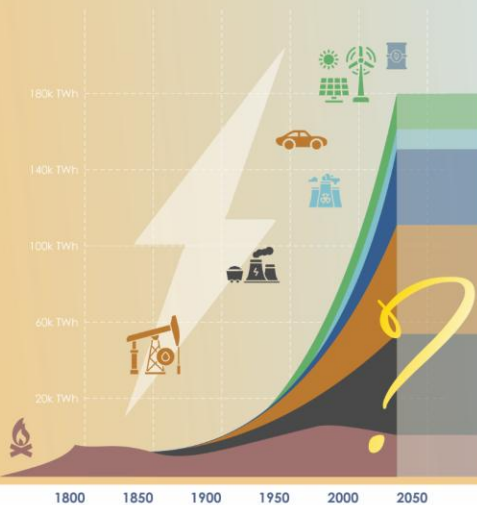




ENERGY
ENERGETIKA
2026



Korišćenje obnovljivih izvora za proizvodnju zelenog vodonika i njegovo skladištenje u iscrpljenim gasnim ležištima – put ka energetskej sigurnosti i održivom razvoju Srbije

Using renewable energy sources for green hydrogen production and its storage in depleted gas fields – a path toward energy security and sustainable development of Serbia

**Aleksandar Madžarević, Predrag Jovančić, Miroslav Crnogorac,
Nikoleta Aleksić, Filip Miletić**

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu,

- e Tranzicija energetskeg sistema Srbije ka održivom i niskougljeničnom modelu zahteva uvođenje novih tehnologija koje obezbeđuju pouzdano snabdevanje energijom uz smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu.
- e Istraživanje razmatra mogućnosti korišćenja obnovljivih izvora energije, pre svega solarnih i vetroelektrana, za proizvodnju zelenog vodonika putem elektrolize, kao i njegovo skladištenje u iscrpljenim gasnim ležištima.

Energetska tranzicija ka niskougljeničnom sistemu

- ✓ Dominacija lignita i fosilnih goriva
- ✓ Zavisnost od uvoza gasa
- ✓ Potreba za dekarbonizacijom
- ✓ Energetska sigurnost kao prioritet

Obnovljivi izvori energije u Srbiji

- ✓ Vetroelektrane
Vojvodina
Istok Srbije
- ✓ Solarna energija
Cela teritorija

- e Energetski sistem Republike Srbije nalazi se u procesu duboke transformacije uslovljene potrebom za povećanjem energetske sigurnosti, smanjenjem emisija gasova sa efektom staklene bašte i prilagođavanjem savremenim tehnološkim i regulatornim okvirima.
- e Dominantna uloga fosilnih goriva, pre svega lignita i uvoznog prirodnog gasa, čini energetski bilans zemlje osetljivim na spoljne poremećaje i tržišne nestabilnosti.
- e Istovremeno, obaveze koje proističu iz evropskih klimatskih politika nameću potrebu za postepenom dekarbonizacijom proizvodnje i potrošnje energije.
- e Obnovljivi izvori energije predstavljaju ključni stub budućeg energetskog sistema, ali njihova varijabilnost i sezonska neusklađenost proizvodnje i potrošnje zahtevaju razvoj adekvatnih mehanizama skladištenja energije.



