

Damir Karavidović, dipl. ing. el.  
[damir.karavidovic@gmail.com](mailto:damir.karavidovic@gmail.com)

## ENERGETSKA EVOLUCIJA I NJEN UTJECAJ NA DISTRIBUCIJSKI SUSTAV

### SAŽETAK

Za energetska i klimatska budućnost planete Zemlja, dva su povezana procesa od presudne važnosti: neodrživa emisija CO<sub>2</sub> s tragičnim klimatskim promjenama i snažna potrošnja fosilnih goriva s ograničenim rezervama i resursima. Početak globalnih dogovora o strategiji zaštite klime počeo je 1990. godine da bi se, na nezadovoljavajućim rezultatima i izazovu savjesti čovječanstva, početkom prosinca 2015. godine u Parizu, održala 21. Konferencija stranaka Okvirne konvencije UN-a o klimatskim promjenama. Zaključci konferencije o povećanju razine smanjenja emisije CO<sub>2</sub> i udjela obnovljivih izvora energije u odnosu na 1990. godinu, znače novu dionicu u obrani klimatskih ciljeva.

Potica i polazno motrište referata je promjena politike zaštite klime planete uz koje se, nezaobilazno, zahtjeva drastično povećanje udjela proizvodnje električne energije iz OIE u pokrivanju bruto potrošnje. Takve okolnosti smatraju se energetska evolucijom, a ona pak donosi brojne izazove pred pogon distribucijskog sustava u nezabilježnim uvjetima. Tom izazovu mora se odgovoriti inovativnošću pri uspostavi novog distribucijskog sustava, a u korist održivosti sustava i interesa njegovih korisnika.

**Ključne riječi:** emisija, pohrana, klima, obnovljivi izvori energije, udjel, energetska evolucija, distribucijski sustav, napredna mreža, napredna distribucija.

## THE ENERGY EVOLUTION AND ITS IMPACT ON THE DISTRIBUTION SYSTEM

### SUMMARY

For energy and climate future of the planet Earth, there are two related processes is crucial: unsustainable CO<sub>2</sub> emissions from the tragic climate change and strong consumption of fossil fuels with limited reserves and resources. Start global agreement on climate protection strategy started in 1990 in order to, on the unsatisfactory results and challenge the conscience of mankind, in early December 2015 in Paris, held on the 21st Conference of the Parties United Nations Framework Convention on Climate Change. The conference conclusions on increasing the level of CO<sub>2</sub> emission reduction and renewable energy in relation to 1990, mean a new share in the defense of the climate goals.

Boost the starting point of view of the paper's policy change to protect the planet with a climate that is inevitable, requires a drastic increase in the proportion of electricity produced from renewable energy to cover the gross consumption. Such circumstances are considered to be the energy evolution, and she in turn brings many challenges to drive the distribution system in an unprecedented conditions. This challenge must be answered innovation in establishing new distribution system, and in favor of the sustainability of the system and the interests of its users.

**Key words:** emissions, storage, climate, renewable energy, equities, energy evolution, distribution system, smart grid, smart distributed.

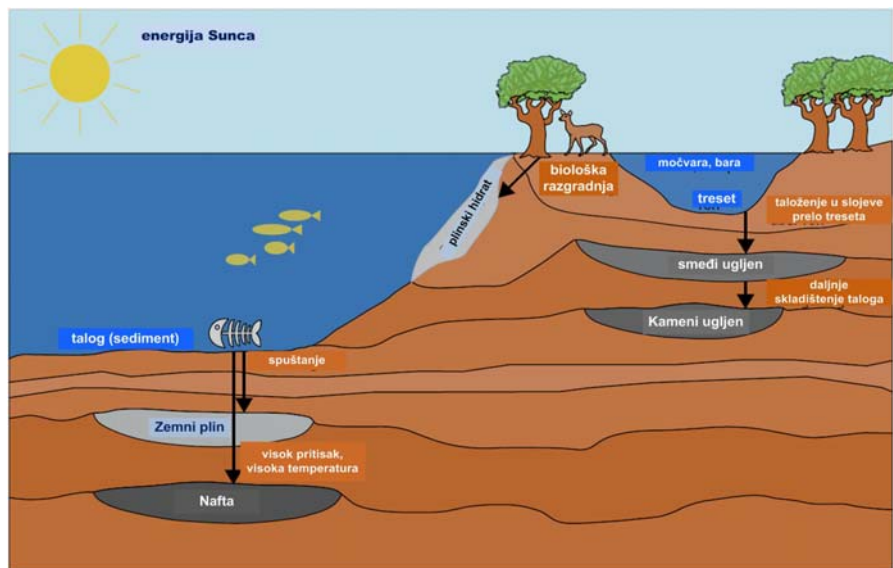
## 1. UVOD

### 1.1. Početak svake priče o obnovljivim izvorima energije – emisija CO<sub>2</sub>

Neki prirodni procesi iz davne prošlosti planete Zemlja i narušenost njihove ravnoteže u sadašnjosti postaju od presudne važnosti za budućnost života plavog planeta. Mislimo na čudotvorne procese:

