

Kako planirati energetiku nakon 2030. godine

G. Granić, D. Pešut, H. Božić, R. Bošnjak, Ž. Hrs Borković, Ž. Jurić, A. Kojaković, B. Kulišić, I. Novko, D. Novosel, H. Petrić, M. Tot

IZLAGANJE SA ZNANTVENIH I STRUČNIH SKUPOVA

U radu je obrađena problematika planiranja razvoja energetskeg sustava u uvjetima ograničenja koja će proizaći iz globalnih dogovora o očuvanju klime. Analizirani su problemi planiranja, utjecaja pojedinih primarnih oblika energije i tehnologija. Osim toga navedeni su rizici, ograničenja i uvjeti planiranja. Prezentirana su pilot istraživanja mogućih posljedica ograničenja razvoja zbog značajnog smanjenja emisija CO₂ na strukturu proizvodnje i potrošnje energije. Ukazuje se na značajne strukturne promjene i povećanje troškova.

Ključne riječi: planiranje energetike, emisije CO₂, zaštita klime i okoliša

Okruženje i trendovi

U srpnju 2008. godine cijena nafte na svjetskim burzama približila se 150 USD po barelu, da bi sredinom listopada pala na 70 USD po barelu. U vremenu najviših cijena nafte neka su predviđanja govorila da se može očekivati cijena nafte i do 250 USD, a najveći pesimisti su projicirali cijenu nafte i do 500 USD za barel.¹ Jednako tako najavljivane su nove cijene za plin i povećanje njegove cijene za 100 posto, na 0,73 USD/m³, dok su neka predviđanja navodila projekcije cijene od 1 USD/m³.

Aktualna razmatranja od strane analitičara navode splet sljedećih dominantnih čimbenika kao najutjecajnijih generatora rasta cijena sirove nafte:

- Povećanje potražnje nafte uz neadekvatni rast ponude,
- Geografska raspoređenost fosilnih izvora energije (supranacionalna razina) i lokalni karakter obnovljivih izvora energije (mikronacionalna razina),
- Špekulativni utjecaji na tržištu nafte budući da je neosporna činjenica da se dramatičan rast cijena nije dogodio uz adekvatno povećanje potražnje za sirovom naftom,
- Globalna financijska kriza,
- Politika tečaja dolara i njegova kontinuirana deprecijacija u odnosu na ostale svjetske valute tijekom proteklog razdoblja, s očekivanjem stručnjaka da će u budućnosti doći do jačanja dolara,
- Zastoj u modernizaciji rafinerija koji nije dinamički pratio uvođenje viših standarda kvalitete goriva i posljedično utjecaj potražnje za slatkom naftom (eng. „sweet light oil“),
- Političke napetosti između jednog dijela proizvođača nafte i razvijenih zemalja, prvenstveno SAD-a,

- Politike vlada razvijenih zemalja u pogledu zadržavanja posebnih poreza na derivate nafte usprkos visokim cijenama nafte,
- Subvencioniranje cijena derivata i drugih oblika energije kod manje razvijenih zemalja,
- Neadekvatni tehnološki razvoj pogonskih agregata koji bi koristili i druge oblike energije, a ne prvenstveno derivate nafte,
- Učestale vremenske nepogode i prirodne katastrofe,
- Tehnički i ini incidenti u postrojenjima za crpljenje, transport i preradu nafte,
- Terorizam.

Svaki od ovih utjecajnih čimbenika, u određenoj mjeri determinira i sudjeluje u kreiranju cijene sirove nafte na svjetskim tržištima, a njihov utjecaj se mijenja ovisno o pojedinom razdoblju. Sličnu analizu moguće je napraviti i za prirodni plin. Uz to određivanje cijene plina je vezano uz cijene sirove nafte.

Predmet ovog rada nije predviđanje kretanja cijene nafte, već pojava visokih cijena, i njihov utjecaj na razvoj i odnose u energetskeg sektoru. Sasvim je realno očekivati da će i cijene drugih primarnih energenata rasti adekvatno promjenama cijena nafte i plina.

Cijene i rezerve nafte samo su jedan od elemenata koji planiranje energetske budućnosti čini nesigurnim. Također je neophodno uvažavati i ostale elemente i čimbenike kao što su: otvaranje tržišta električne energije i plina, neizvjesni tehnološki razvoj te nadasve klimatske promjene.

Protokolom iz Kyota definira se nova energetska politika s ciljem stabilizacije koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi, koja uključuje korištenje obnovljivih izvora energije i povećanje energetske učinkovitosti. Postavljeni su ciljevi za određeno razdoblje (2008.-2012.), a njihova realizacija ovisi o

¹ Izjava Mohammada Ali Khatibija, člana vijeća OPEC-a, o mogućem rastu cijene nafte na 500 dolara

zakonodavnoj uređenosti područja i financijskoj potpori. Iako je na deklarativnoj razini Kyotski protokol prihvaćen od gotovo svih zemalja potpisnica, implementacija smjernica ide sporije nego što je očekivano.

Osnovni problem Kyotskog protokola je u tome što kvantificiranu obvezu smanjenja emisija stakleničkih plinova ima samo 40-tak zemalja članica Priloga B Protokola. Radi se o razvijenim zemljama i zemljama s ekonomijom u tranziciji, koje su ujedno članice iz Priloga I Konvencije o promjeni klime (UNFCCC). Dakle, kvantificiranu obvezu smanjenja emisije nemaju ni Kina, ni Indija, niti nerazvijene zemlje, u kojima dolazi do znatnog povećanja emisije stakleničkih plinova. Budući da su klimatske promjene globalni problem, efikasna borba s povećanjem antropogenih emisija stakleničkih plinova nije moguća bez uključivanja svih zemalja ili barem velike većine zemalja svijeta koje proizvode glavninu emisija. Stoga je uključivanje što većeg broja zemalja, koje bi preuzele obveze u skladu sa stupnjem razvoja i mogućnostima za smanjenje emisija, jedan od najvažnijih ciljeva novog sporazuma. Prihvaćanje novog sporazuma očekuje se krajem 2009. godine. Sporazum bi trebao definirati koncept za smanjenje emisije stakleničkih plinova iza 2012. godine (post-Kyotsko razdoblje).

