

# PRIRODNI PLIN – BITAN ENERGENT 21. STOLJEĆA



Autor: prof. dr. sc. Eraldo Banovac

**Sažetak: Analiza buduće uloge prirodnog plina isprepleće se s proučavanjem opcija (scenarija) globalne energetske budućnosti, pri čemu se energetska politika i mjere ograničavanja globalnog zatopljenja sve više tretiraju integralno. Prirodni plin – vrlo vrijedan energent kontinuirano rastućeg udjela u energetske miks – u posljednje se vrijeme učestalo naziva tranzicijskim energentom. Međutim, prirodni plin nadilazi značenje samo tranzicijskog energenta na putu do ostvarenja niskouglične ekonomije i bit će bitan energent u energetske miks 21. stoljeća.**

**Ključne riječi: globalno zatopljenje, primarna energija, prirodni plin**

## 1. UVOD

U drugom desetljeću 21. stoljeća došlo je do opće spoznaje o nužnosti provedbe hitnih i odlučnih aktivnosti usmjerenih protiv globalnog zatopljenja i brzih klimatskih promjena. U studenome 2014. godine u Kopenhagenu, prigodom prezentacije zaključaka vrlo važnog dokumenta Međuvladinog panela o klimatskim promjenama<sup>1</sup> (IPCC *Fifth Assessment Report* [1]) iskazana je zabrinutost glede bliske budućnosti čovječanstva, a glavni tajnik UN-a Ban Ki-moon izjavio je: „Vođe moraju djelovati, vrijeme nije na našoj strani“ [2]. Pariški sporazum [3] koji je ubrzo uslijedio,<sup>2</sup> a uključuje plan djelovanja radi ograničenja globalnog zatopljenja na razini „znatno nižoj“ od 2 °C, trijumf je zdravog razuma nad politikom forsiranoga gospodarskog rasta uz stjecanje što je moguće većeg profita. Nakon Pariškog sporazuma (postignutog 12. prosinca 2015.) nastupilo je novo vrijeme: diljem svijeta razmatraju se mjere usmjerene na zaštitu klime, a klima i energetika sve se više promatraju integralno. Naime, energetika znatno utječe na klimu. Kao posljedica energetske transformacije javljaju se emisije ugljičnog dioksida koji je, s očitim rastom koncentracije od 19. stoljeća do danas, dokazani uzročnik klimatskih promjena

(porasta temperature). U emitiranju ugljičnog dioksida prednjače razvijene države i velike države ubrzanoga gospodarskog rasta. Sredinom drugog desetljeća 21. stoljeća napokon je na globalnoj razini zabilježena trogodišnja stagnacija emisija ugljičnog dioksida povezanih s energetske potrošnjom. Međutim, u 2017. godini emisije ugljičnog dioksida povezane s tom potrošnjom ponovo su porasle na globalnoj razini (za 1,4%) [4]. Zabrinjava činjenica da je u 2017. godini ostvaren povijesni godišnji maksimum emisija ugljičnog dioksida u iznosu od 32,53 Gt CO<sub>2</sub>, što je znatnih 41,4% više od emisija ugljičnog dioksida zabilježenih 2000. godine.

Pariški sporazum stupio je na snagu 4. studenoga 2016., nakon što je 55 stranaka Konvencije (koje zajedno obuhvaćaju 55% emisija) položilo isprave o potpisivanju, ratifikaciji i pristupanju Sporazumu. Prethodno navedeni uvjet postignut je ratifikacijom Europske unije i onih njezinih članica koje iziskuju vlastitu ratifikaciju.

U posljednjih desetak godina u svijetu su objavljeni radovi koji obrađuju problematiku energetske budućnosti povezane s klimatskim promjenama, jer je shvaćeno da energetske transformacije znatno utječu na globalno zatopljenje. Može se konstatirati da je vrijeme

<sup>1</sup>Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

<sup>2</sup>Globalni sporazum o klimatskim promjenama (fr. *Accord de Paris*).

konvencionalnog pristupa energetici nepovratno prošlo i da treba prihvatiti globalni model energetske politike kreiran tako da omogući sigurnu opskrbu energijom u budućnosti, a da ne utječe na globalno zatopljenje. Za razliku od ekonomskih ciljeva koji su često kratkoročni, ovdje je riječ o dugoročnom djelovanju, dok globalna strategija energetske budućnosti treba iskorištavati resurse na razuman način, osiguravajući ciljeve održiva razvoja koji su puno više u interesu društvene zajednice od kratkoročnih ciljeva [5].