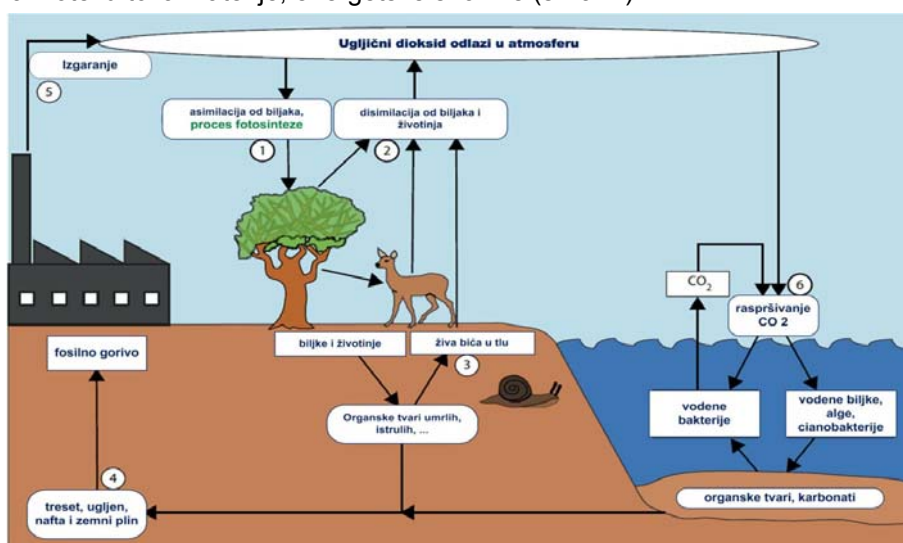
- fotosinteze,
- stvaranje fosilnih goriva i
- tok izmjene ugljičnog dioksida CO<sub>2</sub>.

Sunčev sustav i prirodni procesi na Zemlji, osmislili su čudesni proces između života i stvaranja primarnih energenata za život čovjeka (slika 1.).



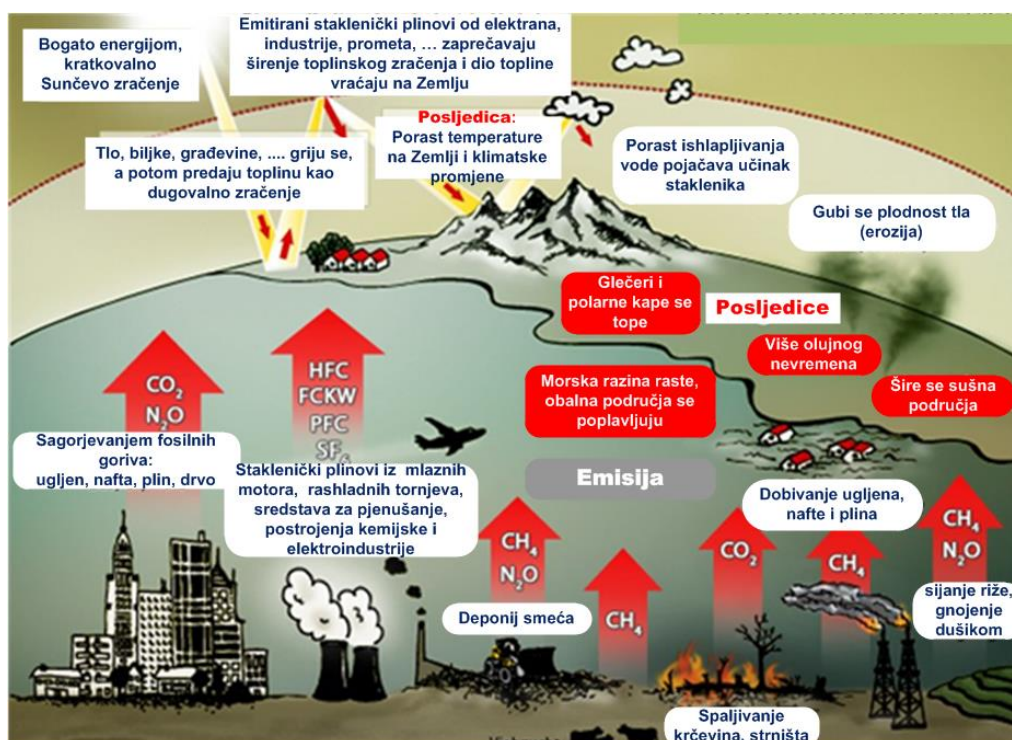
Slika 1. Pojednostavljeni prikaz milenijskog procesa stvaranja fosilnih goriva - primarnih energenata.

Suprotno tijeku njihovog prirodnog nastajanja, fosilna goriva se u kratkom vremenu troše. Tako se količina nafte koju je prirodni proces stvarao i pohranio tijekom tri milijuna godina, danas potroše unutar jedne godine. Tako je stanje rezervi i resursa na izmaku. U jednom nedimutom, besporočnom ekološkom sustavu odvija se zatvoreni tok CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>. Sudionici, proizvođači (1), potrošači (2) i uništavači (3) održavaju ravnotežu toka materije, energetske sirovine (slika 2.).



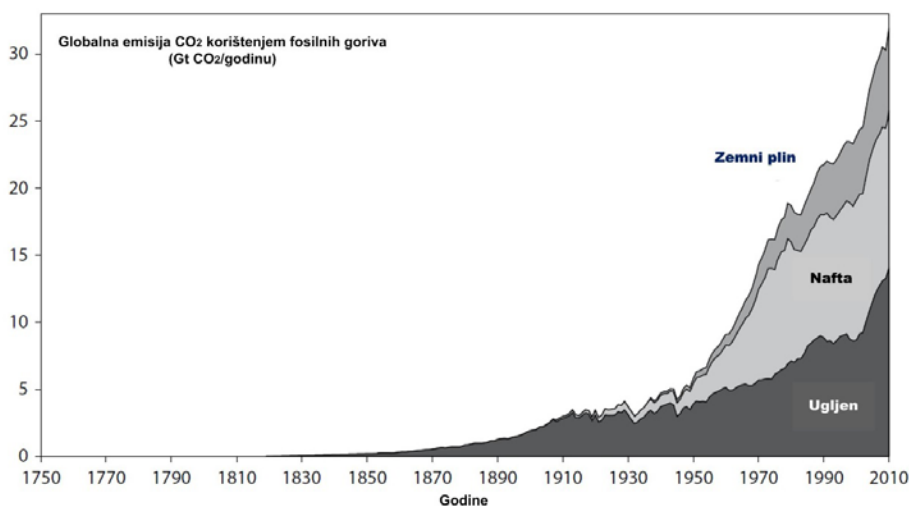
Slika 2. Kružni tok ugljika zajedno s dijelom nastalim u procesu korištenja fosilnih goriva [1].