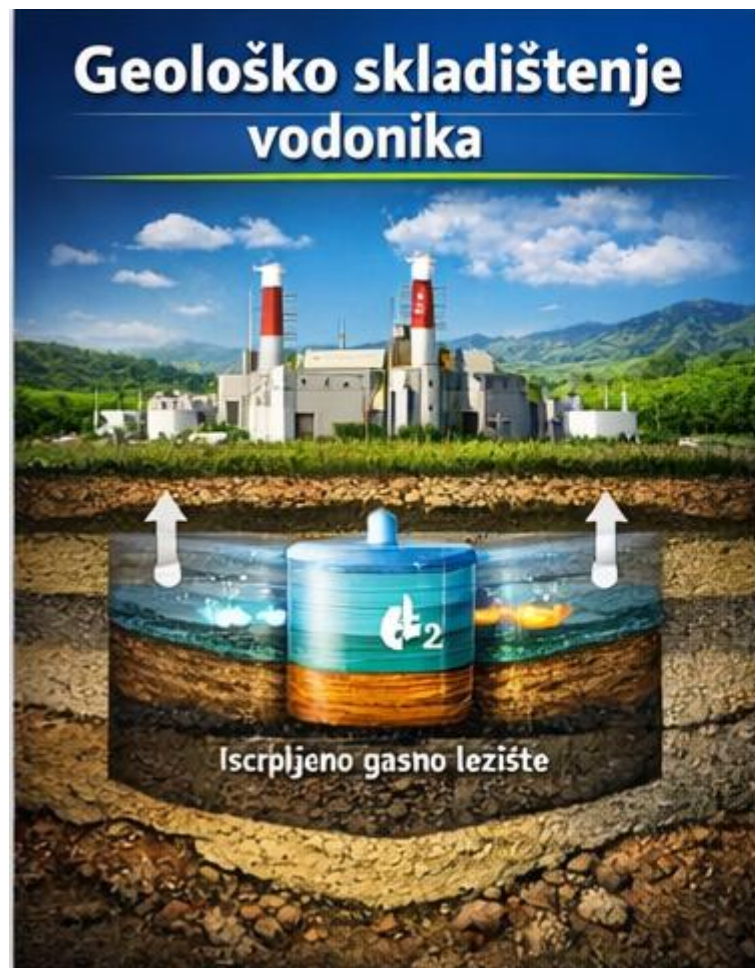
- e Razvoj proizvodnje zelenog vodonika u Srbiji treba posmatrati u neposrednoj vezi sa postojećim geološkim i infrastrukturnim potencijalom za skladištenje gasova.
- e Dugotrajno proučavanje domaćih gasnih ležišta, kao i iskustvo stečeno tokom njihove eksploatacije, pokazali su da pojedine strukture poseduju stabilne geološke uslove i pouzdane pokrovne slojeve sposobne za dugoročno zadržavanje fluida pod pritiskom.

| Polje | Geografska lokacija / Bazen | Litologija rezervoara | Dubina (m) | Efektivna poroznost (%) | Permeabilnost (mD) | Pritisak (bar) |
|----------|-------------------------------|--------------------------------|------------|-------------------------|--------------------|----------------|
| Itebej | Severni Banat, Panonski basen | Peščari | 1000–1200 | 18–25 | desetine–stotine | 100–150 |
| Tilva | Južni Banat | Peščari sa proslojcima laporca | ~1200 | 15–20 | 50–300 | ~110 |
| Ostrovo | Istočna Srbija (kod Kostolca) | Pesak i peščari | ~1300 | 12–25 | 10–200 | 220–250 |
| Ada | Istočna Bačka | Peščari | ~1100 | ~22 | 5–100 | ~88 |
| Čestereg | Banatska depresija, Vojvodina | Peščari | ~1200 | ~20 | 40–300 | ~127 |
| Mokrin | Severni Banat | Peščari i šejlovi | do ~1950 | ~20 | ~80 | ~250 |
| Mramorak | Južni Banat, Panonski basen | Peščari sa proslojcima laporca | 1500–2500 | 15–22 | 50–350 | ~200 |



- ✓ Proizvodnja elektrolizom
- ✓ Korišćenje viška energije
- ✓ Dugoročno skladištenje

- e Zeleni vodonik se proizvodi elektrolizom vode uz korišćenje električne energije iz obnovljivih izvora, čime se omogućava konverzija viškova električne energije u hemijski oblik pogodan za skladištenje.
- e U uslovima povećanog učešća vetra i sunca u proizvodnom miksu, periodi prekomerne proizvodnje postaju učestaliji.
- e Umesto redukovanja rada obnovljivih elektrana, takvi viškovi mogu se usmeriti ka elektrolizerima i pretvoriti u energent koji se može skladištiti i koristiti u kasnijim fazama.



- e Integracija elektrolizera u blizini postojećih gasnih čvorišta i transportnih sistema može doprineti smanjenju investicionih troškova i povećanju operativne efikasnosti.
- e Proizvodnja i skladištenje vodonika se razvijaju paralelno, čime se izbegava fragmentacija sistema.
- e **Formiranje integrisanog energetskog modela zasnovanog na obnovljivim izvorima, proizvodnji zelenog vodonika i njegovom podzemnom skladištenju.**
- e Ovakav model se konceptualno uklapa u širi evropski okvir energetske tranzicije, u kome zeleni vodonik ima ulogu jednog od ključnih stubova postizanja klimatske neutralnosti do 2050. godine. Proizvodnja se zasniva na elektrolizi vode korišćenjem električne energije iz vetra i sunca, čime se dobija energent bez emisije CO₂ u fazi proizvodnje.

