investicije v proizvodnjo in rabo vodika (elektroliza in plinske turbine s postopno zamenjavo zemeljskega plina z zelenim vodikom – raba OVE), ki bi lahko odigral bistveno večjo oskrbno vlogo, zlasti za promet in industrijo.

Po mnenju pisca bi morala biti zelo ambiciozno zastavljena ter s strani države sistemsko in trajno podprta množična javno-zasebna gradnja sončnih elektrarn predvsem na pozidanih površinah (vendar ob bistvenem zmanjšanju porabe primarne in končne energije) ključna sonaravna hrbtenica razvoja razogljčene

energetike do leta 2030 in tudi do leta 2050, podprta z manjšo rabo vetrne energije ter uporabo pretežno odpadne lesne biomase za sproizvodnjo elektrike in toplote ter sintetičnih goriv. Zlasti v obdobju 2030–2050 pa bi glede na energetski potencial bilo treba tako za proizvodnjo toplote kot električne energije intenzivneje in okoljsko preudarno uporabiti geotermalno energijo. Po mnenju geologa Petra Kralja (2016, 23) naj bi dolgoročno v Sloveniji glede na globinski geotermalni potencial zlasti SV Slovenije lahko zgradili geotermalne elektrarne z instalirano močjo 900 MW in letno proizvodnjo 6,8 TWh. Kot »hladno« rezervo pa naj bi po njegovem predlogu povečali oziroma prenovili ter dopolnili kapacitete plinskih elektrarn s skupno močjo 470 MW in črpalnih HE, v njegovem energetskem konceptu ni potrebe po gradnji finančno predrage JEK2. Strokovnjaki Geološkega zavoda RS so glede ocen geotermalnega potenciala Slovenije bolj previdni in upravičeno predlagajo sistemske raziskave.

Z vidika hranilnikov energije na dnevnem nivoju so razen baterij električnih vozil in črpalnih HE pomembni inovativni, večji pilotni baterijski hranilniki energije, eden od največjih v Evropi (2 milijona celic, priključna moč – 12 MW, zmogljivost 22,2 MWh, cena – 15 milijonov evrov) je bil oktobra 2019 postavljen na Jesenicah na območju SIJ Acronija. V gradnji pa je še drugi baterijski sistem na območju Taluma (18 MW/31 MWh). Vsekakor ostaja problematika shranjevanja električne energije velik tehnološki izziv, prav tako pa so zaskrbljujoče tudi zamude pri prilagajanju elektroenergetskega sistema Slovenije na pričakovano vse večjo proizvodnjo elektrike iz sezonsko in dnevno nihajočih OVE, zlasti iz sončnih elektrarn.

Z vidika nujnosti razogljčenja in s tem povezane podnebne vloge rabe jedrske energije v Sloveniji je treba upoštevati dejstvo, da si je Evropska komisija ambiciozno zadala cilj 90-% znižanja izpustov toplogrednih plinov že do leta 2040. To pa glede na časovno bližnje evropske izkušnje načrtovanja in same dolgotrajne gradnje novih jedrskih elektrarn pomeni, da nova JEK ne bi pravočasno prispevala k udejanjanju evropskih in s tem nacionalnih ciljev razogljčenja.

## Nasprotovanje predlogu Resolucije o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji (Nevladne organizacije mreže Plan B za Slovenijo, december 2023)

- V javni razpravi je (bila) Resolucija o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije, NVO nasprotujejo sprejemu resolucije, ker že vsebuje dejansko odločitev najvišjega telesa v državi (zakonodajnega) o nadaljnji širši rabi jedrske energije (novih objektov) in s tem opredeljuje izbiro scenarija dolgoročne podnebne strategije Slovenije, brez upoštevanja in vrednotenja drugih scenarijev z vključeno širšo družbeno razpravo. Nujna bi bila vodena demokratična javna razprava, ki je možna zgolj na podlagi analiz, števil, dejstev in referenc za različne energetske scenarije, vključno z nejedrskim scenarijem (100-% OVE).
- Odločitev ni umeščena v tudi sicer nepregleden proces odločanja (npr. že izdano energetske dovoljenje za gradnjo JEK2) o nadaljnji rabi jedrske energije ter niso predstavljeni vsi podatki in analize, potrebne za informirano, kakovostno in odgovorno odločanje Državnega zbora.
- Vlada se je v koalicijski pogodbi zavezala k temu, da bo specificirala dokumentacijo, ki jo je treba pripraviti za informirano odločanje na referendumu, poskrbela za transparentnost in neodvisnost pri vodenju investicijskih odločitev ter spoštovala odločitev ljudi na referendumu. Nič od tega ni bilo izvedeno oziroma javnosti predstavljeno, povsem nejasno je tudi, kje v procesu odločanja je referendumska odločitev.
- Vlada bi morala pripraviti celovite, strokovno nepristranske scenarije za popolno in pravočasno razogljičenje energetske industrije v Sloveniji na osnovi mednarodno priznanih referenc, vključno s scenarijem 100-% OVE; pri tem je ključno, da so upoštevani vsaj štirje glavni kriteriji za razogljičenje energetske industrije: cena, čas, emisije TGP in trajnost.

- Predlagana resolucija je problematična s stroškovnega vidika, saj so projekti gradnje novih jedrskih elektrarn v primerjavi z velikimi sončnimi in vetrnimi elektrarnami nekonkurenčni in nekajkrat dražji na enoto moči glede na vloženi evro. Izravnana cena elektrike (LCOE) iz novih jedrskih elektrarn, ki bi jih začeli graditi danes, bi bila povprečno 3–4-krat višja kot iz novih velikih sončnih in vetrnih elektrarn. Študija svetovne svetovalne finančne hiše Lazard iz leta 2023 ugotavlja, da so napovedani povprečni skupni stroški kapitala za gradnjo novih jedrskih elektrarn tretje generacije v povprečju okoli 10.000 dolarjev na kilovat. Tako bi bili skupni povprečni stroški kapitala za projekt JEK2 za 1100-MW reaktor, ki ga navaja energetska dovoljenje bivše vlade za JEK2 iz julija 2021, okrog 11,5 milijarde evrov, celotni stroški projekta pa še višji. Tveganje velike prekoračitve stroškov je zelo visoko, saj je pri gradnji nuklearke delež stroškov financiranja zelo visok, ti stroški pa se z vsakim letom zamude močno povečajo. Izkušnje z gradnjo novih jedrskih reaktorjev iz tujine namreč kažejo, da se cena projekta tekom realizacije pogosto vsaj podvoji. To pa ne zajema tudi dodatnih milijardnih stroškov, ki jih cena električne energije ne krije, vključno z državnimi jamstvi, stroški razgradnje, skladiščenjem odpadkov, jedrskimi raziskavami in izobraževalnimi programi, zavarovanjem tveganja itd.
- Oportunitetni stroški jedrske elektrarne so ogromni, saj bi ta denar lahko vložili v druge tehnologije za razogljichenje, ki imajo v Sloveniji veliko večjo dodano vrednost (URE, OVE, decentralizirano shranjevanje energije). Večina dodane vrednosti gradnje in obratovanja jedrske elektrarne nastane v tujini, vključno z uvoženo tehnologijo, uvoženim gorivom in nenazadnje tujim financiranjem.
- Po strokovnih analizah je v Evropi in ZDA v zadnjih 20 letih časovno obdobje od planiranja do začetka delovanja novega jedrskega reaktorja 17–22 let. Krajše

obdobje (približno deset let) je zgolj na Kitajskem. Staviti na jedrsko energijo v kontekstu nuje po pospešenem in pravočasnem razogljičenju skladno s Pariškim sporazumom (za EU podnebna nevtralnost do leta 2040) in za doseg cilja 1,5 °C (ki se nam glede na podatke vse bolj izmika) je zato zgrešeno. Evropska komisija opozarja, da si mora Slovenija v skladu z zavezujočim evropskim ciljem postaviti nacionalni cilj za vsaj 46 % OVE do leta 2030. Tudi zato bi morali že tako omejena sredstva, ki jih imamo na voljo za energetske prehod, usmerjati v obnovljive vire energije, in ne v jedrsko energijo.

- Glede na to, da naj bi se Termoelektrarna Šoštanj zaprla najpozneje leta 2033, investicije v jedrsko energijo temu primanjkljaju v energetske sliki ne odgovarjajo. Zato, da bomo lahko nadomestili 600 MW, ki jih trenutno proizvede TEŠ, moramo vse napore usmeriti v energetske prihranke in čim večjo rabo obnovljivih virov energije.
- Nerešeno vprašanje jedrskih odpadkov zapuščamo svojim potomcem, kar je popolnoma nesprejemljivo in netrajnostno. Neizogibna posledica gradnje jedrskih reaktorjev je tudi njihovo zapiranje, ki je dolgotrajno in drago, predvsem pa v svetu še nimamo izkušnje popolne razgradnje jedrske elektrarne in je to še eno okoljsko breme, ki ga prelagamo na prihodnje generacije. Dolgoročno odlaganje visokoradioaktivnih odpadkov je poleg tega tudi v nasprotju z ustavno pravico do zdravega življenjskega okolja (72. člen) ter z drugimi relevantnimi ustavnimi človekovimi pravicami in načeli (predvsem načelo sorazmernosti in pravičnosti). Problem odpadkov je tudi to, da njihovo odstranjevanje ni primerno vključeno v ceno jedrske energije. V skladu za razgradnjo je do sedaj zbranih komaj dobrih 200 milijonov evrov, ki bodo namenjeni za investicijo v odlagališče nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov v Vrbini, za druge aspekte razgradnje pa ne bo na voljo sredstev. Geološko

odlagališče visokoradioaktivnih odpadkov po trenutni gradnji odlagališča na Finskem presega ceno 5 milijard evrov, česar trenutno zbrana sredstva in prihodnji načrti za zbiranje sredstev ne morejo pokriti, prav tako pa ta strošek ni vključen v ceno investicije.

- Jedrska energija predstavlja zgolj navidezno rešitev za samooskrbo Slovenije. Uran se – statistično gledano – prišteva k domačim virom energije, zato naj bi v teoriji gradnja novih jedrskih objektov prispevala k povečanju energetske neodvisnosti Slovenije. V resnici pa nove jedrske elektrarne vodijo v povečanje energetske odvisnosti, saj uran uvažamo. S tem gremo k zmanjšanju energetske samooskrbe, ki je eno od vodil energetske politike, ter povečujemo energetske uvozne odvisnosti države. Razen tega je pridobivanje jedrske elektrike odvisno od vira, nad katerim nimamo nadzora, kar poveča ne samo uvozne odvisnosti, temveč tudi tveganja.