Nova energetska paradigma, povezana s energetikom budućnosti kojom će dominirati obnovljivi izvori, elektromobilnost, spremnici energije, sustavi CHP (engl. *Combined Heat and Power*), pametne mreže (engl. *smart grids*) i kontinuirana primjena mjera energetske učinkovitosti, prihvaća se kao rješenje za nedostatke tradicionalne energetike zasnovane na ugljikovodicima. Međutim, pritom se često ne vodi računa o realnosti: govori se o zatvaranju termoelektrana na ugljen, prestanku rada nuklearnih elektrana, zaštiti vodnih slijevova time što se više neće graditi veće akumulacije za hidroelektrane te da će se prirodni plin koristiti još samo nekoliko desetljeća, i to kao tranzicijski energent. Očito je da bi pridjev „tranzicijski“ ovdje trebao upućivati na energent čiju bi potrošnju, kao nužno privremeno rješenje, trebalo kontinuirano smanjivati i što prije završiti. Na ovome mjestu treba naglasiti – riječ je o krivoj premisi. Iako je orijentacija na niskougljičnu ekonomiju čvrsto utemeljena te će obnovljivi izvori dobivati sve više na važnosti, ipak će prirodni plin, kao najčišće fosilno gorivo, još dugo imati važnu ulogu. Naime, 21. stoljeće obilježit će rastuća energetska potražnja, pri čemu će udio plina u strukturi primarne energije rasti: razvijat će se tehnologija P2G (engl. *Power-to-gas technology*), rast će primjena plina u transportu i energetskim transformacijama (ponajviše u visokoučinkovitim kogeneracijskim i trigeneracijskim postrojenjima), a trgovina ukapljenoga prirodnog plina (UPP) ostvarit će znatan rast. Ne treba pritom zanemariti činjenicu da šira primjena sustava izdvajanja i skladištenja CO<sub>2</sub> (engl. *Carbon capture and storage* – CCS) može znatno poboljšati ugljični otisak plina iskorištenog u energetskim transformacijama.

Dakle, uz primjenu pouzdanog sustava CCS-a plin može postati ekološki prihvatljiv energent. Stoga je ispravno nazivati plin bitnim energentom 21. stoljeća, a ne tranzicijskim.

Glede mogućnosti trajnog skladištenja ugljikova dioksida u geološkim strukturama, treba naglasiti da odgovorno društveno ponašanje implicira provedbu kompleksne analize razvojnih, tehnoloških, ekonomskih i sigurnosnih parametara. Nadalje, valja propisati i obvezu provođenja karakterizacije rizika koja obuhvaća procjenu kratkoročne i dugoročne sigurnosti i integriteta lokacije (skladišnog kompleksa i okolnog područja), uključujući procjenu rizika u predloženim uvjetima uporabe i s najlošijim mogućim učincima na prirodu, okoliš i zdravlje ljudi. Karakterizacija rizika propisana je novim Pravilnikom o trajnom zbrinjavanju ugljikova dioksida u geološkim strukturama [6]. Danom stupanja na snagu tog Pravilnika prestao je vrijediti Pravilnik o trajnom zbrinjavanju plinova u geološkim strukturama [7]. Novim se Pravilnikom osigurava primjena pravne stečevine Europske unije.<sup>3</sup> Njime se određuje provođenje radova i ispitivanja radi utvrđivanja mogućnosti trajnog zbrinjavanja ugljikova dioksida u geološkim strukturama te uvjeta eksploatacije.

## 2. POTROŠNJA ENERGIJE U BUDUĆNOSTI

Prema *World Population Prospects* [8], prosječna stopa rasta svjetske populacije iznosila je 1,76% u razdoblju od 1950. do 2000. godine. Svi relevantni izvori prognoziraju nastavak globalnoga populacijskog rasta<sup>4</sup> koji će, uz industrijalizaciju, ekonomski razvoj i rast standarda,<sup>5</sup> biti pokretač rasta potrošnje energije u budućnosti.