Fosilna energija nastaje korištenjem CO<sub>2</sub> iz atmosfere. Spaljivanjem fosilnih goriva ovaj CO<sub>2</sub>, uskladišten izvan kruga kretanja ugljika, poslije milijun godina ponovno dospijeva u atmosferu. Na kraju je time krug kretanja ugljika ponovno zatvoren. Ono što smeta klimu, jest ekstremno visoka emisija stakleničkih plinova, koju ekosustav u vrlo kratkom vremenu, od nekoliko stotina godina, ne može preuzeti. Učinci emisije stakleničkih plinova su višestruki, međusobno uzročno – posljedično prožeti (slika 3.).



Slika 3. Učinci emisije stakleničkih plinova uzrokovani različitim procesima na planetu [2]

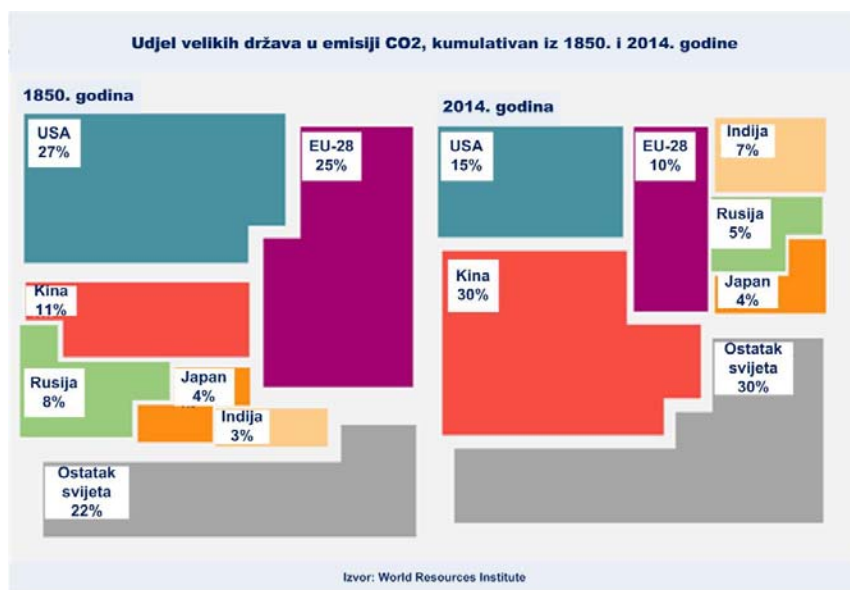
Korištenjem fosilnih goriva u energetske sektoru u posljednjih stotinu godina, od kojih je dominantno razdoblje od 1960. godine do danas, značajno se povećala globalna emisija CO<sub>2</sub> (slika 4.), a time i onaj dio koji nije preuzet procesom fotosinteze i od strane vodenih masa na planeti, koji je ostao u atmosferi.



Slika 4. Tijek povećanja emisije CO<sub>2</sub> korištenjem fosilnih goriva s posljedicom klimatskih promjena [1].

Praćenje i procjene emisije ugljičnog dioksida CO<sub>2</sub> nisu od jučer, ona imaju svoju povijest od sredine 19. stoljeća pa je zanimljivo usporediti tadašnje velike državne tvorevine kao uzročnike emisije s emisijom koja im se pridružuje za 2014. godinu (slika 5.).

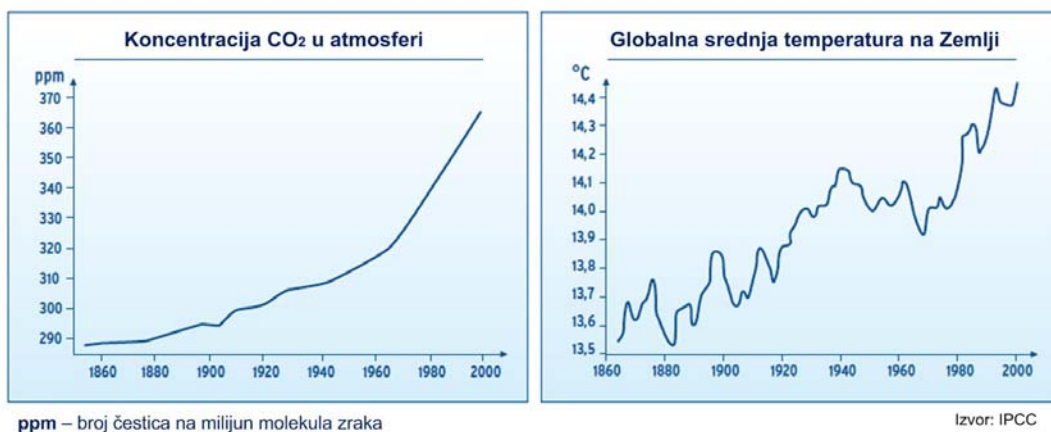
Prepoznatljiv je „primat“ SAD-a u prošlosti, a Kine u sadašnjosti kao i smanjenje udjela Europe danas u odnosu na prijašnje vrijeme.



Slika 5. Usporedba država najvećih uzročnika emisije CO<sub>2</sub> kroz povijest do danas.

## 1.2. Posljedice emisije stakleničkih plinova

Neuravnotežene količine CO<sub>2</sub> uzrokuju antropogene promjene klime koje se pokazuju kroz promjene temperature na Zemlji. Neporeciva je uzročno posljedična veza između ovih veličina (slika 6.).



Slika 6. Povezanost koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi i temperature na Zemlji.

