

# POTENCIJALI OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE V SLOVENIJI

Dušan Plut\*



## Povzetek

V prispevku so prikazani okvirni potenciali mavriče obnovljivih virov energije Slovenije. Pretehtano povečanje količine in deleža obnovljivih domačih virov energije zaradi postopne zamenjave fosilnih goriv naj bi slonelo na okoljsko in ekosistemsko sprejemljivi rabi lesne biomase, geotermalne energije, sončne energije, hidroenergije in vetrne energije. Sonaravno in regionalno zasnovana raba obnovljivih virov energije Slovenije in zmanjšanje porabe energije naj bi imela prednost pred fosilnimi viri energije in jedrsko energijo.

**Ključne besede:** obnovljivi viri energije, lesna biomasa, sončna energija, hidroenergija, geotermalna energija, vetrna energija

## POTENTIALS OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES

### Abstract:

In the paper basic potentials of the broad spectrum of renewable energy resources in Slovenia are presented. A well-considered increase in the quantity and percentage of local renewable energy resources parallel to gradual replacement of fossil fuels should be based on environmentally and ecosystemically acceptable use of wood biomass, geothermal energy, solar energy, hydropower and wind power. A sustainably and regionally devised use of renewable energy resources of Slovenia and the reduction of energy consumption should have priority over fossil energy resources and nuclear power.

**Key words:** renewable energy resources, wood biomass, solar energy, hydropower, geothermal energy, wind power.

### Uvod

V primerjavi z večino držav sveta ima Slovenija na voljo tri oziroma štiri prednostne strateške okoljsko-razvojne kapitale, ki omogočajo skladnejši regionalni razvoj in visoko, varno stopnjo **državne samopreskrbe na ključnih poljih**:

1. raznovrstni in bogati interni in tranzitni **vodni viri**;
2. primerjalno zelo ohranjeni in količinsko bogati **gozdni ekosistemi**;
3. regionalne mavriče **obnovljivih virov energije**, ki ob upoštevanju okoljevarstvenih in naravovarstvenih meril ter varčnega ravnanja z energijo omogočajo v prihodnje trajno energetsko samopreskrbo;
4. obstoječe in potencialne (pred nekaj desetletji še v obdelavi) **kmetijske površine**, ki tudi pri sonaravnih oblikah kmetijske obdelave omogočajo trajno visoko stopnjo samopreskrbe.

\* Dr. Dušan Plut je redni prof. na Oddeku za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani.  
Dusan\_Plut@t-2.net

Slovenija ima torej dovolj velik potencial obnovljivih virov energije za krije razumnih potreb po energiji. Po mnenju Novaka in Tomšiča (2004) je ustvarjanje novega decentraliziranega, sonaravno trajnostnega energetskega sistema tudi velika priložnost za znanstveni in tehnološki razvoj v Sloveniji. Počasnost odziva je lahko usodna in medgeneracijsko etično sporna. Za udejanjanje globalno in lokalno zasnovanega trajnostnega sonaravnega razvoja mora Slovenija poleg stabilizacije porabe energije do leta 2020 povečati rabo svojih obnovljivih virov (vključno z rabo vetrne in vodne energije, pa tudi biomase, sončne in geotermalne energije), vendar na lokacijah, ki so ne samo kar najbolj donosne, temveč tudi okoljsko in socialno optimalne ter lokalno družbeno sprejemljive.

## **Elektroenergetski scenariji Slovenije**

Slovenija se mora torej čim prej odločiti med tremi možnimi elektroenergetskimi scenariji do leta 2030:

1. **fosilno-jedrski scenarij** s povečanjem rabe električne energije za 30–40 %: bistveno povečanje zmogljivosti TE na premog in zemeljski plin, podaljšanje obratovanja JE Krško do leta 2040 in okoli leta 2020 gradnja drugega bloka JE Krško, gradnja plinskega terminala v Kopru, gradnja velikih vetrnih elektrarn na vetrovno najbolj ugodnih lokacijah v varovanih območjih, HE na vseh večjih (vključno z Muro) in manjših rekah, omejena gradnja sončnih elektrarn;
2. **šibki sonaravni scenarij** s stabilizacijo porabe električne energije: ohranjanje obstoječih zmogljivosti TE (postopna zmanjšana raba premoga in večja raba zemeljskega plina), eventualno podaljšanje delovanja JE Krško, HE na celotni Savi, manjše vetrne elektrarne na okoljsko sprejemljivih lokacijah, večje število sončnih elektrarn;
3. **močnejši decentralizirani sonaravni scenarij** s postopnim zniževanjem porabe električne energije: večje število TE – TO (zemeljski plin, biomasa), zaprtje JE Krško (leta 2023), HE na Savi (izjema okoli Ljubljane) in številne male HE na opuščenih lokacijah vodnih obratov (strogoupoštevanje okoljskih lokacijskih pogojev!), večje število manjših vetrnih elektrarn na okoljsko sprejemljivih lokacijah, množica sončnih elektrarn na strehah in tudi na kmetijsko manj primernih in degradiranih površinah, geotermalne elektrarne na primernih lokacijah.