Paralelno s procesima vezanim uz Protokol iz Kyota, kao što je uvođenje sustava trgovanja pravima na emisiju CO₂, događaju se velike promjene u umreženim sustavima, električnoj energiji i prirodnom plinu, koji se od monopolnih sustava transformiraju u otvorena tržišta. Proces se odvija sporije od željenog, pa EU priprema treći paket mjera kako bi se ubrzale promjene i stvorili transparentni uvjeti za funkcioniranje tržišta energije (Europski parlament glasovanjem u travnju 2009. podržao je nova pravila za jačanje unutarnjeg EU energetskeg tržišta).

U zemljama bivšeg komunističkog sustava, od kojih je jedan dio u EU, procesi otvaranja energetskeg tržišta započeli su kasnije, dok su se u nekim zemljama odvijali sporije sa snažnim socijalnim utjecajem na cijene energije. Uz te promjene u funkcioniranju tržišta energije uvodi se i tržište prava na emisiju CO₂, kao jedan od instrumenata ostvarivanja postavljenih ciljeva smanjenja emisija stakleničkih plinova.

Činjenice i utjecajni čimbenici

Klimatske promjene i ograničenja koja proizlaze iz njih, ključni su čimbenici koji će u budućnosti utjecati na način i rezultate planiranja razvoja energetskeg sektora. Do sada su se u planiranju uvažavala samo nacionalna ograničenja na razini pojedinačnog utjecaja svakog energetskeg objekta te objekta u industriji, ili slična nacionalna ograničenja u zgradarstvu. Ovo je sustav planiranja činilo znatno jednostavnijim u odnosu na buduće planiranje. S međunarodnim (globalnim) obvezama smanjivanja emisija stakleničkih plinova ulazi se u novi sustav kumulativnih obveza na razini svake zemlje, čije ispunjavanje nije više jednostavno jer ovisi o

nizu utjecajnih čimbenika koji su dijelom iznad nacionalnih utjecaja i ograničenja.

Ključni utjecajni čimbenici u budućem planiranju, koji mogu i pozitivno i negativno djelovati na izbor rješenja, su:

- **Ograničavanje emisije stakleničkih plinova za post-Kyotsko razdoblje, kao globalni dogovor za ublažavanje klimatskih promjena, što će imati za posljedicu vrlo striktnu obvezu EU-a i njenih članica u pogledu smanjenja emisije**
- **Porast potreba za energijom na globalnoj i europskoj razini, isto kao i u regiji i u Hrvatskoj:** potrebe za energijom za podizanje osobnog standarda i kvalitete života općenito, a naročito za osiguranje razvoja i minimalnih civilizacijskih potreba u nerazvijenim zemljama² kontinuirano će rasti
- **Porast potražnje za energijom u industriji, uslugama, prometu i kućanstvima:** porast potražnje za energijom djelomično će se ublažiti energetskeg učinkovitošću, no značajno će ovisiti o tehnološkom razvoju, zakonodavnim normama, standardima, organizaciji poslovnih aktivnosti i ekonomskoj snazi pojedinca, tvrtke kao i svake zemlje u cjelini
- **Razvoj tržišta energije, uspostava jedinstvenih pravila funkcioniranja tržišta, te učinkovitost djelovanja mehanizama prisile poštivanja jedinstvenih pravila**
- **Tehnološki razvoj:** iako se razvoj očekuje u svim dimenzijama od proizvodnje do potrošnje energije, poseban je izazov razvoj tehnologija koje smanjuju emisije stakleničkih plinova, nuklearnih elektrana, obnovljivih izvora i energetske učinkovitosti, te novih uređaja koji su potrebni građanima i gospodarstvu
- **Izgrađenost i izgradnja mrežne infrastrukture, povezanost nacionalnih mreža i izgrađenost transnacionalnih mreža:** utjecat će na strukturu izvora i dobavnih pravaca, uz pripadajuće materijalne i nematerijalne troškove
- **Usklađenost (globalne) energetske politike s drugim politikama:** i to prvenstveno politikama proizvodnje hrane, znanosti i tehnološkog razvoja
- **Percepcija građana, prihvatljivost i marketing pojedinih tehnologija**
- **Cijena energije krajnjem potrošaču, koja uključuje realne cijene zaštite okoliša**
- **Razvoj međunarodnih odnosa, posebno razvoj institucionalnih odnosa u EU i proces širenja EU-a.**

Postavljanje ograničenja na emisije stakleničkih plinova u proizvodnji, transformaciji, transportu, distribuciji i potrošnji energije radi smanjivanja njihove koncentracije u atmosferi, proizvodi novi parametar u cijeni energije: trošak smanjenja emisije stakleničkih plinova. Sasvim je izvjesno da će globalna politika smanjenja emisija povećati i troškove energije te će cijena smanjenja emisije stakleničkih plinova biti posljedica svih prethodno navedenih utjecajnih

² Više od dvije milijarde stanovnika planete danas nema pristupa modernim oblicima energije

čimbenika. Kolika će u konačnici ta cijena biti, nezahvalno je prognozirati jer na nju osim globalnih čimbenika utječu i lokalni, pa će za svaku zemlju prognoza biti različita.

Distribucija ove cijene na subjekte koji participiraju u energetske sektoru jednim dijelom će biti regulirana stanjem i odnosima na tržištu energije i tržištu tehnologija, a drugim dijelom će se rasporediti na državu, energetske tvrtke, proizvođače opreme i naravno kupce energije. Konačnu cijenu smanjenja emisije stakleničkih plinova platit će kupci energije, ili direktno kroz cijenu energije ili kroz potporu države iz poreza koji se prikupljaju iz prodaje energije.

U kvalitativnom smislu, u jednadžbu za rješavanje postavljenih ciljeva smanjenja emisija stakleničkih plinova uz zadovoljenje potreba za energijom, potrebno je osim standardnih elemenata tržišta energije uključiti i dodatne čimbenike kao što su: sigurnost opskrbe, očekivanja u tehnološkom razvoju i potrebna ulaganja u tehnološki razvoj, pilot projekte i programe smanjenja troškova novih tehnologija, energetske politike i mjera za realizaciju politika te vrijeme potrebno za realizaciju.

Postojeća praksa

U svim modelima za planiranje razvoja elektroenergetskog ili energetske sustava, funkcija cilja je ekonomska kategorija koja zbraja investicijske i sve operativne troškove, bilo da proizlaze iz energetske-tehnoloških uvjeta, bilo kao propisane obveze države. Kriterij određivanja optimalnog rješenja za zadovoljenje svih postavljenih ograničenja je minimum troškova.