Obuzdavanje emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu jest temeljni cilj poznatog Kyoto protokola koji je u provođenju pokazao prepoznatljive nedostatke klimatske politike u dijelu primjene, a ponajviše zato što se temelji na administrativnim rješenjima, razjedinjenosti provođenja između sektora i nejednakosti u obvezi i zalaganju država. Svi nedostaci zajedno, umanjili su ukupne učinke klimatske politike što se negativno odrazilo na zaštitu klime i dovelo do daljnjeg pogoršanja globalnog klimatskog stanja planete. Svijet je pak pokazao savjest za stanje planete u Parizu, u prosincu 2015. godine, kada je održana **21. Konferencija stranaka Okvirne konvencije UN-a o klimatskim promjenama**. Ova konferencija sa usvojenim zaključcima označit će ključnu etapu u pregovorima oko budućeg međunarodnog sporazuma koji će stupiti na snagu 2020. godine.

EU, kao jedan od najvećih proizvođača emisije CO<sub>2</sub> od koje dolazi do klimatskih promjena, savjesno je odgovorila stanju pa se u siječnju 2014. godine raspravljalo o prijedlozima promjene klimatskih ciljeva, iznesenih u Bijeloj knjizi, kod kojih su značajno postroženi ciljevi do 2030. g.. Potkraj 2014. godine, EU je nakon prijeporne rasprave usvojila novi okvir klimatske i energetske politike koji podrazumijeva: **do 2030. godine smanjenje emisije stakleničkih plinova za najmanje 40 % i povećanje udjela obnovljivih izvora energije na 27% u odnosu na 1990. godinu**. Na skupu u Parizu, EU je nastupila s prijedlogom promjene obvezujuće razine smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u odnosu na 1990. godinu i to:

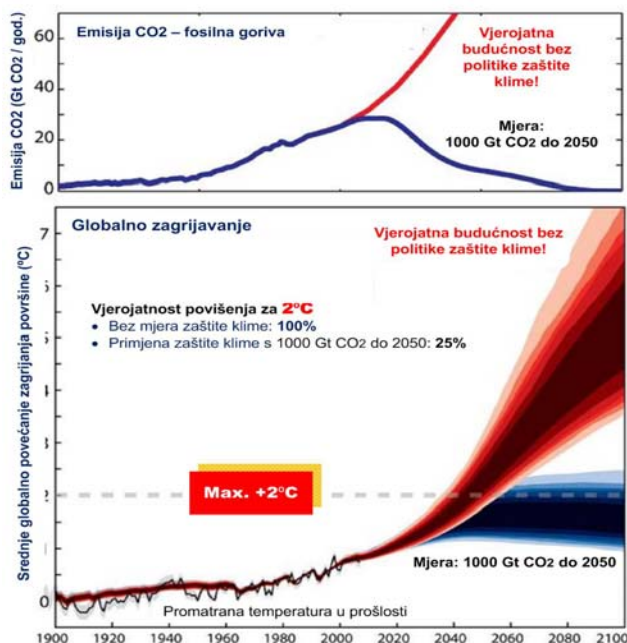
- **do 2020. godine – 30% smanjenje emisije štetnih plinova u odnosu na 1990. godinu** i



- **do 2030 godine - 40%** smanjenje emisije štetnih plinova u odnosu na 1990. godinu.

Ovaj cilj odražava europske ambicije da većinu svjetskih zemalja potakne na suočavanje s globalnim klimatskim izazovom. EU je iskazala političku volju za promjenama pa se problem s utvrđivanjima cilja prebacuje na **izbor mjera s kojima bi se provela nova klimatska politika**. Naravno, 2030. godina samo je korak u postizanju ciljeva smanjenja emisija CO<sub>2</sub> do i nakon 2050. godine.

Prije konferencije razvijene zemlje su proučavale mogućnost postavljanja cilja globalne provedbe mjera koje **jamče ograničenje porasta prosječne temperature na planeti do kraja 21. stoljeća za 2° C, a ne za 4° C**, kakva je prijetnja sadašnje stanje emisije, a o povećanju iznad 4° C strah je pomisliti (slika 7.).



Slika 7. Globalno povišenje zagrijanosti površine planete uzrokovano emisijom CO<sub>2</sub>

To je bila i temeljna tema rasprava na narečenoj konferenciji, gdje je čak 195 zemalja prihvatilo smanjiti emisije stakleničkih plinova kako bi se zaustavile opasne klimatske promjene, a svoje prihvaćanje potvrdile potpisom sporazuma. Dakako, gledajući pojedinačne interese svijet je podijeljen (proizvođači fosilnih goriva - sudionici u rastućim tržištima obnovljivih izvora energije), no planeta je jedna i zajednička pa time i interesi za održivim životom.

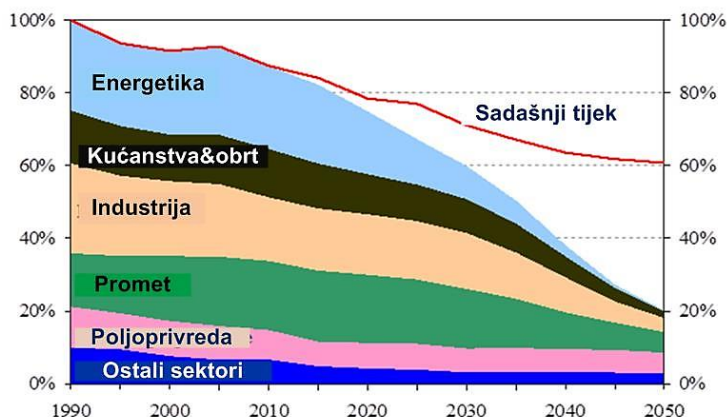
Svijet se u Parizu, izazovom savjesti, opredijelio za višu razinu zaštite klime, što je podržano i od same industrije fosilnih goriva koja će, jamačno, osjetiti održivi razvoj i ekološki prihvatljivo djelovanje ove politike. Na pariškoj konferenciji, članice UN-a odlučili su kroz ugovor o zaštiti klime za razdoblje **od 2020 godine do 2050** godine ostvariti slijedeće ciljeve:

1. Ograničiti povećanje globalne prosječne temperature do kraja stoljeća ispod 2 stupnja, ako je moguće na 1,5° C (u odnosu na 1850. godinu),
2. U najkraćem roku provesti djelotvorne pothvate trajnog učinka za smanjenje emisije stakleničkih plinova, tako da se u drugoj polovici ovog stoljeća planet približi stanju bez emisije,
3. Uspostaviti poticajan i djelotvoran sustav financiranja troškova smanjenja emisija kako novac ne bi bio razlog za neostvarenje cilja uz promicanje klimatski otpornog razvitka i
4. Počam od 2020. godine, svakih pet godina države će utvrđivati planove zaštite klime, koji moraju biti takvi da zadovoljavaju obvezujuće načelo trajne ambicioznosti. Izvješće o emisijama stakleničkih plinova svake zemlje mora odgovarati stvarnom stanju kao i provedivost novog plana.

Kako bi se **globalno zatopljenje zadržalo na razini ispod 2°C**, potrebno je sve razvijene i zemlje u razvoju, obvezati općim sporazumom o mjerama za postignuće ciljeva (prvi put). Bez primjene radikalnog odnosa prema smanjenju emisije CO<sub>2</sub>, globalno povećanje temperature na Zemlji do 2050 g, za 2°C će se bez dvojbe dogoditi, vjerojatnost je 100%. Radikalan odnos znači primjenu takvih mjera za smanjenja emisije koje će, iskazano brojkama, značiti: **1000 Gt CO<sub>2</sub> /godinu do 2050. godine**.

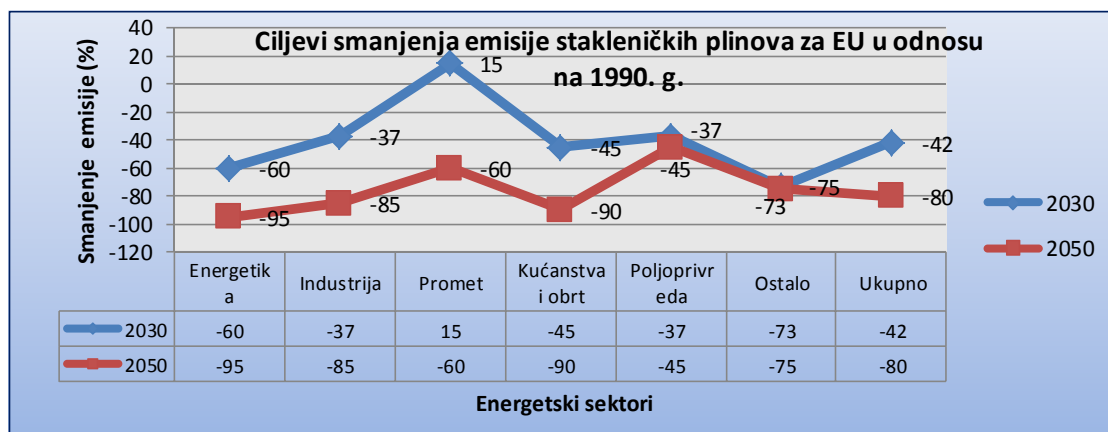
Takvim bi se mjerama značajno smanjila vjerojatnost globalnog povišenja zagrijanosti površine planete za još 2°C, odnosno za katastrofičnih 4 °C (vjerojatnost: 25%).

Politika zaštite klime u EU do 2050. godine polazi od potrebe smanjenja emisije CO<sub>2</sub> za 80% naspram emisije iz 1990. godine, ali s jednim, bezuvjetnim zahtjevom: usklađenost ostvarenja između svih sektora velikih proizvođača CO<sub>2</sub> (slika 8.).



Slika 8. Politika zaštite klime u EU do 2050. godine – drastično smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u svim sektorima.

Naime, u odnosu na udjele sektora u referentnoj 1990. godini, kod nekih se do 2012. dogodilo čak povećanje (promet) ili neznatno smanjenje (energetika, kućanstvo, obrt). Zato se novi prijedlog EU za razdoblje do 2050. godine naziva: **prijelaz s politike 20:80 na politiku 80:20.**, a po sektorima obveze smanjenja stakleničkih plinova na razini EU su vrlo različite (slika 9), no ipak za svaki sektor su značajne.

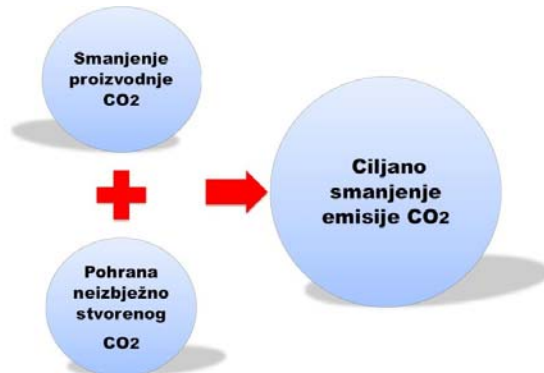


Slika 9. Ciljevi smanjenja emisije u EU po sektorima do 2030 i 2050, a u odnosu na 1990. godinu

Glavni ciljevi nove politika EU zaštite klime s 2050. godinom, u odnosu na 1990. godinu su:

1. **Potrošnja energije** - smanjenje emisije CO<sub>2</sub> do 2050. godine **pri potrošnji energije za najmanje 80%.**
2. **Proizvodnja električne energije** - smanjenje emisije CO<sub>2</sub> do 2050. godine **pri proizvodnji električne energije za najmanje 95%.**

Kako ostvariti glavne ciljeve nove politika zaštite klime (slika 10.)?