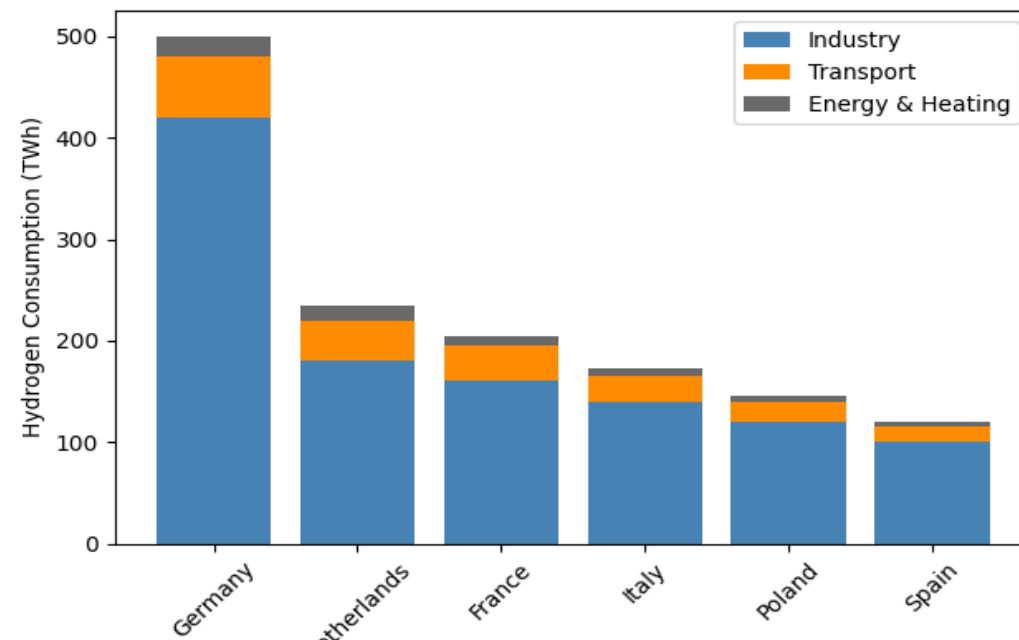
ENERGY



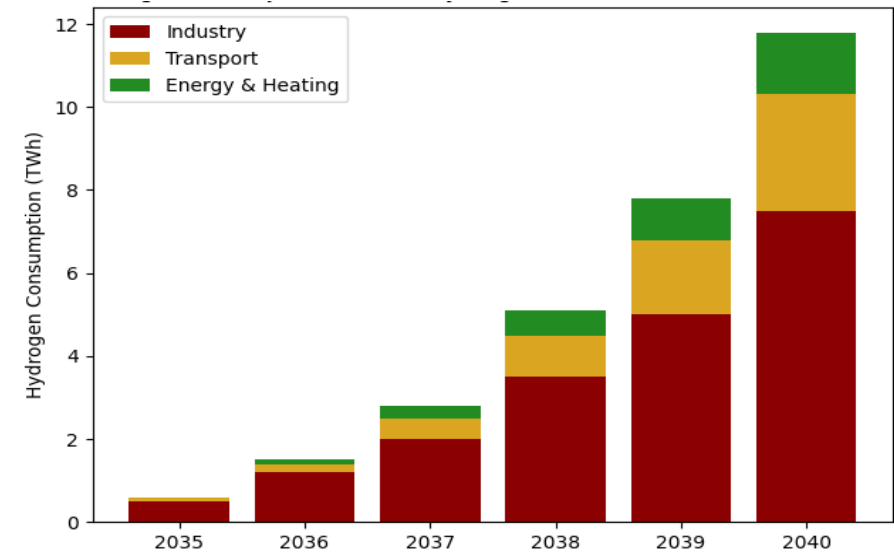
e Zeleni vodonik omogućava duboku dekarbonizaciju sektora koje je teško transformisati direktnom elektrifikacijom. U Evropskoj uniji već su postavljeni ambiciozni ciljevi razvoja tržišta vodonika, uključujući proizvodnju do 10 miliona tona godišnje do 2030. godine i razvoj panevropske infrastrukture za transport i skladištenje. Ipak, i pored strateških ciljeva, vodonik danas čini manje od 2% ukupne potrošnje energije u EU, a više od 90% proizvodnje i dalje potiče iz fosilnih izvora.