Gradnja dodatnih zmogljivosti TE Šoštanj, okrepljeni glasovi za gradnjo drugega bloka JE Krško ter pritiski za gradnjo novih plinskih TE dejansko pomenijo odločitev za centralizirani in intenzivni fosilno-jedrski scenarij in s tem povezano nadaljnje povečevanje rabe električne energije. V tem primeru sicer predvidena večja raba večjih objektov proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov na številnih okoljevarstveno in zlasti naranovarstveno spornih lokacijah ob nadaljevanju fosilno jedrskega scenarija vedno večje rabe energije ne bo namenjena okoljsko in podnebno ugodni zamenjavi fosilne energije, temveč kritju pričakovanih večjih potreb po električni energiji. Posledično bo udejanjanje fosilno-energetskega scenarija pomenilo, da bo Slovenija ohranila sedanjo gospodarsko strukturo, nizko dodano vrednost na zaposlenega in obotavlivo zmanjševala energetsko intenzivnost, zanemarila sistemske možnosti zmanjševanja porabe energije in onemogočila decentralizirano rabo regionalnih obnovljivih virov energije ter s tem povezano višjo stopnjo samozadostnosti slovenskih pokrajin. Verjetno bosta do srede 21. stoletja planet in Slovenija upo-

rabiljala tudi fosilno in jedrsko energijo, obseg in količina pa bi se morala vztrajno zmanjševati.

## Slovenija – mavrica obnovljivih virov energije

Leta 2005 se je Slovenija s 65-odstotno gozdnatostjo ozemlja uvrščala na tretje mesto med članicami EZ-27 (Finska – 77 %, Švedska – 75 %), za preskrbo z **lesno blomaso** je bil letni prirastek v višini 7,28 milijona m<sup>3</sup>. Lesne zaloge Slovenije so v povprečju zavidiljivih 282 m<sup>3</sup>/ha (Obvladajmo podnebne spremembe ..., 2010). Energetska raba biomase je trenutno osnovni način rabe obnovljivih virov energije (sledi vodna energija), ki so leta 2007 prispevali okoli 15 % v bilanci končne energije, leta 2020 pa naj bi njihov delež znašal 25 % (Urbančič in drugi, 2009). Lesna biomasa se porablja z razmeroma slabim izkoristkom, zato je poleg spodbujanja zamenjave fosilnih goriv potrebno spodbujanje zamenjave obstoječih sistemov za ogrevanje na lesno biomaso z bolj učinkovitimi (Zelena knjiga..., 2009). Poleg prednostne rabe lesa kot surovine je priporočljiva tudi raba lesne biomase kot vira energije v lokalnih energetskih sistemih in za so-proizvodnjo toplote in električne energije.

## Biogoriva

Zaradi skromne stopnje samopreskrbe in s tem povezane prehranske (ne) varnosti Slovenija ne bi smela povečevati proizvodnje **biogoriv iz kmetijskih kultur**, možnost so dejansko le degradirane, zastrupljene površine (npr. območja prekomerne vsebnosti težkih kovin v prstii), kjer je pridelava hrane zdravstveno tvegana. Energijski potencial predstavljajo tudi odlagališča komunalnih odpadkov in bioplín (živilske farme). Leta 2010 je v Sloveniji delovalo 11 bioplínarn (15 MW), ki uporabljajo ostanke hrane, kmetijske odpadke in silažno koruzo in proizvajajo toploto in električno energijo. Zaradi skromne stopnje prehranske samopreskrbe Slovenije bioplínarne ne bi smele uporabljati koruze. Obenem je treba skrbno pretehtati okoljsko-bivalno sprejemljivost lokacij bioplínarn (morebitni smrad) in primerno bližino ter vodnoekološko sprejemljivost kmetijskih površin (npr. kraška območja, plitva območja talne vode) za rabo predelane gnojnice bioplínarn.