Slovenija je med 32 državami na svetu z jedrskimi elektrarnami, med katerimi je z okoli 20.000 km<sup>2</sup> ozemlja (Armenija – 30.000 km<sup>2</sup>) in dvema milijonoma prebivalcev (Slovaška – 5 milijonov prebivalcev) tako po površini kot po številu prebivalcev izrazito najmanjša država. Trenutno Slovenija tudi po več kot 40 letih obratovanja jedrske elektrarne Krško nima zgrajena stalnega skladišča za nizko- in srednjeradioaktivne odpadke ter za izrabljeno jedrsko gorivo. Obenem je na njenem ozemlju nekdanji Rudnik urana Žirovski vrh z več kot 2 milijonoma radioaktivnih odpadkov, ki predstavljajo dodatno okoljsko jedrsko obremenitev.

Po mnenju pisca je zato Slovenija pred eno od ključnih razvojno, energetske, okoljsko-podnebno in etično zasnovanih odločitev: jedrska ali nejedrska Slovenija. Pisec sodi, da se kljub večplastnim tveganjem Slovenija ne more izogniti zaprtju obstoječe JEK, ki bo verjetno obratovala vse do leta 2043. Zaradi podnebnih zavez in ekonomskih razlogov (visoka cena elektrike) bo namreč morala najpozneje do leta 2033 zapreti TEŠ.

Trenutno politika, vlada, parlamentarna opozicija in večina medijev po mnenju pisca pogosto enostransko prikazujejo zgolj argumente za gradnjo JEK2. Korektno in odgovorno bi bilo, da bi se lahko strokovno večplastno informirane prebivalke in prebivalci Slovenije (realni argumenti za ali proti gradnji JEK2), po temeljiti in korektni javni razpravi, ob pogoju predložitve konkretnih finančnih, ekonomskih, varnostnih in podnebno-okoljskih posledic) odločali glede dveh (elektro)energetskih scenarijev Slovenije: zelo trajnostno šibkega energetskega scenarija JE (gradnja JEK2) + OVE in globinskega, negativnega (skrajno energetske varčevalnega) trajnostnega sonaravnega energetskega scenarija 100-% OVE (brez gradnje JEK2, a podaljšanje delovanja obstoječe JEK). Pisec izrecno poudarja, da seveda tudi alternativni, negativni in nejedrski energetski scenarij Slovenije ni brez negativnih učinkov in tveganj (nobena raba energije seveda ni brez negativnih vplivov), vendar sodi, da je zaradi različnih, že pojasnenih razlogov, zlasti s trajnostnega sonaravnega, varnostnega in etičnega vidika (medgeneracijska pravičnost) za Slovenijo in zanamce bistveno bolj sprejemljiv globinsko sonaravni energetski scenarij – brez JEK2. Temeljno odločitev o (ne)gradnji JEK2 je treba po mnenju pisca demokratično (referendum) sprejeti po široki in pošteni, strokovno korektno zasnovani javni razpravi sprejeti – najkasneje v letu 2026.

Glede na ekosistemsko, podnebno in medgeneracijsko občutno prekomerno porabo energije na prebivalca naj bi torej Slovenija do srede 21. stoletja v največji možni meri uveljavila zahteve splošnega odrastnega scenarija napredka z vsaj prepolutvijo snovno-energetskih tokov ter obsežnejšim in ekosistemsko nujnim zmanjšanjem ekološkega odtisa (vsaj polovica odpade na ogljični odtis) in vseh drugih prekomernih pritiskov na okolje. Tudi v Sloveniji je doseganje »sonaravnega« ekološkega odtisa pravzaprav na eni strani pogojeno z radikalnim zmanjšanjem porabe primarne in končne energije, na drugi strani pa s popolno zamenjavo fosilnih goriv in urana z domačimi OVE, torej s ciljem doseganja ogljične nevtralnosti in hkrati energetske samooskrbe. Pisec sodi, da brez postopnega, vendar sistematičnega udejanjanja odrastne

paradigme v vseh sektorjih in v gospodinjstvih, skladnejšega prostorskega in regionalnega razvoja Slovenije, zavestne odpravi vrsti nepotrebnih luksuznih izdelkov, prevlade trajnostnih oblik prevoza potnikov in blaga (namesto npr. prevlade prevoza z osebnimi vozili), sonaravnega turizma in kmetijstva (vključno z manjšo porabo npr. mesa), zlasti pa brez uveljavljanja dostojnega, materialno zmernega načina življenja – enostavno ni možno tudi na energetske polju doseči podnebne nevtralnosti in hkrati okoli leta 2040 zaključiti z uporabo jedrske energije. Zgolj postopna, a vztrajna odrasla razvojna pot Slovenije omogoča, da bodo sicer nedvoumno tudi določene negativne posledice (zlasti ekosistemске) neobhodne večje rabe OVE ostale še obvladljive, pa tudi torej medgeneracijsko in medvrstno sprejemljive.

Glede na dosednji bliskoviti tehnološki razvoj na področju uporabe OVE, možnosti varčevanja z energijo in izboljševanja možnosti hranjenja energije je logično pričakovanje, da bo v naslednjih treh desetletjih, do srede 21. stoletja, zanesljivo prišlo do velikih družbenih in energetskih sprememb. Tudi pisec sodi, da naj bi bila v dolgoročnem sonaravnem, nejedrskem scenariju Slovenije za varno oskrbo z energijo izjemno pomembna odločitev za proizvodnjo sintetičnih goriv s pomočjo domačih OVE, zlasti sončne energije (elektroliza vode). Omogoča namreč časovno sklenjeno rabo elektrike iz sezonsko in dnevno spremenljivih OVE, vendar je npr. za proizvodnjo zelenega vodika potrebna večja količina električne energije iz OVE (Novak, 2017). Pomenljivo je dejstvo, da je Japonska v zadnjem obdobju dvignila cilje glede vloge oskrbe z zelenim vodikom, v naslednjih 15 letih namreč načrtuje velike investicije, in sicer v skupni vsoti 107,5 milijarde dolarjev (Emissions Gap Report, 2023, 19).

Skupna poraba primarne energije na prebivalca Slovenije naj bi bila sredi 21. stoletja znotraj nosilnosti oziroma zmogljivosti okolja, znotraj omejitev rabe energije po švicarskem energetskega konceptu »družbe 2000 vatov« – torej okoli zahtevanih 17.500 kWh primarne energije na prebivalca, proizvedenih izključno iz OVE. V primeru okoljsko resnično pretehtane rabe OVE bi bila na osnovi dosedanjega védenja o ekosistemskih ome-

jitvah rabe OVE in ob (pričakovanem) izboljšanju tehnologij verjetno količina »obnovljive« električne energije tudi nekoliko višja, zlasti v primeru proizvodnje zelenega vodika (elektroliza vode) s pomočjo elektrike iz OVE (zlasti sončne energije). Proizvodnja oziroma poraba električne energije na prebivalca Slovenije naj bi bila po globinskem sonaravnem energetskega scenariju leta 2050 7000–8500 kWh na prebivalca, poraba toplote in hladu pa okoli 10.000–11.000 kWh na prebivalca. V vsakem primeru pa je ključno, da bo treba po konceptu okoljskega prostora in negativnega energetskega scenarija porabo primarne in tudi končne energije v Sloveniji do srede 21. stoletja zmanjšati najmanj za polovico. Globalno in nacionalno brezkompromisno ter hitro udejanjanje zahtev pariškega podnebne načrta (najpozneje do leta 2040 oziroma 2050) je temeljnega pomena tudi za energetske scenarije Slovenije in s tem povezane podnebno-okoljske rezultate.

Trajnostni sonaravni tehnični potenciali OVE za razvoj alternativne sonaravne energetike Slovenije so več kot zadostni, ključno je torej pomanjkanje politične volje za začetek energetske transformacije (Slameršak, 2017). Za razliko od številnih drugih evropskih držav (npr. Danska, Nemčija, Avstrija ...) je Slovenija v zadnjih 10–15 letih zgolj minimalno, »kozmetično« povečala delež OVE v končni energiji (še le konec leta 2023 – 25 %), vključno z električno energijo. Šele leta 2023 je Slovenija občutno povečala rabo sončne energije, kar pa ne velja za vetrno energijo (različni, že navedeni razlogi). Pisec sodi, da je bil eden od ključnih »skritih« razlogov potiskanja rabe OVE v ozadje interes tiste politike, ki finančno in kadrovske obvladuje velike centralizirane energetske objekte (TE, JE), energetskega scenarija decentraliziranih OVE pa njihove privilegije in interese strateško ogroža. Tudi zato se v večini medijev, ki so v privatni ali državni lasti, z množico prispevkov, ki brez potrebne večplastne distance enostransko slavijo jedrsko energijo, pripravlja prostor za referendumsko podporo »neizogibni« gradnji JEK2.

Pisec izrecno poudarja, da je predpogoj sicer procesno zasnovanega uveljavljanja sonaravne energetike Slovenije postopni prehod na medgeneracijsko pravično, enakopravno in odgovorno go-

spodarstvo in družbo odrasti ter materialno zmerni in neluksuzni način življenja – znotraj nosilnosti globalnega okolja. Z gradnjo JEK2 in s tem ustvarjeno iluzijo o možnostih nadaljevanja trajne rasti porabe energije (tokrat – električne energije) bi bile ustvarjene »razmere« za okoljsko in medgeneracijsko uničujoče nadaljevanje vsesplošnega modela stalne rasti – na omejenem planetu, z omejenimi naravnimi viri in omejenimi samočistilnimi sposobnostmi – na račun naših zanamcev, ki seveda ne morejo odločati. Slovenija z 2 milijonoma prebivalcev (v EU je z naskokom jedrska država z najmanjšim številom prebivalcev!) bi se v primeru gradnje nove jedrske elektrarne geostrateško in energetske oskrbno zelo tvegano odločila, da bo centralizirani jedrski objekt, v celoti vezan na uvoz jedrskega goriva – njena elektroenergetska hrbtenica. Seveda v nobenem primeru ni mogoče izključiti jedrske nesreče, terorističnih, kibernetških in drugih potencialnih napadov na JEK. Načrtovanje in (draga) gradnja JEK2 bi glede na sodobne evropske izkušnje (Finska, Francija) trajala tako dolgo, da verjetno vsaj do leta 2040 ne bo prispevala k urgentnemu zmanjševanju izpustov TGP – EU in Slovenija naj bi jih do leta 2030 zmanjšali za 55 % ... Skrb za izrabljeno jedrsko gorivo pa se etično pritlehno prepušča v breme tisočem prihodnjih generacij, ki od obratovanja JEK2 seveda ne bodo imele prav nobene koristi. Bodo naši zanamci ob viških energije izklapljali najcenejše obnovljive vire energije, JE pa bo »pasovno« nemoteno proizvajala dražjo elektriko?