Energetska paradigma, za koju je karakterističan stalni rast globalne potrošnje energije, obuhvaća mnoge značajke, uključujući i kontraste poput obilne energetske potrošnje u razvijenim državama i izraženog energetske siromaštva u nerazvijenom dijelu svijeta. Na ovome mjestu valja naglasiti da više od milijarde ljudi još ne koristi električnu energiju [9], a još puno više ljudi ne koristi plin. Tužna je činjenica da postoje ljudi u nerazvijenom

<sup>3</sup>U pravni poredak Republike Hrvatske prenosi se Direktiva 2009/31/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o geološkom skladištenju ugljikova dioksida i o izmjeni Direktive Vijeća 85/337/EEZ, Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća 2000/60/EZ, 2001/80/EZ, 2004/35/EZ, 2006/12/EZ, 2008/1/EZ i Uredbe (EZ) br. 1013/2006 (tekst važan za EGP) (SL L 140, 5. 6. 2009.).

<sup>4</sup>Prema [8], svjetska populacija rast će od 7,2 milijarde sredinom 2013. godine na 10,9 milijarda u 2100. godini.

<sup>5</sup>Najviše izraženo u nerazvijenom dijelu svijeta.

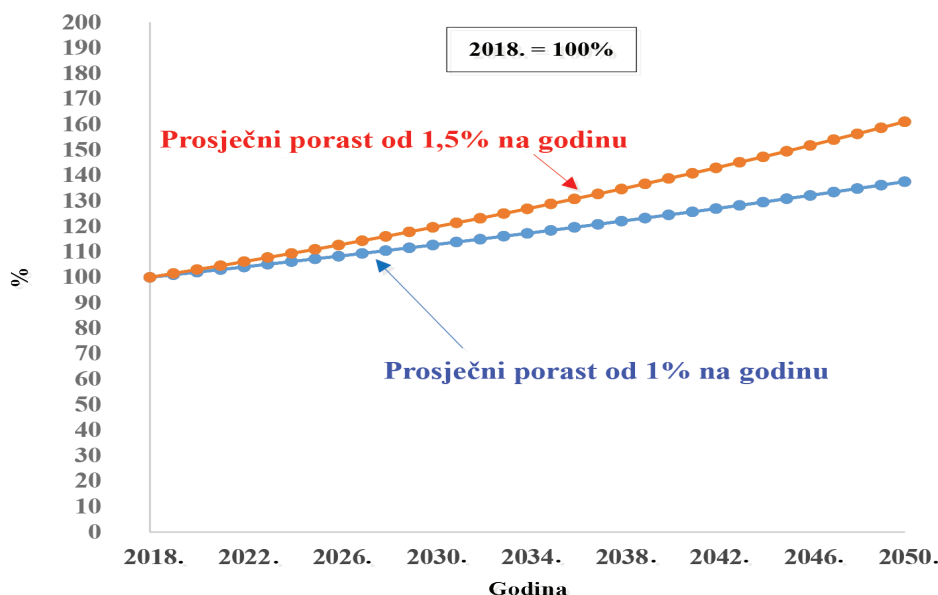
dijelu svijeta čija dnevna rutina uključuje višesatno skupljanje granja i/ili bilo kojega drugoga gorivog materijala i nošenje prikupljenog tereta do njihovih udaljenih, a često i otvorenih ognjišta. Ne postoji snažniji iskaz energetske siromaštva niti pogubniji utjecaj na zdravlje i dostojanstvo čovjeka.

Sve relevantne prognoze uzimaju u obzir vjerojatni rast globalne potrošnje energije. Na dijagramu (slika 1.) predočena su dva hipotetska slučaja porasta globalne potrošnje energije u razdoblju od 2018. do 2050. godine, odnosno kako slijedi:

- u prvom slučaju (plavi pravac) riječ je o prosječnom porastu globalne potrošnje energije od 1% na godinu

- u drugom slučaju (crveni pravac) riječ je o prosječnom porastu globalne potrošnje energije od 1,5% na godinu.