## Hidroenergija

**Hidroenergija** je po sedanjemu pomenu drugi najpomembnejši obnovljivi vir energije. Energetski bruto potencial slovenskih vodnih tokov je ocenjen na 19.400 GWh/leto. Tehnično razpoložljivega potenciala je 9100 GWh/leto, ekonomsko upravičenega med 7000 in 8500 GWh/leto, ob prednostnem upoštevanju naravo- in okoljevarstvenih omejitev ter drugih načinov rabe vodnih tokov pa je energetski potencial za gradnjo večjih in manjših HE praktično omejen na pretehtano gradnjo HE na t. i. spodnji Savi (večje HE), delno na srednji Savi ter na lokacije nekdanjih obratov na vodni pogon (manjše HE). Trenutno se izkorišča 3970 GWh/leto oziroma okoli 50 % ekonomsko razpoložljivega potenciala, večino električne energije pa proizvedejo HE na Dravi, pomembnejši je tudi delež HE na Savi in Soči. S postopno gradnjo HE na spodnji Savi (Blanca, Krško, Brežice in Mokrice) bi se inštalirana moč na Savi povečala na 274 MW, vsaka HE pa bo proizvajala okoli odtotek slovenske elektrike. Reliefni in hidrološki pogoji sicer omogočajo tudi postavitev črpalnih elektrarn na Soči in Dravi, vendar obstajajo številne naravovarstvene omejitve, kar še zlasti velja tudi za načrtovano gradnjo verige HE na Muri. Upoštevati je treba, da se pretoki slovenskih rek praviloma zmanjšujejo, kar je tudi energetsko negativna posledica podnebnih sprememb.

### Sončna energija

Glede na energetski potencial, regionalno razširjenost in okoljsko potencialno lažjo obvladljivost pričakovanih negativnih vplivov je dolgoročno zelo pomembna neposredna raba sončne in geotermalne energije. Zemljepisna lega Slovenije je na splošno dokaj ugodna za neposredno rabo (toplota in električna energija) **sončne energije**. Razlike v Sončevem obsevanju so v Sloveniji zaradi velike reliefne razgibanosti večje med različnimi reliefnimi legami kot med podnebnimi območji. Naša najbolj sončna pokrajina je Primorska, kjer sonce sije povprečno od 2000 do 2500 ur na leto in kjer je največ jasnih in najmanj oblavnih dni v Sloveniji (Ogrin, 2002). V obdobju 1971–2000 je v letnem povprečju Sončeve obsevanje v Portorožu trajalo 2416 ur, v Murski Soboti 1960 ur in v Ljubljani 1832 ur. V kotlinah in ravninah celinske Slovenije je povprečno od 1650 do 1850 sončnih ur na leto, največ jasnih dni pa je poleti in jeseni. Pozimi, ko je zelo pogosta radiacijska megla, je na teh območjih več kot tretjina dni brez Sončevega obsevanja. Ugodnejše razmere imajo zlasti pozimi gričevja in hribovja nad inverzijskim pasom (Ogrin in Plut, 2008). S soncem najbogatejša območja sveta prejmejo letno okoli 2500 kWh/m<sup>2</sup>, v zemljepisni širini Slovenije pa znaša letno Sončeve obsevanje od 1000 do 1500 kWh/m<sup>2</sup> (Medved in Novak, 2000; Medved in Arkar, 2009) oziroma v povprečju na vodoravno površino okoli 1100 kWh/m<sup>2</sup>.

Slovenija ima torej v vseh regijah nekoliko daljše obdobje letnega sončnega obsevanja kot južni del Nemčije, kjer so številne sončne elektrarne. Strokovnjaki menijo, da bodo dolgoročno praktično vse zgradbe (južne strehe) v Sloveniji imele sončne elektrarne, večje sončne elektrarne (nad 500 kW) pa bi lahko bile prednostno na degradiranih površinah, po okoljski presoji pa pogojno tudi na zelo omejenih prisojnih površinah v zaraščanju. Sedanje omejitve so visoke cene tehnologije in proizvedene energije; velikoserijska proizvodnja bi ceno sončnih elektrarn zelo znižala, morda bodo v bližnji prihodnosti dokaj drage in delno okoljsko sporne silicijeve sončne celice (verjetno bodo kmalu bistveno tanjše) zamenjale npr. organske sončne celice v obliki prožnih, prilagodljivih folij. Tudi v prihodnosti bo zelo pomembna raba sončne energije za ogrevanje. V Sloveniji je bilo leta 2008 skupaj instaliranih 134.000 m<sup>2</sup> sončnih kolektorjev za ogrevanje in pripravo sanitarne tople vode (Urbančič in drugi, 2009). V letu 2008 je bilo v Sloveniji vgrajenih 16.000 m<sup>2</sup> novih spremnikov sončne energije (Medved, 2009).