Poudariti velja tudi, da ima odločitve o prevladujočem energetskega scenariju (manjša poraba energije, pospešen prehod na domače OVE) ne le energetske in okoljske razsežnosti, temveč tudi podnebne, zaposlitvene, zdravstvene posledice. Sedanje cene energije so okoljsko-podnebno in medgeneracijsko popolnoma deformirane, saj npr. ne vključujejo zunanjih okoljskih, zdravstvenih in medgeneracijskih negativnih posledic v tržno ceno energije. Na drugi strani pa se kažejo tudi nekatere negativne okoljske posledice (emisije trdnih delcev) npr. individualne rabe lesa (preveč vlažen les) in zastarelih tehnologij (kotli), ki jih je treba sistemsko minimizirati in podpreti optimalni, mavrični koncept rabe lokalnih OVE.

Tudi stanje električnega distribucijskega omrežja v Sloveniji je določena ovira pri gradnji hišnih sončnih elektrarn, saj prihaja do čakalnih vrst za njihovo priključitev, v številnih primerih pa priključitev sončnih elektrarn na elektroenergetsko omrežje sploh ni mogoča (okoli četrtnina vlog je bila zavrnjena). V nekaterih evropskih državah se uvaja obvezna vgradnja sončnih elektrarn na vseh novogradnjah, Slovenija pa je prisiljena njihovo gradnjo celo omejevati. Tudi na ta način se povečujejo pritisk in »argumenti« za gradnjo JEK2. Elektrodistribucijska podjetja Slovenije bi morala do leta 2030 investirati več kot 4 milijarde evrov v prenovo in nadgradnjo distribucijskega električnega omrežja kot organskega dela povezanega in posodobljenega evropskega elektroenergetskega omrežja, v bližnji prihodnosti temeljno zasnovanega na elektriki iz mavrice OVE.

Sonaravni energetski koncept bi prinesel bistveno več zelenih delovnih mest v vse pokrajine Slovenije, okrepil policentrični in skladnejši regionalni razvoj Slovenije, zmanjšal negativne zdravstvene in podnebne posledice proizvodnje in potrošnje fosilnih goriv ter z energetsko samooskrbo okrepil varnost države, saj ta ne bo več odvisna od uvoza nafte, zemeljskega plina in jedrskega goriva. Gradnja JEK2 torej ne bo povečala energetske samozadostnosti Slovenije, saj celotno jedrsko gorivo uvažamo. Decentralizirana proizvodnja električne energije, veliko število individualnih in združenih ter lokalnih proizvajalcev OVE, pa bi hkrati onemogočala koncentracijo kapitala, monopolno določanje cen energije in sistemsko korupcijo.

Pisec predlaga, da slovenska vlada podpre tudi izdelavo alternativne strategije energetike Slovenije do leta 2050 (upoštevanje podstati in gradnikov energetske strategije Švice 2050):

1. udejanjanje »družbe 2000 vatov«, torej bistveno zmanjšanje, več kot prepolovitev porabe primarne in končne energije (v industriji, prometu, gospodinjstvih itn.) ter čim manjša poraba električne energije (okvirna stabilizacija do leta 2030 in do leta 2050 najmanjše možno, torej omejeno povečanje porabe elektrike);

2. opustitev okoljsko-podnebno nesprejemljive in visokoentropijske centralizirane rabe omejenih, neobnovljivih zalog fosilnih virov (zaprtje TEŠ najpozneje do leta 2033, zaradi velikih finančnih izgub verjetno bistveno prej), časovno omejena raba uvoženega zemeljskega plina (nadomeščanje z zelenim vodikom, biometanom ...) in uvoženega urana (podaljšanje obratovanja obstoječe JEK do leta 2043, a brez gradnje JEK2);
3. večja, a zlasti zaradi okoljskih vzrokov količinsko omejena, torej ekosistemsko zelo pretehtana raba mavrice domačih, decentraliziranih OVE (ključna – sončna energija, okvirna stabilizacija rabe vodne energije, ekosistemsko pretehtana večja raba biomase in vetrne energije, dolgoročno – bistveno večja raba geotermalne energije za toploto in tudi za proizvodnjo elektrike);
4. pospešena in prednostna modernizacija elektroenergetskega omrežja ter tehnološki razvoj; razvoj ter raba različnih do okolja prijaznejših in bolj zmogljivih hranilnikov električne energije;
5. politična in druga podpora modernizaciji in prilagoditvi povezanega evropskega elektroenergetskega sistema na temeljno energetske vlogo zlasti sončne in vetrne energije, tržno korektna in v kriznih razmerah izrazito solidarnostno zasnovana vseevropska oskrba z energijo.

Raziskovalni novinar Miran Lesjak (2024) upravičeno sodi, da referendum o drugem bloku JEK dejansko ni mogoče razpisati, saj med drugim sploh še ni znano, kakšna naj bi bila moč nove jedrske elektrarne, koliko bo stala, kdo jo bo gradil, kako se bodo odlagali in skladiščili radioaktivni odpadki itn. Treba je izrecno poudariti, da je razpis referenduma smiseln in upravičen zgolj v primeru, da bodo pred tem na voljo zelo konkretni in argumentirani podatki ter izračuni za jedrski in nejedrski energetski scenarij. To bi volivkam in volivcem v resnici omogočilo odgovorno odločitev, seveda po obvezni in obsežni, strokovno korektni in strpni javni razpravi. Pisec se strinja z mnenjem Matjaža Valen-

čiča (2024), da ima pred referendumom javnost pravico do celovite informacije, zato naj Republika Slovenija financira tudi tista družbena gibanja, ki opozarjajo na neprimernost nove jedrske naložbe, kakor že sedaj financira zagovornike gradnje JEK2. Valenčič (2024) opozarja, da ni korektno le jedrskim zagovornikom omogočiti ustvarjati javno mnenje.

Državljeni in državljanke Slovenije se po mnenju pisca torej na referendumu ne bi odločali zgolj o gradnji ali negradnji JEK2, temveč o izboru med dvema energetsima (in s tem tudi razvojnima) strateškima konceptoma (2024–2050):

1. energetski koncept šibkejšje trajnosti (koncept OVE + JE): zmerno zmanjšanje porabe primarne energije in bistveno povečanje rabe električne energije (najmanj podvojitve do leta 2050), postopno povečanje rabe OVE in elektroenergetski koncept OVE + JE (podaljšanje obratovanja JEK, gradnja JEK2);
2. energetski koncept močne trajnosti (koncept URE + OVE):
  - učinkovitejša in bistveno manjša raba energije (URE; prepolovitev rabe primarne energije: zgradbe, industrija, promet, gospodinjstva, turizem, kmetijstvo ...) kot temeljni energetski gradnik; minimalno povečanje porabe električne energije do leta 2050;
  - 100-% oskrba z domačimi regionalnimi OVE (ključna – sončna energija, stabilizacija vloge hidroenergije, večja vloga vetrne energije, delno tudi bioenergije in dolgoročno bistveno večja vloga geotermalne energije);
  - podaljšano delovanje obstoječe JEK do leta 2043 in brez gradnje JEK2;
  - fleksibilne plinske elektrarne z obratovanjem zgolj v kritičnih razmerah (najdalj do 2035–2040, potem pa pospešena preusmeritev na zeleni vodik in sintetične pline);
  - časovno (uvodno) in količinsko omejen uvoz električne energije;

- večja vloga različnih hranilnikov energije;
- posodobljena elektroenergetska mreža, prilagojena temeljni vlogi OVE.

Po osamosvojitvi najpomembnejša trajnostna razvojno-okoljska odločitev Slovenije je torej naslednja: jedrska ali nejedrska Slovenija. Praktično dokončno politično zabetoniranje koncepta jedrske Slovenije z JEK2 najmanj do konca 21. stoletja je tudi medgeneracijsko večplastno moralno sporno, nepovratno dejanje. Pisec sodi, da je referendum potreben, a smiseln takrat, ko bodo na razpolago povsem konkretni in verodostojni podatki npr. o moči, investitorjih, obdobju in ceni gradnje JEK2, skladiščenju izrabljenega jedrskega goriva ter druge ključne informacije. Pisec se zaveda dejstva, da tudi alternativni, nejedrski energetski scenarij Slovenije ni brez negativnih posledic in tveganj (nobena raba energije seveda ni brez negativnih vplivov), ki pa so po njegovi sodbi mnogoplastno, s trajnostnega sonaravnega vidika manjša kot pri energetskem scenariju z JEK2. Na mestu je opozorilo Franca Jurija (2024), da rokohitrski posvetovalni referendum novembra 2024 pomeni prelaganje odgovornosti za morebitni nov polom (kot je bil TEŠ6) od parlamentarnih političnih strank (vse razen Levice), ki gradnjo JEK2 podpirajo – na pleča vseh državljanek in državljanov. Poziv k preložitvi odločanja na referendumu jeseni 2024 je oblikoval tudi podnebni svet RS, strokovno kompetenten posvetovalni organ vlade.

Svetovni dan ekološkega dolga je bil leta 2022 dosežen 28. julija, v Sloveniji pa že 18. aprila, kar pomeni, da je Slovenija že v tretjini leta porabila celoletno okoljsko še »dovoljeno« količino naravnih virov in obremenjevanja okolja ... Tudi v letu 2024 je bil ekološki dolg Slovenije (25. april) izrazito visok, negativne posledice pa tudi etično nesprejemljive. Je sploh treba tudi glede odgovornosti do naših zanamcev in nujnosti trajnostnih ukrepov politikov, energetikov, podjetij, znanosti, državljanov in državljanek še kaj dodati?