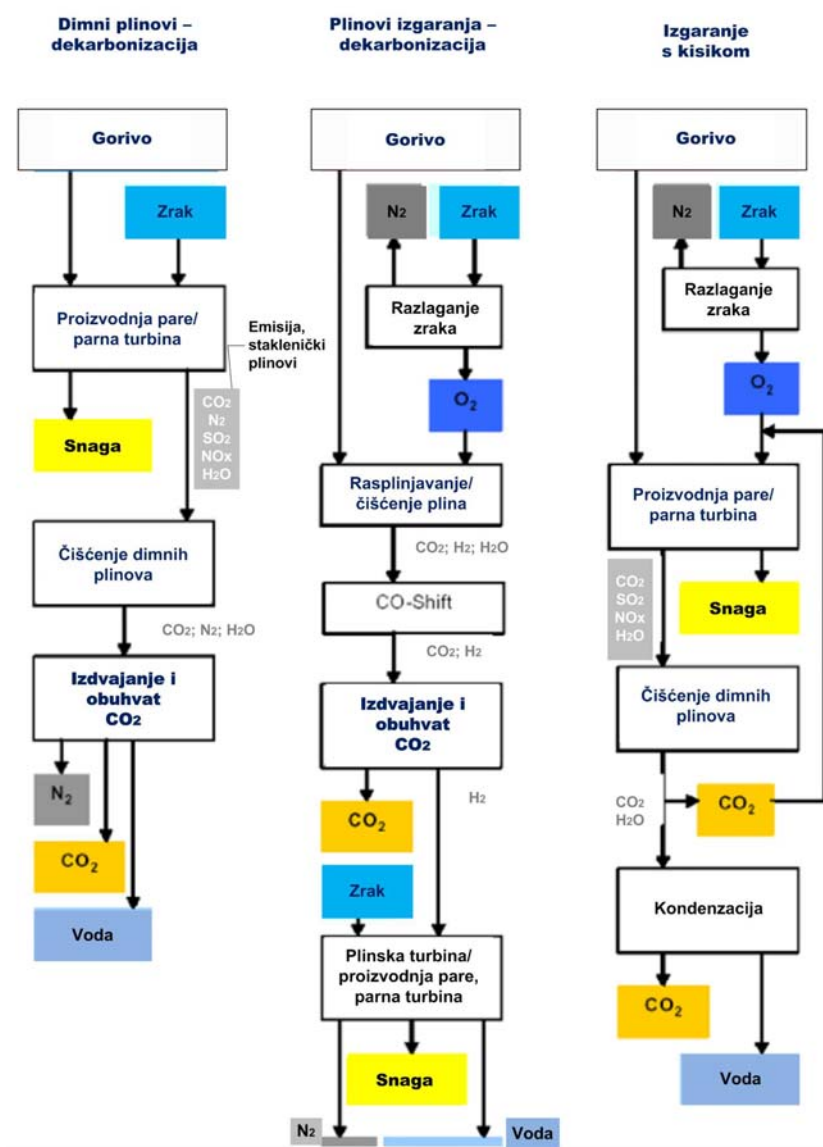


Slika 10. Dva doprinosa ostvarenju ciljanog smanjenja emisije CO<sub>2</sub>

Iz slike se čini da je odgovor na pitanje kako ostvariti glavni cilj nove politika zaštite klime jednostavan. Smanjiti proizvodnju CO<sub>2</sub> uz proizvodnju energije, neizbježno proizvedenoj količini CO<sub>2</sub> ne dopustiti odlazak u atmosferu već je uхватiti i pohraniti kao plin. Ta dva koraka se dalje razrađuju u načine za ostvarenje ciljeva:

1. **Usklađena klimatska politika** - uspostaviti jednoznačnu klimatsku politiku u kojoj su energetska učinkovitost i obnovljivi izvori kameni temeljci te politike,
2. **Sudjelovanje svih sektora u provedbi klimatskih politika** - smanjiti energetske potrebe svih sektora povećanjem energetske učinkovitost u cijelom tehnološkom procesu,
3. **Primjena tehnologije izdvajanja i pohrane CO<sub>2</sub> u prirodne spremnike** - postojeću proizvodnju iz fosilnih goriva zamjenjivati proizvodnjom izvora obnovljive energije, a kod preostale neizbježne razine problem emisije CO<sub>2</sub> riješiti primjenom CCS tehnologija,
4. **Održivo povećanje udjela obnovljive energije** - nove potrebe za energijom podmirivati povećanjem proizvodnje bez ili s minimalnim emisijama CO<sub>2</sub>, dakle, uporaba obnovljivih izvora energije.

Primjena postupka obuhvata i pohrane neizbježno stvorenog CO<sub>2</sub>, CCS tehnologija (CO<sub>2</sub> Capture and Storage), značajno bi smanjila emisiju stakleničkih plinova u atmosferu. Ostvarenje i komercijalizacija ove tehnologije je veliki svjetski izazov i nada za kontrolu utjecaja na klimatske promjene. Danas se razvija više tehnologija postupka izdvajanja CO<sub>2</sub> (slika 11.) u postupcima njegovog stvaranja.



Slika 11. Primjeri tehnologije za obuhvat i izdvajanje neizbježno stvorenog CO<sub>2</sub>

Kako je proizvodnja električne energije korištenjem fosilnih goriva veliki proizvođač stakleničkih plinova, napose CO<sub>2</sub>, postizanje cilja  **smanjenja emisije CO<sub>2</sub> pri proizvodnji električne energije** ostvarivo je:

- smanjenjem količine neizbježne proizvodnje CO<sub>2</sub>,
- obuhvatom neizbježno proizvedenog CO<sub>2</sub> i njegovim pohranjivanjem i
- nadomještanjem proizvodnje iz izvora s fosilnim gorivom, iz izvora obnovljive energije.