Po letu 2004, ko se je odkupna cena za električno energijo iz obnovljivih virov energije zvišala na 40 centov za kilovatno uro, se je moč postavljenih sončnih elektrarn vsako leto podvojila, dodatno pomembno državno spodbudo pomeni podaljšanje zagotovljene odkupne cene z 10 na 15 let. V letu 2005 je bilo v Sloveniji samo 9 sončnih elektrarn. Do konca leta 2008 jih je bilo okoli 140, njihova moč je presegla 2100 kW (2,1 MW). Leta 2009 jih je bilo že 230, s kumulativno močjo okoli 8 MW (letna rast okoli 400 %!). Leta 2010 je bila njihova kumulativna moč nad 16 MW (Nemac, 2010), skupno število pa okoli 400. Upoštevati pa je treba, da je npr. povprečna letna doba obratovanja sončne elektrarne v Sloveniji nekaj nad 1000 ur, TE in JE pa praviloma nad 6000 ur. Leta 2009 je začela na Kozjanskem električno energijo proizvajati večja fotonapetostna elektrarna z močjo okoli 500 kW na zaraščenem, okoli 1 ha velikem kmetijskem zemljišču in v okviru območja Nature 2000. Leta 2010 sta bili največji sončni elektrarni v Sloveniji s posamično nazivno močjo okoli 1 MW.

le moč 75 MG in bi vsaka letno proizvajala okoli 4,5 milijona kWh (letno pokritje potrošnje okoli 25 000 gospodinjstev). Lokacija vetrne elektrarne po mnenju Društva za preučevanje in opazovanje ptic ni sporna, hkrati pa je pokrajina pejsažno degradirana z bližnjo avtocesto, zaradi najema zemljišč naj bi del dohodkov ostal lokalnemu prebivalstvu. Vendar je bila jeseni 2010 gradnja zaradi administrativnih zapletov in toge zakonodaje (potrebni podpisi vseh članov agrarne skupnosti) na podlagi odločbe Ministrstva za okolje in prostor (začasno) ustavljena.

### Geotermalna energija

**Geotermalna energija** je eden izmed potencialno ključnih energijskih virov Slovenije z vidika uporabe toplove in možnosti za proizvodnjo električne energije. Nizkotemperaturni geotermalni viri omogočajo neposredno izkorisčanje za ogrevanje. Večinoma so v zdraviliščih in toplicah na 29 lokacijah s topotno močjo 64 MW in rabo okoli 760 TJ geotermalne energije (Rman in drugi, 2009; Urbančič in drugi, 2009). Uporaba toplove plitvega podzemlja in plitve podzemne vode narašča, število geotermalnih talnih topotnih črpalk za ogrevanje je okoli 1600. Potencial geotermalne energije za proizvodnjo električne energije bo treba še raziskati, zlasti s finančno sicer zahtevnimi globljimi vrtinami (Zelena knjiga..., 2009). V Sloveniji še ni elektrarn na geotermalno energijo. Te potrebujejo temperaturo vode nad 150 °C (po drugih ocenah vsaj 120 °C). Naložba je tvegana in draga zaradi visoke naložbe v vrtino, visoke cene celotne investicije ter odkupnih cen električne energije, ki so bile več let prenizke (Urbančič in drugi, 2009).

Največji ugotovljeni potencial geotermalne energije je v SV Sloveniji. Po mnenju Kralja (2009) je geotermalna energija razen za preskrbo s topoto (toplice, daljinsko ogrevanje, rastlinjaki itd.) eden ključnih velikih slovenskih energetskih virov prihodnje preskrbe z električno energijo (pasovna energija). V SV Sloveniji bi geotermalni sistem Termal II v globinah do 5000 m (temperatura presega 220 °C) lahko izkoristili za postavitev 15–30 geotermalnih elektrarn z močjo 7–15 MW. Vrednost naložbe v 7 MW geotermalno elektrarno (proizvodna in reinjekcijska vrtina, geotermalna elektrarna, povezovalni cevovod in reinjekcijska postaja) se v grobem ocenjuje na 20 milijonov evrov, naložba za niz 10 geotermalnih elektrarn naj bi znašala okoli 140 milijonov evrov, kar je v primerjavi z dvema HE na Savi bistveno cenejša investicija. Ob ustreznem vključevanju države, stroke in kapitala bi bilo mogoče v desetih letih zagotoviti iz geotermalnih virov 100–200 GWh električne energije na leto, kar pomeni 9–18 % sedanje slovenske porabe. Proizvodna cena kWh geotermalne elektrike pa naj bi bila med 0,03 in 0,05 evra/kWh (Kralj, 2009). Če se potrdi predpostavka o širokem obsegu in potencialu paleozojskega geotermalnega sistema v SV Sloveniji (ugotovljen z vrtino v Benediktu) pa bi lahko z geotermalno električno energijo krili še večje potrebe Slovenije.