Globalna potrošnja energije na predmetnom dijagramu u baznoj 2018. godini predstavlja osnovicu za izračun do 2050. godine. U prvom slučaju, ukupna globalna potrošnja energije u 2050. godini veća je za 37,5% u odnosu prema ukupnoj globalnoj potrošnji energije u baznoj godini, a u drugom slučaju za čak 61%.



Slika 1. Porast globalne potrošnje energije u razdoblju od 2018. do 2050. godine

Prema *Key World Energy Statistics 2016* [10], ukupna globalna potrošnja primarne energije iznosila je 6101 Mtoe u 1973. godini (od toga prirodnog plina 976 Mtoe (16%), a nafte 2819 Mtoe (46,2%)), a u 2014. godini 13.699 Mtoe (od toga prirodnog plina 2904 Mtoe (21,2%), a nafte 4288 Mtoe (31,3%)). Dakle, u razdoblju od samo četiri desetljeća ukupna globalna potrošnja primarne energije povećala se 2,2 puta, u okviru toga trostruko se povećala potrošnja prirodnog plina, a potrošnja nafte za 52%.

Prednosti prirodnog plina doći će do punog izražaja tijekom nadolazećih godina zbog:

- visoke energetske vrijednosti
- široke primjenjivosti – u kućanstvima za kuhanje, grijanje i pripremu potrošne tople vode (PTV), u industriji gdje se koristi i kao sirovina (petrokemija), u prometu gdje je stlačeni prirodni plin ekološka alternativa naftnim derivatima, kod energetske pretvorbe u plinskim elektranama i visokoučinkovitim kogeneracijskim i trigeneracijskim postrojenjima
- znatnih rezerva uz globalnu diverzifikaciju plinskih polja
- novih tehnologija pridobivanja (hidrauličko frakturiranje, hidrati)
- primjene sustava izdvajanja i skladištenja CO<sub>2</sub>.

### 3. ENERGETSKI SCENARIJI

Jedinstvena vizija energetike budućnosti ne postoji. Ne postoji ni institucija na globalnoj razini s resursima nužnim za realizaciju osmišljene energetike budućnosti. Stoga su tijekom vremena razvijani različiti energetske scenariji, od kojih svaki prikazuje alternativnu budućnost. Budući da velik broj čimbenika utječe na oblikovanje energetike budućnosti, sve prognoze (osobito one dugoročna karaktera) mogle bi se pokazati više ili manje nepouzdanima. U načelu, noviji energetske scenariji orijentirani su prema obnovljivim izvorima i povećanju energetske učinkovitosti. Upravo je to bitna razlika u odnosu prema tradicionalnom scenariju *Business as usual*.

Međunarodna energetska agencija<sup>6</sup> u svojem izdanju *World Energy Outlook 2017* [11] navodi tri temeljna energetske scenarija: Scenarij aktualnih politika (engl. *Current Policies Scenario* – CPS), Scenarij novih politika (engl. *New Policies Scenario* – NPS) i Scenarij održiva razvoja (engl. *Sustainable Development Scenario* – SDS). CPS ne uključuje realizaciju najavljenih novih političkih ciljeva, već razmatra samo utjecaj politika i mjera koje se nalaze u već prihvaćenoj legislativi. NPS je centralni scenarij koji uključuje politike i mjere koje su vlade diljem svijeta već implementirale te procjenu rezultata koji mogu proizaći iz provedbe najavljenih politika i mjera zacrtanih u službenim ciljevima ili planovima. Prema ovom scenariju, svjetska potražnja za energijom 2040. godine bit će veća za ekvivalent zbroja današnjih udjela Kine i Indije, što je porast od 30%. Na ovome mjestu treba naglasiti da CPS i NPS započinju određenim pretpostavkama o politikama i razmatraju njihove učinke koji su važni za energetske sektor. SDS je noviji scenarij i razlikuje se po tome što počinje s vizijom kako bi energetske sektor trebao izgledati i zatim se vraća u sadašnje stanje. Ovaj scenarij promiče integrirani pristup realizaciji međunarodno utvrđenih ciljeva o klimatskim promjenama i kvaliteti zraka. SDS uključuje tri stupa nove energetske paradigme: obnovljive izvore, energetske učinkovitost i prirodni plin.