Iako se modeliranje razvoja energetske sustava mora temeljiti na objektivnim sagledavanjima procesa i realnim troškovima, u stvarnoj ekonomiji energetske sustava svi elementi najčešće nisu tržišno valorizirani, a neki nisu ni uključeni. U zemljama bivšeg komunističkog bloka i u zemljama u razvoju, prevladavao je socijalni karakter cijena energije, pa je cijena samo djelomično odražavala realne troškove. Kapital nije bio tržišno valoriziran, održavanje je u pravilu bilo neadekvatno, a najmanje je vrednovan utjecaj na okoliš.

Zbog visokih cijena opreme za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, i njihove relativno niske raspoloživosti, ova energija nije bila konkurentna klasičnim izvorima energije, pa se ta proizvodnja poticala dodatkom na cijenu, i u pravilu se kao povlaštena proizvodnja preuzimala u cijelosti. Ovakvim konceptom formirana su dva segmenta tržišta: otvoreno tržište sa svim posljedicama po subjekte i kupce i segment tržišta koji pripada obnovljivim izvorima, kojem su garantirani i otkup i cijene.

U području energetske učinkovitosti, uključujući proizvodnju energije u kogeneraciji te projekte smanjenja potrošnje energije, realizacija projekata, odnosno rezultati, ovisili su o visini poticaja (putem odgovarajućih fondova ili direktno od države).

Jednostavni je zaključak da odnosi cijena na tržištu energije u redovnom funkcioniranju nisu uravnoteženi, pa se njihova ravnoteža postiže putem financijskih i administrativnih mjera. Ovakav pristup je moguć, ali

ima ograničeni domet pa su, u pravilu, i rezultati skromni.

Prilike u budućnosti

Za ostvarenje cilja smanjenja emisije stakleničkih plinova, koji se postavlja pred svaku zemlju kao rezultat globalne obveze novog sporazuma o klimatskim promjenama koji bi trebao stupiti na snagu 2013. godine, na raspolaganju su uz realnu ekonomiju, zakonodavstvo i druge mjere države te fleksibilni mehanizmi Protokola iz Kyota (mehanizmi čistog razvoja, zajedničke provedbe te trgovanja emisijskim jedinicama). Samoregulirajući sustav je onaj koji kroz realnu ekonomiju i poreznu politiku ostvaruje postavljene ciljeve. Kod modeliranja mogućih scenarija razvoja trebalo bi, uz sve ostale uobičajene troškove energetske planiranja, uključiti i direktne i indirektno troškove zaštite zdravlja i okoliša u realne ekonomske odnose energetske sektora.

Ako se hipotetski postavi cilj da se u razdoblju od 2030. do 2050. godine emisije stakleničkih plinova iz energetske sektora smanje za 50 posto, može se pojednostavljeno pretpostaviti da bi 50 posto proizvodnje energije bilo iz obnovljivih izvora ili „čistih“ fosilnih tehnologija gotovo bez emisije CO₂. Preslikavajući sadašnju praksu financijske potpore obnovljivim izvorima u ekonomske odnose tog razdoblja, jasno je da to nije moguće ostvariti jer bi trebalo poticati 50 posto proizvodnje energije, na teret drugih 50 posto proizvodnje energije koja je na tržištu.

Očito je neophodno razviti novi ekonomski sustav u energetici koji će destimulirati tehnologije i izvore koji doprinose klimatskim promjenama, a promovirati tehnologije i izvore povoljne za klimu i okoliš. To će zahtijevati uključivanje troškova očuvanja klime (smanjenja emisija stakleničkih plinova), kako bi se na ispravan način valorizirala svaka tehnologija i svaki energent. Jedna od mogućnosti da se propišu ograničenja u emisijama CO₂ za svaku tehnologiju, pri čemu je nužno voditi računa o cijelom proizvodnom ciklusu od proizvodnje sirovine i uređaja, pa do proizvodnje energije.

Ako bi se posljedično optimizirao razvoj energetske sektora uz uvažavanje svih troškova očuvanja klime i okoliša (direktnih i indirektnih), omogućila bi se objektivna valorizacija tehnologija i izvora energije. Konačno, to bi omogućilo snažniju penetraciju obnovljivih izvora, „čistih“ fosilnih tehnologija i značajnije povećanje energetske učinkovitosti. S druge strane to povećalo troškove energije, jer bi se platforma troškova podigla na višu razinu, s neizbježnim posljedicama na ekonomiju i standard građana.

Analiza problema planiranja

Dugoročno se planiranje temelji na funkciji ponašanja promatranog parametra u prošlom razdoblju, u koju se ugrađuju čimbenici suvremenih saznanja i kratkoročnih planova. Stoga je svako dugoročno planiranje „neizvjesno“ jer vremenski horizont uključuje niz nepoznanica. Pojedine pretpostavke i očekivanja se kasnije pokažu nerealnim, a pojavi se i niz novih utjecajnih čimbenika čiji utjecaj nije prvotno razmatran.

S postavljanjem čvrstih ciljeva smanjenja emisija stakleničkih plinova problem planiranja postaje još zahtjevniji, jer se uz veliku neizvjesnost utjecajnih čimbenika želi ostvariti očekivani rezultat.

Pristup planiranju razvoja energetskeg sustava u uvjetima ograničenja emisija povećava složenost modeliranja, jer nije samo pitanje bilance energije na godišnjoj razini, nego snage i dnevnih, tjednih, mjesečnih rasporeda proizvodnje i potrošnje energije, mogućih mjera i poznavanja realnog stanja u svim sektorima u kojima će se provoditi određene mjere (primjerice građevinarstvo). Obnovljivi izvori koji ovise o klimatskim uvjetima i lokalnim predispozicijama, a bez rješenja pohrane energije, utječu na sigurnost i stabilnost rada ostalih elektran, pa ih je potrebno promatrati sa svim njihovim karakteristikama.