Na mestu pa je opozorilo strokovnjakov Geološkega zavoda, da bi za določitev realnih možnosti pridobivanja električne energije iz geotermalne energije morali najprej preveriti zadostnost potenciala. Po njihovem mnenju je potencial količinske rabe razpoložljive termalne vode precenjen (Rman in drugi, 2009). Upoštevati je treba tudi opozorilo, da je geotermalna energija obnovljiv vir energije zgolj, če je ne izkoriščamo pretirano. Tudi pri manjši uporabi (npr. s pomočjo topotnih črpalk) je pomembno, da uporabljeno geotermalno vodo vračamo s povratno vrtino v vodonosnik (Medved in Arkar, 2009).

**Sklep**

Okvirna ocena energetskega potenciala obnovljivih virov Slovenije in njenih regij potrjuje predpostavko, da njihova okoljsko pretehtana raba omogoča varno preskrbo. Vendar je dobro poudariti, da prinaša tudi udejanjanje šibke in močnejše energijske regionalne sonaravnosti nekatere okoljske pritiske, ki pa jih je tudi zaradi regionalno razpršenega vzorca objektov proizvodnje iz obnovljivih virov energije lažje prilagajati na zmogljivosti okolja. Kljub temu poudarimo, da vsaka raba obnovljivih virov energije pomeni okoljski pritisk, ki pa je po okoljskih učinkih bolj sprejemljiv od kratko- in dolgoročnih posledic rabe fosilnih virov energije in jedrske energije.

Cene geografskih razvojnih možnosti in regionalnih virov Slovenije kot cele in njenih regij na eni strani in dosežena stopnja izčrpavanja naravnih virov ter stanje okolja pa na drugi strani podčrtujejo, da dejansko nimamo konkurenčnih prednosti za razvoj energetsko, okoljsko in prostorsko zah-tevnega gospodarstva in visoko potrošniškega, potratnega življenjskega stila. Zato predlagamo, da je med okoljsko ključnimi izhodišči načrtovanja prihodnjega razvoja poleg povečanja sonaravne rabe obnovljivih naravnih virov tudi ničelna rast porabe energije in občutno zmanjšanje ekološkega odtisa na osebo do leta 2020. Namesto načrtovanja šestega bloka TE Šoštanj in drugega bloka jedrske elektrarne bi morali po sonaravnih načelih poleg podpore pospešeni rabi obnovljivih virov energije v investicijsko ospredje postaviti pomoč gospodarstvu in gospodinjstvom, da bi stabilizirali in čim prej začeli zmanjševati porabo energije.

Sodimo, da zgolj scenarij močnejše, bolj decentralizirano in energijsko mozaične zasnovane energetske sonaravnosti Slovenije do leta 2020 omogoča okvirno uveljavitev radikalnejšega koncepta okoljskega prostora do leta 2050, ko naj bi se planet in države sveta tudi na energetskem polju zelo približale razvoju v okviru ekosistemskih zmogljivosti okolja in okoljskih virov.

**Viri in literatura**

1. Kralj P., 2009. Geotermalna energija – eden od velikih slovenskih energetskih virov. Delo FT, Ljubljana.
2. Medved S., 2009. Uporaba sončne energije za ogrevanje in hlajenje stavb. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji, Fit media, Celje, str. 51–60.
3. Medved S., Arkar C., 2009. Energija in okolje: obnovljivi viri energije. Zdravstvena fakulteta, Ljubljana.
4. Medved S., Novak P., 2000. Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Fakulteta za strojništvo, Ljubljana.
5. Nemac F., 2009. Slovenska tehnološka platforma za fotovoltaiko in OVE. Obnovljivi viri energije v Sloveniji, Fit media, Celje, str. 72–80.
6. Novak P., Tomšič M., 2004. Z učinkovitim ravnanjem z energijo do uspešnega razvoja. Usklajeno in sonaravno 11, Svet za varstvo okolja RS, Ljubljana, str. 105–110.
7. Obvladajmo podnebne spremembe – uporabimo les, 2010. Slovenska gozdno-lesna tehnološka platforma (urednik F. Pohleven), Ljubljana.
8. Ogrin D., Plut D., 2009. Aplikativna fizična geografija Slovenije. Znanstvena založba Filozofske fakultete, Ljubljana.
9. Rman N., Lapajne A., Rajver D., 2009. Geotermalna energija kot »obnovljiv« in »trajnosten« vir energije. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji, Fit media, Celje, str. 95–101.