Ključni trajnostni pogoj je pripravljenost porabnikov energije za temeljite spremembe v ravnanju z dragoceno in omejeno količino »obnovljive« energije, zavestni in odgovorni osebni in

skupnostni pristanek na zmerno materialno blagostanje, na paradigmo odrasti, pojmovano kot postopni, a vztrajni odmik od imperativa stalne rasti (»dovolj namesto vedno več«) – na fizično omejenem in ranljivem planetu. Brez sonaravnega etičnega in medgeneracijsko pravičnega kompasa posameznika, podjetja, ustanove, skupnosti, brez sonaravne politike, gospodarstva in sonaravne civilne družbe seveda tudi sonaravna energetika Slovenije, energetska prihodnost – brez JEK2 – po mnenju pisca ni možna. Po mnenju pisca je torej iluzija tudi pričakovanje, da je možna »otočna« sonaravna energetika – sredi »morja« prevladujočih in rastočih nesonaravnih oblik materialnih dejavnosti, neomejene proizvodnje in prodaje luksuznih izdelkov ter nesonaravnega načina vsakdanjega življenja in rasti BDP kot praktično edinega merila (ne)uspešnosti doseganja blagostanja družbe, države. Tudi šibkega sonaravnega energetskega cilja ne bo mogoče doseči, če ne bodo v ospredju izdatno spodbujeni ukrepi učinkovite rabe energije (negavati) in hkratnih globinskih strukturnih sprememb glede rabe energije v gospodarstvu, prometu, gospodinjstvih (aparati, ogrevanje, lastna proizvodnja energije iz OVE),

**Gradniki trajnostne sonaravne energetike Evropske unije - predlog Evropske zveze nevladnih okoljskih organizacij (EEB) (Wehrmann, 2024)**

- gradnja novih jedrskih elektrarn je zlasti zaradi previsokih stroškov in dolgotrajne gradnje nerealistična strategija za sicer neobhodno razogljičenje družbe, energetike;
- nujno je hkratno razogljičenje energetike in procesno opuščanje ter opustitev rabe jedrske energije;
- bistveno bolj učinkovit energetski sistem z zmanjšanjem porabe energije je temeljni gradnik sonaravne energetike;
- občutno večja in odgovorna raba obnovljivih virov energije;
- bolj fleksibilno upravljanje energetskih sistemov prek hranilnikov energije in uravnavanja porabe energije lahko nadomestita jedrsko energijo.

ukrepi za skladnejši regionalni razvoj in povečanje dela na domu (zmanjšanje dnevne migracije itn.). Pritrditi je treba mnenju Nine Štros (2016, 39): ni več večjih ekonomskih in tehničnih ovir za prehod k 100-% energiji iz OVE do leta 2050, vse, kar po njenem mnenju potrebujemo, je – politična volja, da se spremembe zgodijo, in seveda večinska volja večplastno in korektno informiranih državljanek in državljanov Slovenije. Angažirana slovenska znanstveno-raziskovalna skupnost pa bi lahko s svojim znanjem državljanom in državljanom bistveno olajšala zelo pomembno referendumsko odločitev.

Zlasti pa bi bilo treba že pred prvim referendumom odgovoriti na naslednje vprašanje – kako naj bi v končni fazi verjetno še bistveno dražja načrtovana izgradnja JEK2 vplivala na udejanjanje dolgotrajne oskrbe, socialnega varstva, na javno zdravstvo in izobraževanje, na potrebne investicije v OVE v vseh slovenskih pokrajinah, na nujnost spodbujanja zmanjševanja porabe energije in materialov, na investicije v železnice, javni prevoz, tretjo razvojno os, na koncept skladnejšega regionalnega razvoja itn.

# Literatura

- Abbott, D.**, 2012, Limits to Growth: Can Nuclear Power Supply the World's Needs? *Bulletin of Atomic Scientists* 68(5), s. 23–32.
- Accelerating a Carbon-Free Future**, 2023, <https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW1fApf> (22. 5. 2024).
- Achieving Net Zero Carbon Emissions in Switzerland in 2050**, 2022, OECD and Nuclear Energy Agency.
- A Growing European Movement for a Community-Driven Energy Transition**, 2024, <https://europeandclimate.org/stories/a-growing-european-movement-for-a-community-driven-energy-transition> (23. 7. 2024).
- A Moment of Historic Danger: It is Still 90 Seconds to Midnight**, Doomsday Clock Statement, 2024, *Bulletin of the Atomic Scientists* 2024.
- A Stress Test for Coal in Europe under a Paris Agreement**, 2017, <https://climateanalytics.org/media/eu-coalstress-test-report-2017.pdf> (24. 12. 2019).
- Attack on Nuclear Plant Increases Risk of Major Accident, Says IAEA**, 2024, <https://www.msn.com/en-in/health/medical/attack-on-nuclear-plant-increases-risk-of-major-accident-says-iaea/ar-BB11ICRi> (9. 4. 2024).
- Babič, D.**, 2018, Energetski koncept Slovenije – kam se tako mudi?, <https://damijan.org/2018/01/08/energetski-koncept-slovenije-kam-se-tako-mudi/> (22. 5. 2018).
- Babič, D.**, 2022, Da za celovit odziv na podnebne spremembe, *Damijan blog* (28. 2. 2022), Ljubljana.
- Babič, D.**, 2024a, Kako bomo gradili novo jedrsko elektrarno? <https://damijan.org/2024/05/10/kako-bomo-gradili-novo-jedrsko-elektrarno> (4. 8. 2024).
- Babič, D.**, 2024b, Kanibalski učinek sončnih elektrarn, <https://damijan.org/2024/06/07/kanibalski-ucinek-soncnih-elektrarn> (4. 8. 2024).
- Bahun, P.**, 2024, Fotovoltaika obetavna rešitev za izzive podnebnih sprememb, *Naš stik* 2024/3, s. 51–53.
- Beck, P.**, 1994, *Prospects and Strategies for Nuclear Power*. The Royal Institute of International Affairs, Earthscan, London.
- Becker, S., Klagge, B., Naumann, M.**, 2021, *Energiegeographie*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Bennett, N.**, 2021, Separating Fact from Fission <https://theecologist.org/2021/dec/15/separating-fact-fission> (20. 5. 2024).
- Bevk, T., Golobič, M., Svetina, M., Kurdija, S., Vovk, T., Urbančič, A., Trstenjak, K.**, 2021, Družbena sprejemljivost prostorskih učinkov v scenarijih rabe OVE, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Ljubljana.
- Boehm, S., Schumer, C.**, 2023, 10 Big Findings from the 2023 IPCC Report on Climate Change, <https://www.wri.org/insights/2023-ippcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings> (15. 7. 2023).
- Bogdanov, D. idr.**, 2021, Low-Cost Renewable Electricity as the Key Driver of the Global Energy Transition towards Sustainability, *Energy* 227, s. 1–12.
- Brecelj, G.**, 2022, Intervju z novinarko M. Weiss, Mladina – Posebna poletna številka, Ljubljana.
- Camilleri, J. A.**, 1984, *The State and Nuclear Power*, Harvester Press, Brighton.
- Cizelj, L.**, 2017, Stečaj družbe Westinghouse ni bil presenečenje, Intervju z novinarjem V. Habjanom, [www.nas-stik.si/1/Novice/novice/tabid/87/ID/4884/Stečaj-druzbe-Westinghouse-ni-bil-presenečenje.aspx](http://www.nas-stik.si/1/Novice/novice/tabid/87/ID/4884/Stečaj-druzbe-Westinghouse-ni-bil-presenečenje.aspx) (2. 1. 2020).
- Climate Change Report 2023 Synthesis Report (IPCC)**, 2023, [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf) (21. 5. 2024).
- Čopič, M.**, 2021, Kako do leta 2050 brez izpustov ogljikovega dioksida, *Delo – Sobotna priloga* (27. 2. 2021), Ljubljana.
- Damijan, J. P.**, 2021, Zakaj je Nemčija energetske rjave, Francija pa zelena? Napake nemške energetske politike. *Damijan blog* (8. 11. 2021), Ljubljana.
- Damijan, J. P.**, 2023, Za Slovenijo je optimalna kombinacija OVE in jedrske energije (intervju), *ESG* 183, s. 36–39.
- Damijan, J. P., Babič, D.**, 2020, Kakšen naj bo prehod k nizkoogljični proizvodnji energije? *Delo – sobotna priloga* (1. 2. 2020), Ljubljana.
- Damijan, J. P., Babič, D.**, 2024, Optimalen trajnostni energetski prehod v Sloveniji, *Delo – sobotna priloga* (6. 4. 2024), Ljubljana.
- Denmark's Long-term Strategy**, 2019, [https://ec.europa.eu/clima/sites/its/its\\_dk\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/its/its_dk_en.pdf) (12. 2. 2020).
- Desha, C.**, 2014, Factor Five – Towards Global Sustainability Through Doing Much More with Much Less, <https://core.ac.uk/reader/33507600> (30. 7. 2021).
- Detela, A.**, 2013, *Sintropija v polifaznih zibelkah*, Demat, Ljubljana.