Na realnost realizacije ciljeva smanjenja emisija stakleničkih plinova u pogledu dinamike ostvarenih rezultata, utjecat će veliki broj čimbenika od kojih su najvažniji sljedeći:

1. Tehnološki razvoj je najvažniji čimbenik za realizaciju ciljeva smanjenja emisija, jer postojeće tehnologije ne omogućuju ostvarenje ambicioznih ciljeva. Pri tome je u planiranju najveća nepoznanica vrijeme, jer je teško precizno prognozirati trenutak kada će se ostvariti određeno tehnološko unapređenje. Ciklus stvaranja novih tehnologija, od ideje do komercijalne tehnologije dostupne na tržištu, traje 20 i više godina. Očekivana tehnološka unapređenja su:
 - a. Tehnološka rješenja za postojeće i napredne tehnologije proizvodnje energije koje koriste fosilna goriva (hvatanje/izdvajanje i spremanje CO₂ u podzemna skladišta)
 - b. Tehnološka rješenja za nuklearnu energiju (fisija - nova generacija, sigurnosni sustavi, gospodarenje otpadom)
 - c. Tehnološka rješenja za obnovljive izvore (fotonaopni sustavi, elektrane s koncentriranim Sunčevim zračenjem, vjetroelektrane, biomasa u kogeneraciji, bioplina, geotermalna energija, druga generacija biogoriva) radi povećavanja iskoristivosti, korištenja novih sirovina i smanjenja investicija
 - d. Tehnološka rješenja za promet (korištenje vodika, hibridna vozila, sustavi za poboljšanje organizacije prometa)
 - e. Tehnološka unapređenja na strani potrošnje energije
 - f. Tehnološka rješenja za prijenos i distribuciju energije (tzv. smart grids)
 - g. Tehnološka rješenja za učinkovito skladištenje energije
 - h. Dugoročna rješenja za sustave gospodarenja otpadom i razvoj tehnologija spaljivanja otpada
 - i. Razvoj materijala, nanostrukture, informatičkih i komunikacijskih tehnologija i dr.
2. Globalna, regionalna i lokalna institucionalna sposobnost zemalja u ostvarivanju sinergije u određivanju: ciljeva i obveza, odgovornosti, zakonodavnih i ostalih pretpostavki te posvećenosti realizaciji

postavljenih ciljeva smanjenja emisija stakleničkih plinova

3. Prihvatljivost takvog pristupa građanima, ali i povećanje cijena zbog vrednovanja troškova utjecaja na klimu i okoliš
4. Sredstva i ljudski potencijal te organizacija
5. Vrijeme potrebno za prihvaćanje novih tehnologija.

Rizici

Promjena ciljeva energetske politike uvjetovana ograničenjima zbog očuvanja klime unosi veliku promjenu u gospodarenje energijom. Može se procijeniti da danas nije moguće sagledati sve posljedice i rizike u budućnosti.

Prihvaćanje globalne obveze smanjivanja emisija stakleničkih plinova na razinu koja ne ugrožava klimu, svodi problem energetske politike na: kako to izvesti, kada i kojom dinamikom, kojim tehnologijama i kojim posljedicama za okoliš, život i zdravlje ljudi. Pri tome se ne otvara pitanje hoće li to povećati razinu troškova, nego kako na novoj povećanoj razini troškova naći tehnološki i po okoliš prihvatljivo (najpovoljnije) rješenje.

Kao potencijalni rizici ostvarivanja koncepta radikalnog smanjenja emisija stakleničkih plinova mogu se nabrojati:

1. Nedovoljan ili zakašnjeni razvoj tehnologija, koje bi trebale ponuditi kvalitetnija te energetske i ekonomski učinkovitija rješenja od onih koje su danas raspoložive na tržištu. Iskustva pokazuju da je za tehnološki razvoj potrebno vrijeme pa je teško precizno postaviti rokove jer je dugačak put od ideje, prototipa, pilot projekta do komercijalnog proizvoda. Rizik će se povećavati ukoliko se ne ostvari kvalitetna suradnja zemalja i tvrtki koje razvijaju tehnologije u energetici. Isto tako rizik će se značajno povećati ukoliko se višestruko ne povećaju ulaganja u razvoj novih tehnologija
2. Vrijeme potrebno za velike strukturne promjene u energetskeg sektoru, s obzirom na dugačke rokove izgradnje energetskeg postrojenja i dostizanje razine instaliranosti koja utječe na strukturu opskrbe te moguću amortizaciju neadekvatnih postojećih tehnologija koje se moraju izgraditi kao „prijelazna“ rješenja. Važno je istaknuti da nove tehnologije zahtijevaju i vrijeme potrebno za promjene ponašanja i odnosa kako na strani proizvodnje, tako i na strani potrošnje energije. Značajniji doprinosi novih tehnoloških rješenja ili unapređenja postojećih tehnologija može se očekivati tek za 15 ili 20 godina
3. Prihvatljivost pojedinih tehnologija od građana nije zajamčena usprkos tome što bi one mogle doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova. Realno je očekivati otpor prema svim novim tehnologijama, uključujući i obnovljive izvore, a posebno prema nuklearnim elektranama. Neodgovarajući marketing pojedinih tehnologija i negativna percepcija građana može uvelike smanjiti izbor rješenja
4. Sigurnost opskrbe i redovno funkcioniranje energetskeg sustava i svih podsustava
5. Ekonomska dostupnost pojedinih energenata
6. Troškovi novog koncepta energetske politike koji će objektivno biti znatno veći u startu, dok dugoročno

- moгу biti i povoljniji ako se značajno unaprijede tehnologije, mogu, također, biti rizični u realizaciji nove energetske politike
7. Odgovornost svake države i sposobnost implementacije vlastitih energetskih politika
 8. Izostanak globalnog dogovora o uključivanju troškova zaštite okoliša i klime u cijenu energije preusmjerio bi tokove globalnog energetskog tržišta u one zemlje gdje je energija jeftinija, usporio bi gospodarski rast zemalja koje su prihvatile novi izračun cijena, a ispunjavanje ciljeva zaštite okoliša postalo bi upitno.