Obveza smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu traži inovativne tehnološke procese, a da bi se oni primijenili također i njihovo financiranje. Zato se razrađuje i predlaže novi sustav financiranja od uvođenja posebnog poreza na proizvodnju CO<sub>2</sub> do poreza za korištenje energije proizvedene iz fosilnih goriva. tržište energije bilo bi oslobođeno intervencija na cijene i obveznosti prihvata proizvodnje obnovljivih izvora energije [2].

Sredstva bi se potom koristila za sustav financijske potpore i to, isključivo na investicijskoj potpori projektima koji podržavaju dostizanje cilja. Koncept se zasniva na Fondu za zaštitu okoliša koji bi prikupljao naknadu za CO<sub>2</sub> i raspodjeljivao sredstva u obliku investicijske potpore, primjerice na način:

- projekti OIE dobivaju potporu, već prema njihovu doprinosu smanjenju emisije CO<sub>2</sub>, neovisno o tehnologiji, a potiče se razvoj novih i unapređenje postojećih tehnologija,
- projekti energetske učinkovitosti u zgradarstvu, industriji i prometu također dobivaju potporu ovisno o doprinosu smanjenja emisija.
- financijski se potiče razvoj i primjena naprednih mreža, naprednog mjerenja, upravljanja potrošnjom električne energije i pohrana električne energije iz OIE.

Koliko će uvođenje ovog poreza povećati cijene energije ovisi i o tome koliko je postojeći sustav povećao cijene kroz različite naknade (feed-in tarife) za OIE. Troškovi za energiju neće rasti izravno proporcionalno rastu cijena energije, jer će povećanje energetske učinkovitosti utjecati na smanjenje potrošnje energije.

### 1.3. Zaključno uz pothvate smanjenja emisije CO<sub>2</sub>

Temeljni razlog utvrđivanja novog klimatsko energetskog okvira EU i onda njegovo prenošenje u svjetske okvire i obrnuto, je očita promjena klime, odnosno porast temperature na Zemlji, a glavni krivac porasta temperature i globalnog zatopljenja jest emisija stakleničkih plinova.

Glavni cilj dokumenta Europske komisije ("A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030"), iz siječnja 2014. godine, razvoj je **niskougljičnog gospodarstva Europske unije** u dugoročnom razdoblju (prvi vremenski okvir 2050. godina). Temeljne obveze koje iz njega proizlaze do 2030. godine (u odnosu na 1990. godinu) su:

- **smanjiti emisije svih stakleničkih plinova za 40 %**,
- **povećati udjel obnovljivih izvora energije** u neposrednoj potrošnji na **najmanje 27 %**,
- snažnije i neizostavno **provoditi mjere energetske učinkovitosti** i
- reformirati sustav trgovanja emisijskih jedinica stakleničkih plinova.

Osamdeset posto emisija stakleničkih plinova potječe iz 15 država, s tim da su vodeće među njima Kina i SAD, a slijedi ih EU-28 (vidi sliku 5.). Zato se konačni cilj zadaje ostvariti s većim opterećenjem onih razvijenih pa se tako kod njih traži od 80 do 95 %, a kod država u razvoju do 35 %.

Države EU se moraju posvetiti smanjenju emisije stakleničkih plinova za 40 posto do 2030. godine, za što je, prije drugog, prijeko potrebno provesti strukturne promjene u energetskom sektoru kao što je:

- značajan porast energetske učinkovitosti u svim tehnološkim procesima,
- smanjenje prosječnih gubitaka energije u zgradama na 30 kWh/m<sup>2</sup>,
- značajan porast udjela OIE u podmiranju potreba za električnom energijom,
- korištenje CCS tehnologije u proizvodnji električne energije i u industriji,
- korištenje biomase u kućanstvima i sustavima daljinskog grijanja,
- do 2050. godine korištenje 50% električnih automobila, u teretnom prometu CNG i elektrovoća te
- korištenje biogoriva u prometu preko 80% i
- promjene sustava trgovanja emisijama (ETS-a), odnosno, smanjiti emisije na jeftiniji način.

Europski put prema konkurentnom niskougljičnom gospodarstvu pretpostavlja da bi do 2050. godine emisije trebale biti manje za čak 80 posto. Postoje različiti scenariji kako to ostvariti, uz glavne pretpostavke kao što su napredak u istraživanju i razvoju te u tehnologiji, dekarbonizacija prometa, CCS tehnologija i prihvaćanje u javnosti cjelovitog procesa.

Međutim, postoje i nepoznanice pri čemu jedna od njih ima veliko značenje: uspjeh globalnog dugoročnog dogovora s konferencije iz 2015. u Parizu,



Ostvarenje budućih klimatskih ciljeva vezanih za smanjenje emisije stakleničkih plinova, napose CO<sub>2</sub>, koja izaziva tragične klimatske promjene, a kroz pothvate u proizvodnji i potrošnji energije, jest **energetska evolucija** koju se mora podržati održivim načinima u svim energetske sektorima pa i u elektroenergetici.

#### 1.4. Raspoloživost fosilnih goriva

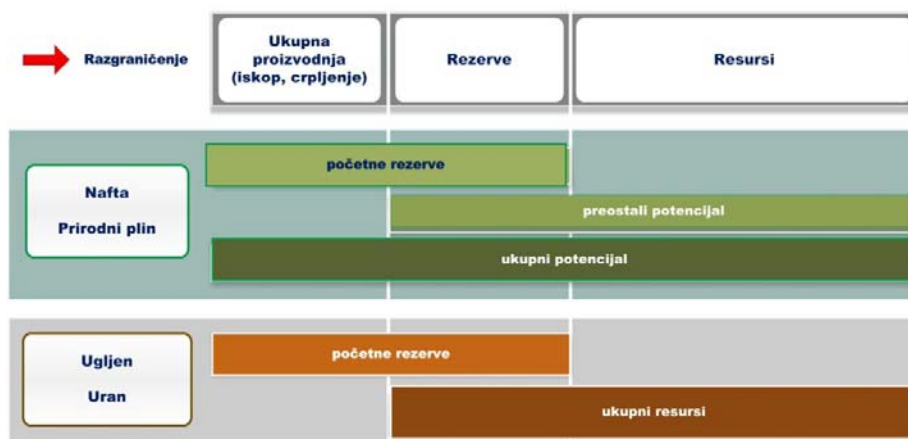
Drugo obilježje života na planeti Zemlja jest ograničenost zaliha fosilnih goriva, a što je ozbiljno upozorenje i što također traži odgovor za energetske budućnost čovječanstva. No, tu se često u tumačenju podataka nedovoljno razumije pojmove: rezerva – resurs – preostali potencijal pa ih valja protumačiti (slika 12.).