- Dixon-Declève, S., Owen, G., Ghosh, J., Randers, J.**, 2022, Earth for All, A Report to the Club of Rome.
- Duvic-Paoli, L.-A., Lueger, P.**, 2022, A Democratic Nuclear Energy Transition? Public Participation in Nuclear Activities, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/reel.12433> (18. 3. 2024).
- Elliott, D.**, 2020, Renewable Energy: Can it Deliver? Polity Press, Cambridge.
- Emissions Gap Report 2023: Broken Record**, 2023, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/43922/EGR2023.pdf> (23. 4. 2024).
- Energetsko dovoljenje za gradnjo drugega bloka NEK izdano v nasprotju z evropskim pravom**, brez javne razprave in brez presoje vplivov na okolje in varnost, 2021, <https://focus.si/energetsko-dovoljenje-za-gradnjo-2-bloka-nek-izdano-v-nasprotju-z-evropskim-pravom-brez-javne-razprave-in-brez-presoje-vplivov-na-okolje-in-varnost> (2. 4. 2022).
- Energieperspektiven 2050+**, 2022, Bundesamt fuer Energie, Bern.
- Energiestrategie 2050 nach dem Inkrafttreten des neuen Energiegesetzes (Schweiz)**, 2018, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html> (21. 1. 2020).
- Energy (R)evolution**, 2010, Greenpeace International, EREC – European Renewable Energy Council, Beelzebub.
- Energy – Facts and Figures**, 2023, <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/en/home/wirtschaft/energie/energie--fakten-und-zahlen.html> (19. 4. 2024).
- Energy Production and Consumption**, 2023, <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption> (25. 4. 2023).
- Enough is Enough – Ideas for a Sustainable Economy in a World of Finite Resources**, 2010, The Report of the Steady State Economy Conference. CASSE, Leeds.
- Environmental Remediation of Uranium Production Facilities**, 2002, <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/3033-environmental-remediation.pdf> (7. 7. 2024).
- EU Coal Phase-out 2030**, 2021, Agora Energiewende, Enervis Energy Advisors, Berlin.
- European Electricity Review 2024**, 2024, <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2024> (8. 3. 2024).
- Fessler, D.**, 2019, The Energy Disruption Triangle. Wiley, Cornwall.
- French Uranium Miner Leaves 20 Million Tonnes of Radioactive Waste in Niger**, 2023, <https://www.rfi.fr/en/africa/20230124-french-uranium-miner-leaves-20-million-tonnes-of-radioactive-waste-in-niger> (7. 7. 2024).
- Gasparatos, A., Doll, C., Esteban, M., Ahmed, A., Olang, T.**, 2017, Renewable Energy and Biodiversity: Implications for Transitioning to a Green Economy, Renewable and Sustainable Energy Reviews 70, s. 161-184.
- Gen energija predstavila oceno ekonomike projekta JEK 2**, 2024, <https://www.gen-energija.si/medijsko-sredisce/novice/326/gen-energija-predstavila-oceno-ekonomike-projekta-jek2> (22. 5. 2024).
- Girard, P.**, 2023, France's Nuclear Power Sector is not Delivering, <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/opinion/frances-nuclear-power-sector-is-not-delivering> (10. 7. 2024).
- Global Military Spending Surges Amid War Rising Tensions and Insecurity**, 2024, <https://www.sipri.org/media/press-release/2024/global-military-spending-surges-amid-war-rising-tensions-and-insecurity> (19. 7. 2024).
- Global Warming of 1.5 – IPCC Special Report**, 2019, <https://www.bing.com/search?q=ipcc+2018+report+pdf&q>s (14. 7. 2024).
- Gnezda, A.**, 2018, Energetsko intenzivne industrije v Sloveniji. Umanotera, Ljubljana.
- Godina, D.**, 2023, Uvodna beseda, Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji 2022, Agencija za energijo RS, Ljubljana.
- Green, J.**, 2014, Nuclear Power and Biodiversity - Dont Forget WMD Proliferation, 2014, <https://theecologist.org/2014/dec/18/nuclear-power-and-biodiversity-dont-forget-wmd-proliferation> (14. 7. 2024).
- Green, J.**, 2022, Nuclear Facilities Targeted in War, <https://theecologist.org/2022/mar/14/nuclear-facilities-targeted-war> (4. 2. 2024).
- Green, J.**, 2023, Nuclear is Flatlining, <https://theecologist.org/2023/mar/01/nuclear-flatlining> (4. 6. 2024).
- Green, J.**, 2024, Nuclear Hype in Meltdown, <https://theecologist.org/2024/jan/23/nuclear-hype-meltdown> (4. 2. 2024).
- Habjanič, S.**, 2017, Analiza in predlogi za energetsko in ekonomsko prednostne in učinkovitejše korake, Akcijski načrt za obnovljive vire energije Slovenije – AN OVE – osnutek akcijskega načrta za obnovljive vire energije za obdobje 2010–2020, Zveza društev Moja Mura, Gornja Radgona.
- Hajek, S.**, 2024, Wer ist auf dem Holzweg in der Debatte um Kernkraft? Wirtschafts Woche, Berlin.
- Hansen, K., Breyer, C., Lund, H.**, 2019, Status and Perspectives on 100 % Renewable Energy Systems, Energy 175, s. 471–480.
- Haverkamp, J.**, 2021, Towards a Clean and Sustainable Energy System: 26 Criteria Nuclear Power Does not Meet. Heinrich Böll Stiftung, Berlin.

- Holz: Ein Joker für die Energiewende**, 2023, <https://www.psi.ch/de/media/forschung/holz-ein-joker-fuer-die-energiewende> (22. 4. 2024).
- Horvat, S.**, 2023, Po apokalipsi, KUD Apokalipsa, Ljubljana.
- Horvat, S.**, 2024, Intervju z novinarko Patricijo Maličev, Delo – sobotna priloga (16. 3. 2024), Ljubljana.
- Hungary Allow Nuclear Plant Exceed Danube Water Temperature Limit**, 2024, <https://www.reuters.com/business/energy/hungary-allow-nuclear-plant-exceed-danube-water-temperature-limit-2024-07-27> (27. 7. 2024).
- Huš, K.**, 2020, Veter in sonce ali tabletko uranovega dioksida, <https://www.delo.si/sobotna-priloga/veter-in-sonce-ali-tabletke-uranovega-dioksida/> (31. 7. 2021).
- In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication**, 2018, A Clean Planet for All – A European Long-term Strategic Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy, [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com\\_2018\\_733\\_analysis\\_in\\_support\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf) (29. 6. 2019).
- Irrweg in der Klimakrise: Warum Atomkraft keine Antwort auf den Klimawandel**, 2020, Anti Atom Organisation Ausgestrahlt.
- Jacobson, M.**, 2019, Evaluation of Nuclear Power as a Proposed Solution to Global Warming, Air Pollution, and Energy Security, <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/WWSBook/WWSBook.html> (15. 8. 2021).
- Jacobson, M.**, 2021a, The 7 Reasons Why Nuclear Energy is not the Answer to Solve Climate Change, [https://scienceforsustainability.org/wiki/Talk:Mark\\_Z.\\_Jacobson%27s\\_7\\_reasons\\_why\\_nuclear\\_energy\\_is\\_not\\_the\\_answer\\_to\\_solve\\_climate\\_change](https://scienceforsustainability.org/wiki/Talk:Mark_Z._Jacobson%27s_7_reasons_why_nuclear_energy_is_not_the_answer_to_solve_climate_change) (8. 1. 2021).
- Jacobson, M.**, 2021b, 100 % Clean, Renewable Energy and Storage for Everything, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jacobson, M.**, Delucchi, M., Bauer, Z. idr., 2017, 100 % Clean and Renewable Wind, Water and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World, <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/CountriesWWS.pdf> (25. 9. 2019).
- Janjič, B.**, 2023, Razmere na trgu se umirjajo, a krize še ni konec, Naš stik – revija slovenskega elektro gospodarstva 2023/2, s. 17–19.
- Jedrski energija – slepa ulica pri blažitvi podnebnih sprememb (prevod)**, 2023, Green European Foundation, Inštitut za družbeno ekologijo, Ljubljana.
- JEK2: Referendum na slepo**, 2024, <https://www.greenpeace.org/slovenia/sporocilo-za-javnost/50936/jek2-referendum-naslepo> (25. 5. 2024).
- Johns, H.**, 2015, Energy Revolution. Permanent Publications, Hampshire.
- Juri, F.**, 2024, Jedrska koalicija, Mladina 11 (15. 3. 2024), Ljubljana.
- Kaj je sončna energija in kako jo lahko uporabimo?** 2010, <https://www.elektro-gorenjska.si/resources/files/pdf/EU%20soncni%20dnevi%201.pdf> (8. 11. 2019).
- Kirn, A.**, 2022, Je jedrska energija zelena? Prejeli smo – Sobotna priloga Dela (15. 1. 2022), Ljubljana.
- Klein, N.**, 2018, Ne ni dovolj, Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Klein, N.**, 2019, On Fire: The Burning Case for a Green New Deal. Penguin Books, Toronto.
- Kordež, B.**, 2024a, O energetske prihodnosti Slovenije (1. del), <https://damijan.org/2024/06/03/o-energetski-prihodnosti-slovenije-1-del> (3. 8. 2024).
- Kordež, B.**, 2024b, O energetske prihodnosti Slovenije (2. del), <https://damijan.org/2024/06/04/o-energetski-prihodnosti-slovenije-2-del> (3. 8. 2024).
- Kos, J.**, 2022, Preporod jedrske energije v svetu, Naš stik – revija slovenskega elektro gospodarstva 2022/5, s. 40–41.
- Kos, N.**, 2024, Jedrska energija – varna prihodnost ali tveganje, ESG 188, s. 32–35.
- Kovač, M.**, 2021, Energetske potrebe človeštva skozi čas: od industrijske revolucije do civilizacije tipa I, Založba ZRC, Ljubljana.
- Kovačič, B.**, 2023, Ena Zemlja: okoljska misel, antropocen in ekološka paradigma, Samozaložba, Ljubljana.
- Krall, L., Macfarlane, A., Ewing, R.**, 2022, Nuclear Waste from Small Modular Reactors, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2111833119> (13. 6. 2024).
- Kralj, P.**, 2016, Energetika za dobrobit države in prebivalcev, Prispevek k razpravi o Energetskem konceptu Republike Slovenije, Elektro Ljubljana, s. 18–27.
- Kus, Z.**, 2019, Poceni sanje, draga resničnost, [https://focus.si/wp-content/uploads/2019/10/Jedrska-utopija\\_18-10-2019\\_ZKus.pdf](https://focus.si/wp-content/uploads/2019/10/Jedrska-utopija_18-10-2019_ZKus.pdf) (25. 12. 2019).
- Kus, Z.**, 2022a, Cepljenje atomov in lovljenje vetra in sonca. Delo – sobotna priloga (16. 4. 2022), Ljubljana.
- Kus, Z.**, 2022b, Posledice jedrske nesreče so nepopisne (delovno gradivo), Ljubljana.