Fosilna goriva

Nafta i plin

Nafta i plin su temeljni oblici energije u današnjoj strukturi energetske opskrbe čiji udio u ukupnoj potrošnji energije prelazi 50 posto. Dokazane zalihe nafte porasle od 1987. godine do 2007. za 36 posto, odnosno sa 145 milijardi m³ (910 milijardi bbl) na 197 milijardi m³ (1 240 milijardi bbl), a odnos potrošnje i dokazanih zaliha je u zadnjih deset godina zadržan na istoj razini. Raspoloživost nafte na tržištu veća je u 2007. godini nego u 1998., kada je cijena bila rekordno niska. Unatoč ovim povoljnim pokazateljima očekivan porast potrošnje nafte u budućnosti, špekulacije na tržištu te geopolitička nesigurnost (zalihe primarno na Bliskom istoku) uzrokuju izniman porast cijene nafte u zadnjih pet godina te posljedično uzrokuju i porast cijene prirodnog plina. Dramatični porast cijena nafte, pa posljedično i svih drugih oblika energije, otvorio je pitanja cijena i raspoloživosti nafte za rastuću potrošnju te ukazao na nedostatak efikasnih mehanizama koji bi mogli utjecati na takve pojave.

Kod dugoročnog planiranja energetskog razvoja u konceptu energetske politike s radikalnim smanjivanjem emisija stakleničkih plinova pozicija nafte i plina doživjet će promjene kako kroz povećanje učinkovitosti tehnologija (tehnološki razvoj vozila bi trebao smanjiti potrošnju više od 40 posto do 2050. godine) tako i kroz zamjenu goriva:

1. Nafta, odnosno derivati nafte primarno su u funkciji prometa, pa se očekuje da će oni zadržati dominantnu poziciju. U energetici se korištenje nafte u proizvodnji električne energije napušta, osim u posebnim okolnostima ili samo kao rezerva
2. Prirodni plin je zamijenio naftu u proizvodnji električne energije, a u razvijenim zemljama postaje dominantan u proizvodnji toplinske energije, te postupno preuzima i udjele u prometu.

Ugljen

Ugljen, u ukupnoj potrošnji energije, slijedi odmah iza nafte s udjelom od 25 posto, dok je s udjelom od 40 posto u proizvodnji električne energije dominantno gorivo. Dokazane zalihe ugljena u 2007. godini iznose 847 488 milijuna tona. Zalihe su s udjelima od oko 30 posto ravnomjerno raspoređene na Europu i Euroaziju, Sjevernu Ameriku, Aziju i Pacifik. Premda je cijena ugljena značajno porasla u zadnjih nekoliko godina, čini se da je sa stanovišta raspoloživosti i proizvodne cijene ugljen i dalje najpovoljnije gorivo. Postojeće kapacitete za proizvodnju električne energije u

OECD zemljama bit će potrebno zamijeniti novima u sljedećih 10 do 20 godina, pa ako u obzir uzmemo i porast potrošnje električne energije u zemljama u razvoju jasno je da će odluke donijete u sljedećih nekoliko godina imati značajan dugoročni učinak.

Smanjenje emisije CO₂ temeljna je odrednica pri razvoju novih tehnologija za iskorištavanje ugljena, a nastoji se postići sljedećim mjerama: povećanjem učinkovitosti konverzije, suizgaranje ugljena i biomase te hvatanjem/izdvajanjem i skladištenjem CO₂. Ugljen bi mogao zadržati sadašnji udio ili ga povećati u proizvodnji električne energije uz razvoj sljedećih tehnologija:

- učinkovitost konverzije: napredne tehnologije s parnom turbinom (superkritični i ultrakritični pogon) ili tehnologije kombiniranog ciklusa s integriranim rasplinjavanjem (IGCC) trebale bi podići prosječnu učinkovitost termoelektrana na ugljen sa sadašnjih 35 na preko 50 posto do 2050. godine
- hvatanje/izdvajanje, transport i skladištenje CO₂ – neke tehnologije hvatanja/izdvajanja i skladištenja su pred demonstracijom, dok druge zahtijevaju daljnje istraživanje i razvoj radi smanjenja troškova i povećanja učinkovitosti. Trošak sustava za izdvajanje, transport i skladištenje CO₂ procjenjuje se na 25 do 80 eura po toni izbjegnute emisije CO₂. Međutim ove tehnologije još uvijek nisu doživjele veću primjenu u svijetu zbog relativno visokih troškova tehnologije za izdvajanje CO₂, potrebe za dodatnim tehnološkim poboljšanjima izdvajanja i hvatanja CO₂ te problema pronalaska odgovarajućih geoloških lokacija za skladištenje CO₂ u blizini postrojenja

Ukoliko tehnološki razvoj ne bude dao adekvatne rezultate ili zakasni, može doći do smanjenja udjela ugljena u ukupnoj potrošnji energenata. Može se očekivati da će u tom slučaju nuklearna energija i prirodni plin najvjerojatnije zamijeniti ugljen. S obzirom na veću nesigurnost kod prognoze cijene plina nego kod ugljena, prelazak s ugljena na prirodni plin bit će uvjetovan promjenama cijene prirodnog plina, dok je supstitucija nuklearnom energijom zavisna o percepciji javnosti, proliferaciji i razvoju.

Nuklearna energija

Nuklearna energija spada u tehnologije malih emisija, ali s rizicima koje nosi nuklearna tehnologija u pogonu i odlaganju goriva. Osjetljivost javnosti je velika, pa najveći rizik dolazi od strane prihvatljivosti javnosti i političkih implikacija koje iz toga proizlaze. Zbog dužeg negativnog stava javnosti prema nuklearnim elektranama došlo je do zastoja u razvoju novih tehnologija, edukaciji kadrova i stagnaciji proizvodnih kapaciteta u cijelom nuklearnom ciklusu. Vrijeme potrebno za pripremu i izgradnju novih elektrana danas se procjenjuje na 10 do 13 godina.

S druge strane nuklearna se tehnologija nameće kao realno rješenje u konceptu smanjenja emisija stakleničkih plinova. Sadašnja tehnološka razina dostigla je zavidnu razinu sigurnosti, ali malu iskoristivost goriva.

Razvoj fuzije objektivno može otvoriti širom vrata nuklearnoj tehnologiji, ali poslije 2050. godine.

Iako su najčešće rizici u trgovanju energentima u percepciji javnosti vezani za naftu, a u posljednje vrijeme i za plin, realno je očekivati da će podizanjem granice interesa za nuklearnu tehnologiju povećati pritisak i na nuklearno gorivo, koje osim energetske ima i strateško vojno značenje. Utjecaj tržišta vidljiv je u zadnje četiri godine kada se cijena sirovog urana prvo udeseterostručila, da bi se zatim postupno spustila na peterostruki iznos u odnosu na cijenu u posljednjih dvadeset godina.