Sukladno NPS-u, trend rasta potrošnje nafte održao bi se do 2040. godine, iako uz nešto sporiji tempo. Potrošnja prirodnog plina povećala bi se za

45% (više u industriji, a manje u sektoru energetike), čime bi plin namirio četvrtinu globalne energetske potražnje i bio drugi najveći globalni energent (iza nafte). U Europskoj uniji nastavit će se vrlo dinamičan rast udjela obnovljivih izvora, a očekuje se da će vjetroelektrane ostvariti najveći udio u proizvodnji električne energije već za petnaestak godina.

Neovisno o tome koji će se energetske scenarij naposljetku ostvariti, činjenica je da će, u odnosu prema recentnoj potrošnji energije, trebati osigurati goleme dodatne količine energije u relativno bliskoj budućnosti. Analiza stanja u globalnoj energetici vodi do spoznaje da je Europska unija otišla najdalje u razradi koncepta koji teži da se znatan dio razlike sadašnje i buduće energetske potrošnje namiri dinamičnim rastom udjela obnovljivih izvora u energetske miksu i mjerama energetske učinkovitosti. Rapidno rastućoj ulozi obnovljivih izvora, uz izrazite ekološke kriterije, pridonosi i činjenica da se jedinični trošak „zelene“ energije snižava te da obnovljivi izvori postaju konkurentniji. Međutim, jasno je da ostvareni rezultati i zacrtani zahtjevni ciljevi Europske unije ne mogu presudno utjecati na klimu na globalnoj razini i/ili na stanje globalne energetike, polazeći od činjenice da cijela Europa participira samo s otprilike jednom sedminom u globalnoj potrošnji primarne energije.

Dug je put do ostvarenja niskouglične ekonomije. U *Energy and Climate Outlooku* – izdanju uglednog MIT-a<sup>7</sup> iz 2014. godine – navodi se da će fosilna goriva zadržati udio od 80% u primarnoj energiji do 2050. godine, i to unatoč brzom rastu obnovljivih izvora, djelomično zbog toga što će rasti udio prirodnog plina u primarnoj energiji [12].

Opće je poznato da je prirodni plin iznimno važan za Europsku uniju koja jako ovisi o njegovu uvozu.<sup>8</sup> Nadalje, tržište plina u Europskoj uniji već se godinama razvija u smjeru stvaranja djelatnog unutarnjeg tržišta plina Europske unije. Međutim, zanimljivo je da je opsežan paket mjera pod nazivom *Clean Energy for all Europeans*<sup>9</sup> ponajviše usmjeren na električnu energiju [13].

Općenito, stanje rezerva utječe na energetske

<sup>6</sup>International Energy Agency (IEA).

<sup>7</sup>Massachusetts Institute of Technology (MIT).

<sup>8</sup>Uvozna ovisnost Europske unije posljedica je malene proizvodnje plina na teritorijima država članica u odnosu prema njegovoj potrošnji.

<sup>9</sup>Tzv. Zimski paket (engl. *Winter package*) Europska je komisija predstavila u studenome 2016. godine.

tržište i na energetska politiku. Dokazane globalne rezerve prirodnog plina iznose oko 193,5 trilijuna kubičnih metara (tcm).<sup>10</sup> Po dokazanim rezervama prednjače Ruska Federacija s udjelom od 18,1%, Iran s udjelom od 17,2% i Katar s udjelom od 12,9% [14]. Pritom valja naglasiti da su potencijalne rezerve znatno veće od dokazanih. Tijekom vremena rasle su dokazane rezerve i proizvodnja prirodnog plina, s time da su rezerve prelazile granicu 50-godišnje proizvodnje.