- Kus, Z.**, 2024a, Jedrska energija ali zeleni prehod, Delo – sobotna priloga (6. 4. 2024), Ljubljana.
- Kus, Z.**, 2024b, Dejanska cena in dejanski stroški, Mladina 26 (28. 6. 2024), Ljubljana.
- Lah Turnšek, T., Stanič, D., Vrežec, A.**, 2022, Poziv znanosti glede gradnje novih HE, <https://www.delo.si/mnenja/pisma-bralcev/poziv-znanosti-glede-gradnje-novih-hidroelektrarn> (30. 8. 2022).
- Lah Turnšek, T., Vrežec, A.**, 2024, Kako zelen bo naš zeleni prehod, Delo – sobotna priloga (15. 6. 2024), Ljubljana.
- Lange, B., Cummings, V.**, 2024, Raumdifferenzierende Perspektiven auf Postwachstum, Geographische Rundschau 2024/7-8, s. 4-9.
- Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis**, 2019, <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf> (5. 12. 2019).
- Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis**, 2023, <https://www.lazard.com/media/typdgxmm/lazards-lcoepus-april-2023.pdf> (2. 8. 2024).
- Lehtonen, M.**, 2024, Taking Stock of the SMR Promise, <https://content.yudu.com/web/442ay/0A444i/NEI0124-Pros/html/index.html?page=18&origin=reade> (7. 4. 2024).
- Lengar, I.**, 2023, Nizkoogljično ali obnovljivo, Delo – sobotna priloga (5. 8. 2023), Ljubljana.
- Lengar, I.**, 2024, Pot do nizkoogljične družbe, Delo – sobotna priloga (22. 4. 2024), Ljubljana.
- Lessons not Learned from the Fukushima Accident – Risks of the European NPPs 10 Years Later**, 2021, [https://www.greenpeace.org/static/planet4-slovenia-stateless/2021/03/8921d0f8-study-10-years-fukushima\\_final.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-slovenia-stateless/2021/03/8921d0f8-study-10-years-fukushima_final.pdf) (10. 3. 2021).
- Le nucleaire: un danger pour l'eau**, 2023, <https://www.sortirduclaire.org> (20. 7. 2024).
- Letno poročilo Sklada za financiranje razgradnje Nuklearne elektrarne Krško in za odlaganje radioaktivnih odpadkov iz Nuklearne elektrarne Krško za leto 2018**, 2019, <https://www.sklad-nek.si/datoteke/katalogKategorija/letno-porocilo-2020.pdf> (26. 8. 2021).
- Letno poročilo Sklada za financiranje razgradnje Nuklearne elektrarne Krško in za odlaganje radioaktivnih odpadkov iz Nuklearne elektrarne Krško za leto 2019**, 2020, <https://www.sklad-nek.si/datoteke/katalogKategorija/letno-porocilo-2019.pdf> (26. 8. 2021).
- Letno poročilo Nuklearne elektrarne Krško za leto 2022**, 2023, NE Krško.
- Life-Cycle Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Energy in Australia**, 2006, ISA, The University of Sidney.
- Lipnik, K.**, 2024, Nepotreben odpor do obnovljivih virov – Okoljska zakonodaja je ena večjih ovir za napredek, Delo – gospodarstvo (23. 7. 2024).
- Lorenci, J.**, 2019, Atomska vlada: Bomo dobili Krško 2? Mladina 36 (6. 9. 2019), Ljubljana.
- Lorenz, P.**, 2022, Russian Grip on EU Nuclear Power, <https://wiseinternational.org/sites/default/files/NM902.pdf> (22. 7. 2024).
- Lovins, A., Lovins, H., Hawken, P.**, 2007, A Road Map for Natural Capitalism, <https://hbr.org/2007/07/a-road-map-for-natural-capitalism> (1. 1. 2020).
- Lovins, A.**, 2022a, Nuclear Energy Should not be Part of the Global Solution to Climate Change, <https://www.utilitydive.com/news/nuclear-energy-should-not-be-part-of-the-global-solution-to-climate-change/620392/> (4. 7. 2023).
- Lovins, A.**, 2022b, US Nuclear Power: Status, Prospects, and Climate Implications, *Electricity Journal* 35, s. 107–122.
- Lukšič, A.**, 2001, Rizične tehnologije kot izziv za premislek o odločevalskih formah, 2001, Teorija in praksa 38, s. 412–422.
- Lukšič, A.**, 2009, Konec demokracije? Teorija in praksa 46, s. 537–558.
- Lukšič, A.**, 2022, Politična znanost pred novimi izzivi: rekonceptualizacija kot odgovor na okoljska vprašanja, Teorija in praksa 59, s. 281–293.
- Lyman, E.**, 2024, Five Things the Nuclear Bros Dont Want You to Now About Small Modular Reactors, <https://blog.ucsusa.org/edwin-lyman/five-things-the-nuclear-bros-dont-want-you-to-know-about-small-modular-reactors> (9. 6. 2024).
- Machin, A.**, 2020, The Agony of Nuclear: Sustaining Democratic Disagreement in the Anthropocene, *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 16:1, 286–297.
- MacKay, D.**, 2013, Trajnostna energetika – brez razgretega ozračja, Energetika NET, Ljubljana.
- Major Pros and Cons of Thorium Nuclear Power Reactor**, 2018, <https://www.nsenerybusiness.com/news/news-major-pros-and-cons-of-thorium-nuclear-power-reactor-6058445/> (13. 1. 2020).
- Make The European Green Deal Real: Combining Climate Neutrality and Economic Recovery**, 2020, [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.791736.de/diwkompakt\\_2020](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.791736.de/diwkompakt_2020) (4. 10. 2020).

- Malešič, M., Polič, M., Prezelj, I., Juvan, J., Uhan, S., Bajec, B.**, 2015, Evacuation in the Case of Nuclear Disaster: Research Findings on Planning and Communication. V: International Conference: RICOMET 2015, Book of Abstracts. Kranj.
- Malm, A.**, 2023, Fosilni kapital: vzpon parne moči in izvori globalnega segrevanja, Založba \*cf, Ljubljana.
- Manifest civilne družbe za razvoj Slovenije, Za družbo blaginje in trdni mreži življenja**, 2018, Umanotera, Ljubljana.
- Marsh, J.**, 2023, How Renewable Energy Impacts Biodiversity, <https://www.endangered.org/how-renewable-energy-impacts-biodiversity> (13. 7. 2024).
- Mekina, B.**, 2024, Zakaj sem proti novi nuklearki? Mladina 11 (15. 3. 2024), Ljubljana.
- Menn, A.**, 2023, Tiefschlag für die Nuklearindustrie, <https://www.worldnuclearreport.org> (24. 6. 2024).
- Mervar, A.**, 2023, Intervju z novinarjem Borutom Mekino, Mladina 51 (22. 12. 2023), Ljubljana.
- Mervar, A.**, 2024, Intervju z novinarko Lariso Daugul (17. 3. 2024), MMC RTV SLO, Ljubljana.
- Muellner, N., Arnold, N., Guffer, K., Kromp, W., Renneberg, W., Liebert, W.**, 2021, Nuclear Energy - The Solution to Climate Change? Energy Policy 155, s. 1-10.
- Nagy, B. F.**, 2018, The Clean Energy Age. Lanham, Maryland.
- Nappes d'eau souterraine au 1er avril 2023 risques secheresse estivale**, 2023, <https://www.brgm.fr/fr/actualite/communique-presse/nappes-eau-souterraine-au-1er-avril-2023-risques-secheresse-estivale> (21. 7. 2024).
- Na referendum brez podatkov: ali se v desetletju od TEŠ 6 res niste naučili ničesar (JEK 2)**, 2024, <https://www.umanotera.org/novice/na-referendum-brez-podatkov-ali-se-v-desetletju-od-tes-6-res-niste-naucili-nicesar-jek2> (5. 4. 2024).
- Nasprotovanje predlogu Resolucije o dolgoročni miroljubni rabi jedrske energije v Sloveniji**, 2023, Plan B za Slovenijo, Ljubljana.
- NEPN**, Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije (verzija 4.1), 2020a, Institut »Jožef Stefan«, Center za energetske učinkovitost, Ljubljana.
- NEPN**, Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije, 2020b, Vlada Republike Slovenije, Ljubljana.
- NEPN**, Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije, 2022, Vlada Republike Slovenije, Ljubljana.
- Novak, P.**, 2014, Sonaravni energetski program, Revija EOL 87, Celje.
- Novak, P.**, 2017, Biomasa Slovenije kot surovina za nova goriva in ne več vir onesnaževanja. V: Odpadki in emisije v sistemu krožnega gospodarstva (zbornik), K. Lipič in K. Rižnar (ur.). Zveza ekoloških gibanj Slovenije, Ljubljana.
- Novak, P.**, 2018a, Resolucija o Energetskem konceptu Slovenije in krožno gospodarstvo, Okrogla miza ZEG, Gornja Radgona.
- Novak, P.**, 2018b, Obnovljivi viri energije, <https://u3sevnica.weebly.com/doktor-peter-novak-obnovljivi-viri-energije---30-1-2018.html> (4. 5. 2021).
- Novak, P.**, 2021, Jedrska energija je vse prej kot mrtva. Le hitro umira na obroke, Delo – sobotna priloga (10. 4. 2021), Ljubljana.
- Novak, P.**, 2022, Alternative v slovenski energetiki, Posebna izdaja tednika Mladina – misliti alternative, Ljubljana.
- Nuclear Events in Ukraine and the War**, 2024, Nuclear Digest 2024/February, Bellona.oweNuclear (1. 7. 2024)
- Power and Nuclear Weapons**, 2018, <https://cnduk.org/wp-content/uploads/2018/02/Nuclear-power-and-nuclear-weapons-1.pdf> (19. 3. 2024).
- Nuclear Phase-out: How Renewables, Energy Savings and Flexibility Can Replace Nuclear in Europe**, 2024, [https://eeb.org/wp-content/uploads/2024/03/PAC-2.0\\_Nuclear\\_report.pdf](https://eeb.org/wp-content/uploads/2024/03/PAC-2.0_Nuclear_report.pdf) (1. 7. 2024).
- Nuclear Power in the European Union**, 2024, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/european-union> (2. 5. 2024).
- Nuclear Reactor Construction: Starts Drop Again in the World**, 2024, <https://www.worldnuclearreport.org/Nuclear-Reactor-Construction-Starts-Drop-Again-in-the-World.html> (18. 6. 2024).
- Obnovljivi viri energije v Sloveniji: prerez časa in prostora**, 2016, Borzen, Ljubljana.
- Olesen, G., Kvetny, M., Lebre la Rovere, E.**, 2002, Sustainable Energy Vision 2050: A Proposal to Achieve a Sustainable Energy System, Following Environmental and Social Imperatives. International Network for Sustainable Energy (23. 6. 2019).
- Osnutek predloga posodobitve: Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt RS**, 2024, Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo RS, Ljubljana.
- Ostan Ožbolt, I.**, 2024, Nova jedrska elektrarna? Več preglednosti, več informacij, prosim! Delo – sobotna priloga (2. 3. 2024), Ljubljana.
- Palz, W.**, 2020, The Triumph of the Sun in 2000–2020, Jenny Stanford Publishing.
- Papež Frančišek**, 2015, Okrožnica o skrbi za skupni dom: Hvaljen, moj Gospod – Laudato si'. Družina, Ljubljana.
- Pedregal, A., Bordera, J.**, 2020, Toward an Ecosocialist Degrowth: From the Materially Inevitable to the Socially Desirable, <https://monthlyreview.org/2022/06/01/toward-an-ecosocialist-degrowth-from-the-materially-inevitable-to-the-socially-desirable/> (18. 8. 2022). Penca, J., 2020, Trmoglavo v jedrsko prihodnost, [www.zalozbapenca.si](http://www.zalozbapenca.si) (10. 5. 2020).