Obnovljivi izvori

U posljednjih deset do petnaest godina došlo je do značajnijeg korištenja obnovljivih izvora. Iako se radi o značajnom rastu instaliranih snaga elektrana, utjecaj obnovljivih izvora na strukturu proizvodnje električne energije još uvijek nije značajan.

Cijelo to razdoblje obnovljive izvore prate i rasprave o potencijalu, tehničkim problemima, utjecaju na okoliš, energetske doprinosu, uz uvažavanje cijelog ciklusa proizvodnje uređaja i opreme, te naravno o cijeni energije.

Tri su ključna razloga za stavljanje u fokus obnovljivih izvora energije: ograničenost fosilnih izvora, smanjenje energetske ovisnosti kroz domaće izvore i problemi zaštite okoliša i klimatskih promjena. Ovaj treći razlog, zaštita okoliša i klimatske promjene postaje dominantan, jer će rješavanje problema klimatskih promjena imati za posljedicu smanjivanje pritiska na korištenje fosilnih goriva.

Financijska i administrativna rješenja koja su korištena u pokretanju primjene obnovljivih izvora, uključivala su reguliranje pozicija i financijsku potporu koja su omogućila početak njihovog korištenja. Korištene metode otvorile su niz pitanja postojeće metodologije planiranja, kao primjerice: odnose prema drugim sektorima (proizvodnja hrane), realni energetske doprinos kada se promatra cijeli ciklus, objektivni utjecaj na zaštitu okoliša, cijena obnovljive energije itd. Za povećanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora traži se novi pristup, koji će biti više ekonomski, a manje administrativno orijentiran; više tržišno determiniran, a manje subvencioniran (naravno sa znatno više financijskih sredstava utrošenih u tehnološki razvoj).

Ključna je ocjena da sadašnja tehnološka generacija uređaja i opreme nema potencijal značajnije supstitucije fosilnih goriva, pa je nužno povećati istraživanja, a posebno udružiti financijska sredstva i ljudski potencijal u realizaciji novih generacija tehnologija za korištenje obnovljivih izvora, kojima bi se utjecalo na učinkovitost i financijsku isplativost.

Električna energija

Tehnološki je razvoj, u proteklom razdoblju, najveći pritisak vršio na korištenje električne energije u bilo

kojem segmentu ljudskih potreba i djelatnosti. Takav se trend može očekivati i u budućnosti, pa će i najveći izazov naći tehnološka rješenja koja će zadovoljiti ograničenja u emisijama stakleničkih plinova u proizvodnji električne energije. Naredno razdoblje će po razvoj elektroenergetskih sustava biti višestruko izazovno iz nekoliko razloga:

1. Razvoj prihvatljivih tehnologija za proizvodnju električne energije
2. Sigurnosti dobave pojedinih primarnih izvora električne energije
3. Višestruko povećanje složenosti upravljanja elektroenergetskim sustavima u uvjetima velike zastupljenosti obnovljivih izvora i distribuirane proizvodnje malih snaga
4. Razvoj tržišta električne energije
5. Spremanje (skladištenje energije)

Promet

Promet predstavlja posebno izazovan sektor za planiranje u budućnosti. Rast prometa je kontinuiran i s visokim stopama (potrošnja goriva na razini EU-25 u razdoblju od 1990. – 2004. porasla je za 29%).³ Po razini emisija stakleničkih plinova je prvi ili drugi sektor, ovisno o strukturi proizvodnje električne energije u pojedinim zemljama. U sektoru se kontinuirano realizira tehnološki razvoj, pa su novi tipovi vozila učinkovitiji. Posljedično, prosječna godišnja stopa rasta potrošnje energije u prometu na razini EU 27 smanjila se sa 1,8 (iz razdoblja od 1990. – 2005.) na 1,4 posto (u razdoblju od 2000. – 2005.).⁴ S druge strane, raste kvaliteta prometnica kao i ekonomska moć pojedinaca, pa usprkos tehnološkom razvoju potrebe za mobilnošću pa samim time i potrošnja goriva neprestano rastu.

Problemi prometa danas su aktualni prvenstveno zbog cijena derivata nafte, a na žalost manje zbog smanjenja emisija stakleničkih plinova. Korištenje zamjenskih goriva nije značajno, a ni nove tehnologije nisu zrele za snažniju penetraciju. Primjena najčešće spominjanih biogoriva (čije uvođenje na tržište je najjednostavnije) zahtjeva temeljnu analizu nepovoljnih učinaka koje može izazvati proizvodnja biogoriva na raspoloživost i cijenu hrane, a upitna je i dodana vrijednost energije u odnosu na utrošenu energiju u proizvodnji i ukupnu emisiju CO₂ u lancu proizvodnje. Biogoriva 1. generacije nemaju dovoljnu sirovinsku osnovu za održivu zamjenu fosilnih transportnih goriva, a tehnologije biogoriva 2. generacije nisu spremne za snažniju penetraciju. Primjena novih tehnologija kao što su baterije ili gorive ćelije uvelike će ovisiti o budućem razvoju i smanjenju troškova. Korištenje prirodnog plina može donekle ublažiti ovaj problem. S druge strane, uporaba prirodnog plina u prometu predstavlja prirodnu prethodnicu korištenju vodikovih tehnologija.

U dugoročnoj viziji stanja u ovom sektoru najviše se očekuje od tehnološkog razvoja novih generacija goriva i pogonskih agregata, što se neće dogoditi tako skoro, odnosno što će se događati postupno. Razvoj hibridnih

³ Panorama of Transport, Eurostat, Edition 2007

⁴ ODEX indeks, ODYSSEE - MURE database, May 2008.

vozila, potencijal skladištenja i korištenja električne energije te napredne logistike u prometu otvaraju nove izazove planiranja.

Energetska učinkovitost

Potrošnja energije, a posebno energetska učinkovitost i kvaliteta života, rezultat su velikog broja utjecajnih faktora kao što je ekonomska snaga društva i građana, tehnološka razvijenost, povijesno nasljeđe, kultura života i slično. Kvaliteta potrošnje energije nije statična veličina nego se mijenja i rezultat je globalnih i lokalnih utjecaja.