e Industrija dominantno učestvuje u ukupnoj potrošnji vodonika, posebno u zemljama sa razvijenom hemijskom i čeličnom industrijom, poput Nemačke i Holandije. Transport i sektor energetike i grejanja za sada imaju znatno manji udeo, ali predstavljaju rastuće oblasti primene, posebno u kontekstu dekarbonizacije teških transportnih sistema i balansiranja elektroenergetske mreže.

e U tom kontekstu, Srbija ima specifičnu komparativnu prednost. Instalirani kapaciteti vetroelektrana već premašuju 500 MW, dok su solarni projekti u razvoju veći od 1 GW.



- e Projekcijom potrošnje zelenog vodonika u Srbiji u periodu 2035–2040. godine predviđa se postepen i ubrzan rast ukupne potrošnje, pri čemu industrija ostaje glavni nosilac potražnje. Transport i upotreba toplotne energije pokazuju kontinuirani porast, što ukazuje na širenje primene vodonika izvan industrijskih procesa. Ovakva dinamika sugerise da bi vodonik mogao postati značajan element energetske sistema Srbije u dugoročnom periodu, uz podršku razvoja infrastrukture i skladišnih kapaciteta.
- e Ključna prednost integrisanog modela leži u činjenici da skladišni segment nije zasnovan na eksperimentalnim rešenjima, već na strukturama koje su već dokazale svoju pouzdanost kroz višedecenijsku eksploataciju prirodnog gasa. Time se smanjuje investicioni i geološki rizik, dok se istovremeno produžava životni ciklus postojećih energetskih resursa.
- e Model predviđa višeslojnu fleksibilnost sistema. Na dnevnom i nedeljnom nivou balansiranje se ostvaruje kroz elektroenergetski sistem, dok se sezonska stabilnost obezbeđuje kroz podzemna skladišta vodonika i prirodnog gasa. Time se prevazilazi jedan od ključnih izazova energetske tranzicije – nesklad između sezonske proizvodnje i potrošnje energije.



- e Uvođenjem vodonika u energetske sistem stvara se dodatni stepen fleksibilnosti. Energija proizvedena iz obnovljivih izvora više nije vremenski ograničena na trenutak proizvodnje, već postaje raspoloživa u skladu sa potrebama sistema.
- e Sa aspekta energetske bezbednosti, ovaj model značajno smanjuje zavisnost od uvoza energenata. Proizvodnja i skladištenje energije unutar nacionalnog teritorijalnog prostora stvaraju strateške rezerve pod domaćom kontrolom. Time se sistem čini otpornijim na spoljne poremećaje i volatilitet međunarodnih tržišta.
- e U razvojnom smislu, model podstiče modernizaciju gasne infrastrukture, razvoj domaće ekspertize u oblasti geologije i energetike i jačanje tehnoloških kapaciteta.
- e Pored bezbednosnog i naučno-istraživačkog aspekta, ovakav sistem doprinosi i strukturnoj transformaciji domaće naftne i gasne privrede. Umesto postepenog marginalizovanja ovog sektora u procesu dekarbonizacije, integracija vodonika i podzemnog skladištenja omogućava njegovu tehnološku i funkcionalnu evoluciju. Iscrpljena gasna ležišta, bušotinska infrastruktura i postojeće transportne mreže dobijaju novu ulogu u niskougljeničnom energetskom sistemu.
- e Integrisani energetske model Srbije zasnovan na zelenom vodoniku i podzemnom skladištenju ne predstavlja diskontinuitet sa postojećim sistemom, već njegovu stratešku evoluciju u skladu sa evropskim klimatskim ciljevima i domaćim geološkim potencijalima.

HVALA NA PAŽNJI!

Thank you for your attention!

Kontakt podaci autora
prof. dr Aleksandar Madžarević
RGF, UB
aleksandar.madzarevic@rgf.bg.ac.rs



ENERGY ENERGETIKA 2026