- Penca, J.**, 2021, Brezobzirni jedrski optimizem. Delo – Pisma bralcev (26. 6. 2021), Ljubljana.
- Persson, L. idr.**, 2022, Outside the Save Operating Space of the Planetary Boundary or Novel Entities, *Environmental Science and Technology* 1510.
- Pistner, C. idr.**, 2021, Sicherheitstechnische Analyse und Risikobewertung einer Anwendung von SMR-Konzepten (Small Modular Reactors), [https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/gutachten-small-modular-reactors.pdf?\\_\\_blob=publication](https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/gutachten-small-modular-reactors.pdf?__blob=publication) (1. 5. 2022).
- Plut, D.**, 2016, Trajnostno sonaravna vizija, Prispevek k razpravi o Energetskem konceptu Republike Slovenije, *Elektro Ljubljana*, s. 6–17.
- Plut, D.**, 2022, Ekosistemska družbena ureditev. Drugi zvezek: Slovenija in Evropa, Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani.
- Plut, D.**, 2023, Gradniki trajnostne sonaravne energetike: primer Švice in Slovenije, Zbornik – Peter Novak, Slovensko društvo za sončno energijo, Ljubljana, s. 32–37.
- Plutonium**, 2018, World Nuclear Association, <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/plutonium.aspx> (29. 12. 2019).
- Podnebni svet o podnebnih ukrepih in prometu in glede izgradnje novega bloka jedrske elektrarne**, 2024, <https://www.gov.si/novice/2024-05-22-podnebni-svet-o-podnebnih-ukrepih-in-prometu-in-glede-izgradnje-novega-bloka-jedrske-elektarne/> (1. 7. 2024).
- Pomemben delež električne energije za Slovenijo in Hrvaško**, 2024, <https://nek.si/o-nas/o-nek> (14. 3. 2024).
- Poredoš, L.**, 2019, Toplota, učinkovita raba energije (pisno gradivo za posvet v Državnem zboru RS – 14. 11. 2019). Ljubljana.
- Poročilo o razvoju 2022**, 2022, Urad RS za makroekonomske analize in razvoj, Ljubljana.
- Poročilo o razvoju 2024**, 2024, Urad RS za makroekonomske analize in razvoj, Ljubljana.
- Poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti in Republiki Sloveniji leta 2022, 2023**, Vlada Republike Slovenije, Ljubljana.
- Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji, 2022**, Agencija za energijo RS, Ljubljana.
- Potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji, 2021**, [https://www.podnebnapot2050.si/wp-content/uploads/2020/06/Deliverable\\_C\\_1\\_1-Part-5B-Potencial-son%C4%8Dnih-elektarn-na-strehah-objektov-v-Sloveniji.pdf](https://www.podnebnapot2050.si/wp-content/uploads/2020/06/Deliverable_C_1_1-Part-5B-Potencial-son%C4%8Dnih-elektarn-na-strehah-objektov-v-Sloveniji.pdf) (10. 11. 2021).
- Preglednica podanih pripomb za Energetski koncept Slovenije (besedilo za javno obravnavo)**, 2018, [https://focus.si/wp-content/uploads/2018/01/Focus-in-Greenpeace\\_pripombe-na-predlog-EKS\\_15012018.pdf](https://focus.si/wp-content/uploads/2018/01/Focus-in-Greenpeace_pripombe-na-predlog-EKS_15012018.pdf) (24. 11. 2019).
- Prelesnik, K.**, 2024, Koliko naj bi nas stal drugi blok? Naš stik – revija slovenskega elektro gospodarstva 2024/2, s. 30–32.
- Primary Energy Consumption per Capita**, 2023, <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use> (25. 4. 2024).
- Radzyminski, R.**, 2021, Environmental and Health Consequences of Uranium Mining, <https://www.large.stanford.edu/courses/2021/ph241/radzyminski2/> (13. 7. 2024).
- Radioaktivni odpadki: kje nastajajo, koliko jih je in kako z njimi ravnamo**, 2020, [https://www.arao.si/images/pdf/ARAO\\_RAOkjekolikokako\\_160x200\\_web%281%29.pdf](https://www.arao.si/images/pdf/ARAO_RAOkjekolikokako_160x200_web%281%29.pdf) (26. 8. 2021).
- Radulović, V.**, 2024, Pogovor s Petriso Čanji Vouri, *ESG 188*, s. 36–37.
- Rajver, D., Lapanje, A., Rman, N.**, 2012, Možnosti za proizvodnjo elektrike iz geotermalne energije v Sloveniji v naslednjem desetletju, *Geologija* 55(1), s. 117–140.
- Raziskava javnega mnenja o odnosu državljanov do različnih virov energije in postavitvi vetrnih parkov**, 2023, Parsifal – Strateške komunikacije, Ljubljana.
- Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023**, 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi and International Labour Organization, Geneva.
- Rezolucija o jedrski in sevalni varnosti v Republiki Sloveniji za obdobje 2024–2033**, 2023, Uradni list RS, št. 122/23.
- Re-structuring Power Systems for the Transition**, 2022, IRENA, Abu Dhabi.
- Rifkin, J.**, 1989, *Entropy – Into the Greenhouse World*. Bantam New Age Books, New York.
- Rifkin, J.**, 2009, *The Empathic Civilisation: The Race to Global Consciousness in a World in Crisis*, Polity Press, Cambridge.
- Rifkin, J.**, 2015, *Družba ničelnih mejnih stroškov: Internet stvari in ekonomija souprabe* (prevod), Modrijan, Ljubljana.
- Rizman, R.**, 2024, Ali nas bodo lahko zanamci brali? Kaj si dolgujemo predniki, mi in zanamci? Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani.
- Roche, P. idr.**, 2019, *The Global Crisis of Nuclear Waste*. Greenpeace France, [https://cdn.greenpeace.fr/site/uploads/2019/01/REPORT\\_NUCLEAR\\_WASTE\\_CRISIS\\_ENG\\_BD-2.pdf](https://cdn.greenpeace.fr/site/uploads/2019/01/REPORT_NUCLEAR_WASTE_CRISIS_ENG_BD-2.pdf) (27. 12. 2019).