Ako bi se za cilj energetske učinkovitosti postavilo zadovoljavanje potreba, u skladu s financijskim mogućnostima, a uz najmanju moguću potrošnju energije, može se zaključiti da se sve tri komponente definicije energetske učinkovitosti s vremenom mijenjaju:

- Potrebe za energijom će rasti s razvojem novih uređaja koje će koristiti građani i gospodarstvo, povećanjem općeg i javnog standarda te povećanjem kvalitete života. Povećanje potreba za energijom zbog porasta broja stanovnika je upitno budući da su u većini zemalja Europe trendovi negativni ili slabo pozitivni. Određeni utjecaj mogu imati migracije stanovništva, no to nije jednostavno procijeniti
- Tehnološki razvoj omogućuje korištenje novih uređaja i materijala koji za istu kvalitetu usluge trebaju manje energije
- Zakonskim mjerama i ekonomskim interesom poticati će se gradnja kvalitetnijih zgrada, radit će se revitalizacija starih zgrada, usavršavat će se vođenje procesa i organizacija rada. Može se očekivati kako će neadekvatno energetska stanje zgrada u budućnosti biti početna točka za pokretanje procesa renovacije postojećih zgrada, kao najvećih potrošača energije, ali u slučaju postojećih zgrada radi se o vremenski dugom procesu. Uvođenje energetske certifikacije zgrada može značajno utjecati na povećanje kvalitete gradnje, osuvremenjivanje postojećih zgrada te može doprinijeti smanjenju troškova kroz životni vijek zgrade. Ključni čimbenici koji će utjecati na povećanje energetske učinkovitosti su: uvođenje energetske klasifikacije zgrada, integracija obnovljivih izvora energije u zgrade, unaprjeđenje kvalitete života u zgradama, cjeloviti pristup i integriranje tehničkih, energetskih, ekonomskih, ekoloških i društvenih parametara u proces planiranja, te dugoročni pristup analizi zgrade, uzimajući u obzir cijeli životni vijek zgrade, uključujući gradnju, korištenje, održavanje, obnovu i rušenje.

Ovdje je riječ o procesima sa suprotnim djelovanjem, a prema iskustvima razvijenih zemalja komponenta rasta potreba nadjačava ostale dvije komponente. U nerazvijenim i manje razvijenim zemljama rast potreba još je izraženiji.

Realno je moguće očekivati da će povećanje energetske učinkovitosti, prije svega, utjecati na usporavanje rasta, odnosno smanjenje stope rasta potrošnje energije, kroz uvođenje novih tehnologija i postupnu zamjenu starih manje učinkovitih tehnologija. Ciljevi da se i u apsolutnom iznosu smanjuje potrošnja energije u odnosu na današnju ili onu koja se očekuje u neposrednoj budućnosti, ovisit će dijelom o

tehnološkom razvoju uređaja i materijala, a najviše o ekonomiji cijelog projekta i distribuciji troškova na državu i ostale koji predstavljaju javni interes, odnosno o poduzetniku i građaninu. Realna cijena energije, koja uključuje troškove zaštite okoliša i klime može ubrzati procese povećanja energetske učinkovitosti.

Progrese u energetske učinkovitosti potrebno je ostvariti na svim razinama tehnološkog ciklusa: proizvodnji, transportu, prijenosu, distribuciji, potrošnji i gospodarenju energijom.

Simulacija mogućih posljedica redukcije CO₂ u Hrvatskoj do 2050. godine

Ovom pilot analizom po prvi put je analizirano razdoblje iza 2030. godine. Sva dosadašnja planiranja do 2030. godine temeljila su se na end-use modeliranju, korištenjem analogije prema onome što se već dogodilo u gospodarski razvijenijim europskim zemljama i simulacijama. No, želi li se analizirati što se i kako može dugoročno učiniti ako se želi radikalno smanjiti emisije CO₂, onda takav pristup ne zadovoljava. Potrebno je primijeniti model koji ravnopravno tretira ulaganja u energetske učinkovitost, obnovljive izvore energije te klasične izvore energije pri traženju minimalnih troškova izgradnje i rada energetskog sustava, a uz postizanje traženih ograničenja u emisiji CO₂. U tom cilju je primijenjen MARKAL model.

Osnovne odrednice su 4 milijuna stanovnika u Hrvatskoj do 2050. godine te šest puta veći GDP po stanovniku, oko 30 000 USD po cijenama iz 2000. godine. Uz rast stambenog fonda pretpostavljeno je da će novogradnja biti dvostruko boljih toplinskih karakteristika u odnosu na postojeći, te da će se s vremenom još poboljšavati. Za danas postojeći stambeni fond procijenjene su buduće toplinske potrebe bez poboljšanja toplinske izolacije, jer se modelom želi utvrditi potrebna razina njezinog poboljšanja. Potrošnja energije u prometu modelirana je prema procjenama WEC-ove studije za Europu do 2050. godine, prema kojoj bi tada potrošnja energije u prometu po stanovniku bila nešto manja nego danas. U strukturi bi i tada udio derivata bio oko 70%, a oko 30% bi pokrili vodik, prirodni plin i biogoriva. Korisne energetske potrebe industrije su utvrđene prema intenzivnosti koje su u zapadno-europskim zemljama već deset godina na istoj, vrlo niskoj razini.

Prvi zaključak iz analize je da se energetska učinkovitost isplati i bez ograničenja na emisiju CO₂. Modelirano je ulaganje u poboljšanje toplinske izolacije stambenih i poslovnih objekata prema korištenju sve skupljih finalnih energenata, bez ograničenja na emisiju CO₂. Rezultat je da se do 2050. godine i bez zahtjeva za ograničenjem emisije CO₂ ekonomski isplati poboljšanje toplinske izolacije stambenog fonda i poslovnih zgrada barem za dva puta od današnje, a ako se uz to želi prepoloviti današnja emisija CO₂ iz energetskog sustava, onda toplinsku izolaciju treba poboljšati barem tri puta. Ovo dodatno poboljšanje toplinske izolacije u zgradarstvu zbog postavljenog cilja da se prepolovi današnja emisija CO₂, rezultat je u kompeticiji sa drugim mogućnostima u smanjenju emisije CO₂, ponajprije u

proizvodnji električne energije, ali i promjeni strukture finalne potrošnje energije povećanjem primjene obnovljivih izvora energije i učinkovitijih tehnologija poput toplinskih pumpi i sl.