Metanski hidrati prisutni u oceanima<sup>11</sup> imaju golem energetski potencijal. Procjenjuje se da je ukupna količina plina u metanskim hidratima puno veća od kumulativnih rezerva svih fosilnih goriva. Stoga metanski hidrati mogu biti važan izvor energije u budućnosti. Rudarenje metanskih hidrata u oceanima skupo je i uključuje ekološke rizike. Međutim, nove tehnologije istraživanja i eksploatacije mogle bi osigurati perspektivu metanskih hidrata, i s klimatskog i s ekonomskog stajališta.<sup>12</sup> Na kraju, treba spomenuti i vodik kao moguću dopunu plinu. Sinergija prirodni plin – vodik, s razvojem pripadajuće tehnologije, mogla bi biti važna za energetiku budućnosti [15].

## 4. ZAKLJUČAK

Naraslu energetska potražnju u budućnosti neće biti moguće namiriti samo mjerama energetske učinkovitosti i rastućim udjelom obnovljivih izvora. I dalje će rasti udio prirodnog plina u energetske miksu, potaknut manjim emisijama ugljičnoga dioksida i onečišćujućih tvari u odnosu prema drugim fosilnim gorivima. Uz to, razvoj tehnologije CCS-a može utjecati na intenzivniju uporabu prirodnog plina u energetske transformacijama. Prirodni će plin imati važnu ulogu u energetici budućnosti, s obzirom na široku primjenljivost, visoku energetska vrijednost, znatne resurse, dobavljalnost, visoku efikasnost plinske tehnike i pouzdanost plinskoga sustava. Prirodni plin može postati vodeći energent prema potrošnji u svijetu.

Energetska i klimatska politika treba promatrati integralno. U okviru procesa stvaranja nove energetske nastat će i novo plinsko gospodarstvo. Izvoz američkoga ukapljenoga prirodnog plina utjecat će na fleksibilnost globalnog tržišta plina.

Velikim količinama ukapljenoga prirodnog plina može se potaknuti rast trgovine plinom, s mogućom implikacijom konkurentnosti opcija plinskog transporta, odnosno transportnih plinovoda i specijalnih brodova za prijevoz ukapljenoga prirodnog plina od utovarnog do prihvatnog terminala (metanijera).

## LITERATURA:

1. Climate Change 2014: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland.
2. Doyle A. Climate change fight affordable, cut emissions to zero by 2100-UN. Mail Online/Reuters; 2 November 2014.
3. Paris Agreement, United Nations; 2015.
4. Climate change. The International Energy Agency (IEA). Dostupno na: <https://www.iea.org/topics/climatechange/>.
5. Banovac E, Stojkov M, Kozak D. Designing a global energy policy model. Proceedings of the ICE – Energy. 2017;170(EN1):2–11.
6. Pravilnik o trajnom zbrinjavanju ugljikova dioksida u geološkim strukturama. Narodne novine, br. 95/18.
7. Pravilnik o trajnom zbrinjavanju plinova u geološkim strukturama. Narodne novine, br. 106/13.
8. United Nations (2013) World Population Prospects, the 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables. UN, New York, USA.
9. Tollefson J. Energy: Islands of light. Nature. 2014;507:154–6.
10. Key World Energy Statistics 2016. The International Energy Agency (IEA).
11. World Energy Outlook 2017. The International Energy Agency (IEA).
12. 2014 Energy and Climate Outlook. MIT, Cambridge, MA, USA, str. 2.
13. Clean Energy for all Europeans. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank. Brussels, 30. 11. 2016. COM(2016) 860 final.
14. BP Statistical Review of World Energy 2018. 67<sup>th</sup> edition, June 2018.
15. Hanley ES, Glowacki BA, Nuttall WJ, Kazantzis N. Natural gas – synergies with hydrogen. Proceedings of the ICE – Energy. 2015;168(1):47–60.

<sup>10</sup>Riječ je o ukupno dokazanim globalnim rezervama u iznosu od 193.500.000.000.000 (193,5 × 10<sup>12</sup>) kubičnih metara prirodnog plina. Dokazane rezerve prirodnog plina rastu iz godine u godinu: na primjer, dokazane globalne rezerve iznosile su 128,1 × 10<sup>12</sup> kubičnih metara prirodnog plina na kraju 1997. godine.

<sup>11</sup>Metanski hidrati prisutni su ponajviše uz rubove kontinenata.

<sup>12</sup>Osobito ako cijena nafte u budućnosti bude visoka.