- Rožman, S.**, 2024, Jedrske elektrarne ne prinašajo izgub, večinoma so profitni centri (intervju z Borutom Tavčarjem), Delo – sobotna priloga (30. 3. 2024), Ljubljana.
- Rus, U.**, 2024, Luknja v skladu za razgradnjo krške nuklearke, Dnevnik (26. 7. 2024), Ljubljana.
- Russell, S.**, 2023, Unearting the Environmental Consequences of Uranium Mining, <https://environment.co/unearting-the-environmental-consequences-of-uranium-mining> (13. 7. 2024).
- Schleicher-Tappeser, R.**, 2022, Kernenergie in der Sackgasse <https://nachhaltigestrategien.substack.com/p/kernenergie-in-der-sackgasse> (11. 7. 2024).
- Schleicher-Tappeser, R.**, 2024, Klassische Batterien und die Entwicklung der (Elektro-) Chemie, <https://nachhaltigestrategien.substack.com/p/klassische-batterien-und-die-entwicklung?> (11. 7. 2024).
- Schmid, B.**, 2024, Wachstumsabhaengigkeit in Kommunen, Geographische Rundschau 2024/7-8, s. 44-48.
- SIPRI Yearbook 2024 (Summary)**, 2024, [https://www.sipri.org/sites/default/files/2024-06/yb24\\_summary\\_en\\_2\\_1.pdf](https://www.sipri.org/sites/default/files/2024-06/yb24_summary_en_2_1.pdf) (19. 7. 2024).
- Slameršak, A.**, 2017, Med dvema prihodnostma. Mladina 11 (17. 3. 2017), Ljubljana, s. 32–33.
- Small Nuclear Power Reactors**, 2024, <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/small-nuclear-power-reactors> (3. 5. 2024).
- Small Nuclear Power Reactors: More Questions Than Answers, 2023**, <https://www.nrdc.org/sites/default/files/2023-12/small-modular-nuclear-reactors-ib.pdf> (12. 6. 2024).
- Smil, V.**, 2018, Energy and Civilization, The MIT Press, Cambridge.
- Smil, V.**, 2023, Kako v resnici deluje svet: znanstveni vodič po preteklosti, sedanjosti in prihodnosti, UMco, Ljubljana.
- Sonter L., Ali, S., Watson J.**, 2018, Mining and Biodiversity: Key Issues and Research Needs in Conservation Science, <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rspb.2018.1926> (13. 7. 2024).
- Stališče Greenpeace Slovenija do jedrske energije**, 2024, <https://www.greenpeace.org/slovenia/sporocilo-zajavnost/50647/> (25. 5. 2024).
- State of the EU Progress to Climate Neutrality**, 2024, European Climate Neutrality Observatory.
- Storm van Leeuwen, J. W.**, 2020, CO2 Emissions of Nuclear Power: The Whole Picture, Nuclear Monitor 886.
- Stanford-led Research Finds Small Modular Reactors Will Exacerbate Challenges of Highly Radioactive Nuclear Waste**, 2022, <https://news.stanford.edu/stories/2022/05/small-modular-reactors-produce-high-levels-nuclear-waste> (13. 6. 2024).
- Strategija razvoja Elektroenergetskega sistema Slovenije do leta 2050**, 2022, (Delovna skupina v okviru SAZU: Aleksander Mervar, Dejan Paravan, Jože P. Damijan, Drago Babič, Tamara Lah Turnšek idr.), Ljubljana.
- Stritar, A., Mavko, B., Sušnik, J., Šarler B.**, 1993, Some Aspects of Nuclear Power Plant Safety under War Conditions, Nuclear Technology 101/2, s. 193–201.
- Switzerland 2023 – Energy Policy Review (IEA)**, 2023, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b6451900-e6ef-45a8-922d-117520e09a82/Switzerland2023.pdf> (17. 4. 2024).
- Szabo, J.**, 2023, Hydrogen Keeps Door Open for Fossil Fuels, <https://theecologist.org/2023/dec/07/hydrogen-keeps-door-open-fossil-fuels> (16. 5. 2024).
- Šešerko, L.**, 2020, O pravici javnosti do odločanja o jedrski energiji. Dnevnik – Objektiv (31. 12. 2020), Ljubljana.
- Tavčar, B.**, 2024, Prvi referendum o tem, ali bomo še jedrska država, Delo – aktualno (13. 3. 2024), Ljubljana.
- Ten Reasons to Oppose Nuclear Energy**, 2021, <https://www.greenamerica.org/fight-dirty-energy/amazon-build-cleaner-cloud/10-reasons-oppose-nuclear-energy> (9. 8. 2021).
- The Future of Gas**, 2023, European Academies Science Advisory Council (EASAC) Policy Report 46.
- The NEA Small Modular Reactor Dashboard: Second Edition**, 2024, The OECD Nuclear Energy Agency.
- The World Nuclear Industry Status Report**, 2019, MacArthur Foundation, Pariz in Budimpešta.
- The World Nuclear Industry Status Report**, 2020, MacArthur Foundation, Pariz in Budimpešta.
- The World Nuclear Industry Status Report**, 2021, MacArthur Foundation, Pariz in Budimpešta.
- The World Nuclear Industry Status Report**, 2023, MacArthur Foundation, Pariz in Budimpešta.
- Tkalec, T.**, 2022, Jedrska energija ni zelena, Večer – Energetika (15. 2. 2022), Maribor.
- Tkalec, T., Lukšič, A.**, 2015, Energetska tranzicija in ovire zanjo, Zelene politike, ČKZ 262, s. 55–72.
- Toman, J. M.**, 2020, Ko narava postaja pacient, z njo vred pa tudi mi, Delo – Gostujoče pero (9. 10. 2020), Ljubljana.
- Topič, M., Drozdovski-Strehl, R., Sinke, W.**, 2021, European Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) for Photovoltaics – Fit for 55 % and Climate Neutrality, <https://www.eupvsec-proceedings.com/proceedings?paper=50708> (3. 11. 2022).

- To Respect and to Protect – Change Create Stability**, 2021, Bündnis 90-Die Grünen, Berlin.
- Transition to Renewable Energy Needs to Consider Global Threat to Species**, <https://www.southampton.ac.uk/news/2019/12/energy-threat-biodiversity.page> (13. 7. 2024).
- Tripling Renewable Power and Doubling Energy Efficiency by 2030: Crucial Steps Towards 1.5°C**, 2023, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
- Umberger, M.**, 2021, Izolirajmo stavbe, izkoristimo sonce. Delo – sobotna priloga (9. 1. 2021), Ljubljana.
- Understanding the Advantages and Disadvantages of Breeder Reactors**, 2018, <https://sciencetruck.com/advantages-disadvantages-of-breeder-reactors> (13. 1. 2020).
- Uran Atlas**, 2019, Bund fuer Umwelt und Naturschutz Deutschland.
- Uranium Enrichment**, 2020, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx> (31. 7. 2021).
- Uranium Resources and Nuclear Energy**, 2006 EWG-Paper No 1/06.
- Valenčič, M.**, 2019, 2000 W družba, <https://zaensvet.si/2-000-w-druzba> (9. 7. 2024).
- Valenčič, M.**, 2020, Ogljični odtis jedrske industrije, <https://zaensvet.si/ogljicni-odtis-jedrske-energije> (8. 7. 2024).
- Valenčič, M.**, 2023, Francoska in nemška pot do sonaravne družbe, <https://zaensvet.si/francoska-in-nemska-pot-do-sonaravne-druzbe> (21. 7. 2024).
- Valenčič, M.**, 2024, Nova jedrska elektrarna? Več preglednosti, več informacij, prosim! Delo – sobotna priloga (9. 3. 2024) (Pisma bralcev), Ljubljana.
- Volfand, J.**, 2024, Velika slika in detajli, ESG 186, Celje.
- Von Wehrden, H., Fischer, J., Brandt, P., Wagner, V.**, 2012, Consequences of Nuclear Accidents for Biodiversity and Ecosystem Services, *Conservation Letters* 2012, s. 1–9.
- Wackernagel, M., Beyers, B.**, 2019, *Ecological Footprint: Managing Our Biocapacity Budget*. New Society Publishers.
- Wealer, B., Bauer, S., Göke, L., Hirschhausen, C., Kemfert, C.**, 2019, High-Priced and Dangerous: Nuclear Power is not an Option for the Climate-Friendly Energy Mix. *DIW Weekly Report* 30.
- Wealer, B., Hirschhausen, C., Kemfert, C., Präger, F., Steigerwald, B.**, 2021, Ten Years after Fukushima: Nuclear Energy is still Dangerous and Unreliable. *DIW Weekly Report* 11(7–8).
- Wehrmann, B.**, 2024, Q&A – Germany's Nuclear Exit: One Year After, <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/qa-germanys-nuclear-exit-one-year-after> (18. 4. 2024).
- Weiss, M.**, 2024a, Licenca za vse, *Mladina* 05 (2. 2. 2024), Ljubljana.
- Weiss, M.**, 2024b, Jedrska kampanja se je že začela, *Mladina* 30 (26. 7. 2024), Ljubljana.
- Weiss, W., Spoer-Duer, M.**, 2023, *Solar Heat Worldwide*, Institute for Sustainable Technologies, Gleisdorf, Austria.
- Weizsäcker, E., Hargroves, K., Smith, H., Desha, C., Stasinopoulos, P.**, 2009, *Factor 5*. Earthscan, New York.
- Wimmers, A., Böse, F., Kemfert, C., Steigerwald, B., von Hirschhausen, C., Weibezahn, J.**, 2023, Plans for Expanding Nuclear Power Plants Lack Technological and Economic Foundations, *DIW Weekly Report* 2023/10–11, s. 92–100.
- Working Principle of a Breeder Reactor**, 2018, <https://sciencetruck.com/working-principle-of-breeder-reactor> (13. 1. 2019).
- World Energy Outlook**, 2023, International Energy Agency (IEA).
- World Uranium Production**, 2020, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx> (31. 7. 2021).
- Zgonik, S.**, 2013, Potresna nevarnost – Krško neprimerna lokacija za jedrsko elektrarno? *Mladina* 12 (22. 3. 2013), Ljubljana.
- Zgonik, S.**, 2021, NEK 2 da ali ne? Ena najpomembnejših odločitev generacije, <https://n1info.si/pogljubljeno/nek-2-da-ali-ne-ena-najpomembnejsh-odlocitev-generacije/> (3. 10. 2021).
- Zhang, J.**, 2024, Energy Access Challenge and the Role of Fossil Fuels in Meeting Electricity Demand: Promoting Renewable Energy Capacity for Sustainable Development, *Geoscience Frontiers* 15.
- Žagar, M.**, 2022, Slovenija, kako naprej? Predlog ustavne, institucionalne in politične reforme, Inštitut za narodnostna vprašanja, Ljubljana.
- Žagar, T., Novak, P.**, 2022, Z današnjim energetskim razvojem nekaj ni v redu, Intervju z novinarjem T. Milovanovim, *Večer* (12. 2. 2022), Maribor.

**NASLOV ZBIRKE:** OIKOS, Violična

**UREDNIK ZBIRKE:** Andrej A. Lukšič

**TAJNIK ZBIRKE:** Nejc Jordan

**UREDNIŠTVO ZBIRKE:**

Andrej A. Lukšič, Marko Hočevar, Nejc Jordan, Nastja Vidmar, Karla Tepež,  
Sultana Jovanovska

**MEDNARODNI ZNANSTVENI SVET ZBIRKE:**

Dan Chodorkoff, Nives Dolšak, John S. Dryzek, Robyn Eckersley,  
Marina Fischer-Kowalski, Christoph Görg, Lučka Kajfež-Bogataj,  
Andrej Kirn, Drago Kos, Bogomir Kovač, Andrej Kurnik, Nicholas Low,  
Catriona Mortimer-Sandilands, Darko Nadić, Luka Omladič, Dušan Plut,  
Ariel Salleh, Mark C. J. Stoddart, Romina Rodela, Irina Velicu, Žiga Vodovnik,  
Christos Zografos, Cheng Xiangzhan.

**IZDAJATELJ:**

Inštitut za ekologijo, za izdajatelja: Andrej A. Lukšič in  
Inštitut Časopis za kritiko znanosti, za izdajatelja: Dali Regent



Načrtovana nova JEK zaradi ogromnih stroškov gradnje, v višini celoletnega državnega proračuna (vsaj 15 milijard evrov), ter zlasti zaradi teroristične, kibernetске, vojaške, potresne in hidrološke tveganosti ne bi bila varen, temveč z vidika jedrske varnosti – nevaren objekt. Prav vsaka proizvodnja in raba energije prinaša večje ali manjše negativne vplive na okolje ter na varnost sedanjih in prihodnjih generacij, kar glede večjih negativnih vplivov seveda še izrecno velja za jedrsko energijo. Državljanke in državljani Slovenije morajo zato imeti demokratično možnost izbire, da se pred referendumsko odločitvijo vsestransko in strokovno korektno seznanijo z vsemi konkretnimi posledicami in tveganji tako jedrskega kot nejedrskega energetskega scenarija Slovenije. Te možnosti sedaj nimajo.