Ukupna finalna potrošnja energije će relativno intenzivno rasti do 2030.-2035. godine (slika 1.), nakon toga će ostati na istoj razini, a u scenariju u kojem se današnja emisija CO₂ želi prepoloviti, finalna će se potrošnja prema 2050. godini i smanjiti.

Ciljevi smanjenja emisije CO₂ će imati najveći utjecaj na proizvodnju električne energije. U scenariju bez ograničenja na emisiju CO₂ ukupne bi potrebe električne energije u 2050. godini iznosile 45 TWh (slike 2. i 3.). Međutim, i u scenariju smanjenja emisije CO₂ za 30% i 50% do 2050. godine, ukupne potrebe za električnom energijom se osjetno povećavaju, kao rezultat najekonomičnijeg smanjenja emisije CO₂ povećanom penetracijom električne energije u pokrivanje toplinskih potreba, pa čak i u mobilnost. Naravno, radi se o proizvodnji električne energije gotovo bez emisije CO₂. To znači da bi se udio proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora uključujući i velike hidroelektrane, mogao povećati i do 50%, ovisno o realnoj mogućnosti te proizvodnje iz vjetra, biomase (plantažiranje) i sunca, te opće prihvatljivosti nuklearne energije na europskoj razini. Proizvodnja električne energije iz termoelektrana podrazumijeva nuklearnu energiju te termoelektrane na prirodni plin i ugljen sa tehnologijom ukapljivanja i pohranjivanja proizvedenog CO₂. Uz cilj smanjenja emisije CO₂ za 30%, ukupna potrošnja električne energije u 2050. godini bi se povećala na 60 TWh, a u scenariju smanjenja za 50% na 70 TWh (slike 4. i 5.).

Naravno, ukupne investicije u energetske sustav, uključujući instalacije kod potrošača, bi se u scenariju smanjenja emisija za 50% u razdoblju do 2050. godine kumulativno povećale za 100%.

Ovi rezultati istraživanja u pilot projektu ukazuju na nužnost detaljnih istraživanja jer ambiciozni planovi redukcija mijenjaju značajno dosadašnje poglede na razvoj energetike.

Zaključci

Na kraju se izdvajaju sljedeći zaključci:

1. Planiranje razvoja energetskeg sustava uz uvažavanje radikalnog smanjenja emisija stakleničkih plinova predstavlja novi pristup razvoju energetskeg sustava. Zbog očekivanja snažnije penetracije obnovljivih izvora i distribuirane proizvodnje modeliranje mora uključiti detaljnije analize i proračune kako bi se podigla vjerodostojnost proračuna. To će zahtijevati razvoj novih modela i njihovu integraciju, upotrebu novih informatičkih tehnologija za objedinjivanje i obradu informacija.
2. Na temelju sadašnjih tehnologija nije moguće smanjiti razinu emisija, pa su sva očekivanja usmjerena na nove generacije postrojenja, uređaja i materijala. Tehnološki razvoj predstavlja ključni čimbenik mogućih promjena energetske politike i njezinih ciljeva. Sinergija u tehnološkom razvoju (financijska i ljudska) je ključna za uspjeh nove politike.
3. Velika redukcija stakleničkih plinova mijenjat će odnose u energetskeg sustavu. Za očekivati je značajno povećanje potrošnje električne energije, iz

razloga što će biti jednostavnije rješavati problem emisija u tim proizvodnim objektima, nego u pojedinačnim objektima u domaćinstvima, uslužnom sektoru i industriji.

4. Nova energetska politika će zahtijevati znatno višu razinu cijena zbog uključivanja troškova zaštite klime i okoliša na razini globalnih i lokalnih ciljeva te troškova tehnološkog razvoja, u cijenu energije. Može se očekivati povećanje i do 100%
5. Snažnija penetracija obnovljivih izvora nije moguća na temelju poticaja i stvaranja dvostrukog tržišta, poticanog i otvorenog, nego na temelju jedinstvenog otvorenog tržišta u kojem će realna ekonomija generirati samoregulirajuće mehanizme ostvarivanja ciljeva energetske politike.
6. Na razini država mora se uspostaviti sustav objektivnog mjerenja i financijskih sankcija za prekoračenje emisija stakleničkih plinova, prema realnim troškovima smanjenja emisija.
7. Odnos javnosti prema uspjehu nove energetske politike koja treba omogućiti smanjenje emisija, posebno u odnosu na nuklearnu energiju i sustave za izdvajanje i odlaganje CO₂, od naročite su važnosti za njen uspjeh.
8. Sigurnost opskrbe je posebna dimenzija planiranja s obzirom na geografsku rasprostranjenost primarnih izvora energije i na rizike u dobavi energije. Optimiranje rizika je neophodno, kao i uključivanje troškova sigurnosti u cijenu energije.
9. Ograničeno vrijeme za velike promjene je najveći rizik ambicioznih planova promjene energetske politike i radikalnog smanjenja CO₂ i ostalih stakleničkih plinova.
10. Dostupnost informacija u tržišnom okruženju (pro-turječnost jer se s jedne strane zagovara tržišna utakmica, a s druge strane se očekuje dodatni napor u zajedničkom razvoju i istraživanju te dijeljenju znanja i resursa).



Autori:

Dr. sc. **Goran Granić**, Energetski institut Hrvoje Požar

Mr. sc. **Damir Pešut**, Energetski institut Hrvoje Požar

Dr. sc. **Helena Božić**, Energetski institut Hrvoje Požar

Robert Bošnjak, dipl. ing., Energetski institut Hrvoje Požar

Željka Hrs Borković, dipl. ing., Energetski institut Hrvoje Požar

Mr. sc. **Željko Jurić**, Energetski institut Hrvoje Požar

Mr. sc. **Ana Kojaković**, Energetski institut Hrvoje Požar

Mr. sc. **Biljana Kulišić**, Energetski institut Hrvoje Požar

Igor Novko, dipl. ing., Energetski institut Hrvoje Požar

Dino Novosel, dipl. ing., Energetski institut Hrvoje Požar

Hrvoje Petrić, dipl. ing., B.Sc., Energetski institut Hrvoje Požar

Mr. sc. **Mario Tot**, Energetski institut Hrvoje Požar

UDK: 620.9 : 339.1/.4 : 330.1 : 504

620.9	energetika
339.1/.4	tržište, ponuda, potražnja
330.1	ekonomika, gospodarstvo
504	ekologija, zaštita okoliša