**Rezerva**, dokazana, za trenutačne cijene i sa sadašnjom tehnologijom korištenja gospodarski isplativa količina sirovih energenata koje izvorno čini zbroj: dosadašnje ukupne proizvodnje (potrošnje) i preostale količine.

**Resursi**, dokazano postojanje, ali trenutno tehnički i/ili gospodarski nije isplativo korištenje, odnosno, nije dokazano postojanje, ali postoje geološke pretpostavke i u budućnosti mogućnost isplativosti korištenja raspoloživih količina sirovih energenata.

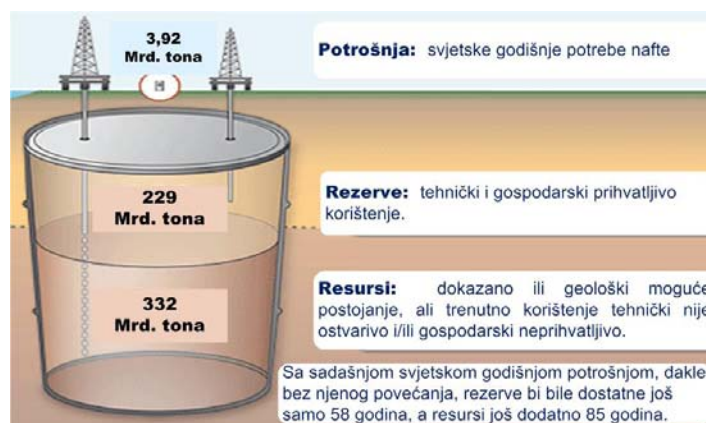
**Preostali potencijal**, jest zbroj rezervi i resursa nekog fosilnog goriva.

Vidimo kako postoje značajne razlike između rezervi i resursa fosilnih goriva, a to znači i razlike između dokazanog i pretpostavljenog postojanja, odnosno između komercijalno isplativog i s današnjeg motrišta neisplativog iskorištavanja.



Slika 12. Razgraničenje pojmova rezerva – resurs i okvirni vrijednosni odnosi za fosilna goriva

Za ocjenu vremena raspoloživosti rezervi nekog fosilnog goriva bitan je **odnos količine rezervi (Gt) i količine godišnje potrošnje (Gt/godina)**. Promatra li se to pak u vremenskom kontekstu, uzimajući u obzir današnju godišnju potrošnju, rezerve fosilnih goriva stvarane milijardama godina svode se na razinu od nekoliko stotina godina proizvodnje u uporabni oblik. Sva tri bitna podatka za naftu zorno nam prikazuje slika 13.

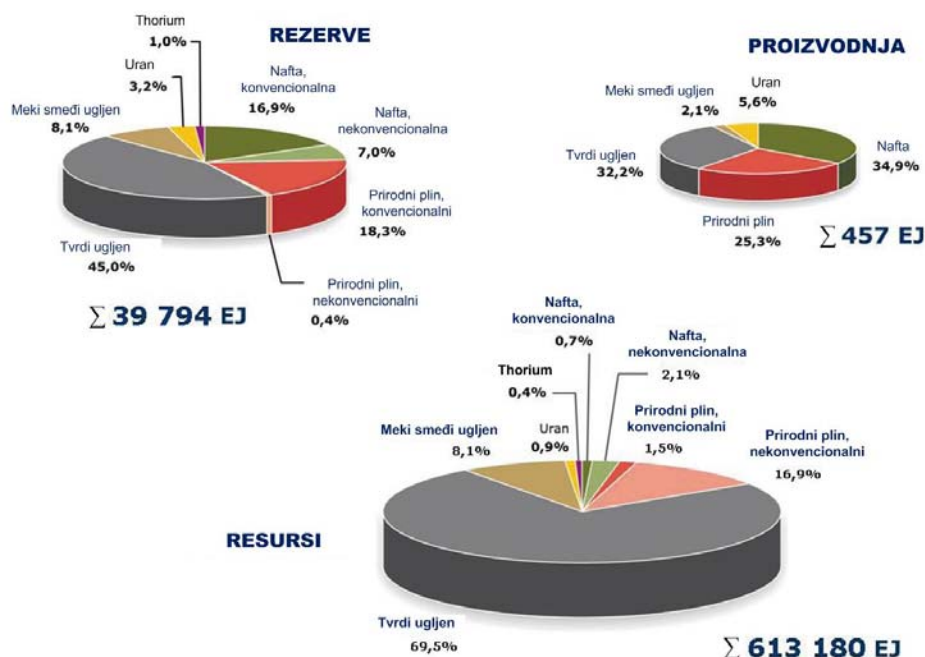


Slika 13. Rezerve, resursi i potrošnja nafte na svjetskoj razini

Iz podataka sa slike lako se izračuna kako će sa sadašnjom godišnjom potrošnjom rezerve nafte trajati samo 58 godina, a resursi će njeno korištenje, naglašavamo pod današnjim uvjetima, produžiti za još 85 godina ili preostali potencijal nafte će se moći iskorištavati 143 godine. Smanjenje potrošnje energije i njeno učinkovito korištenje ponešto bi produžilo taj suživot čovjeka i nafte, ali ipak je kraj na vidiku.

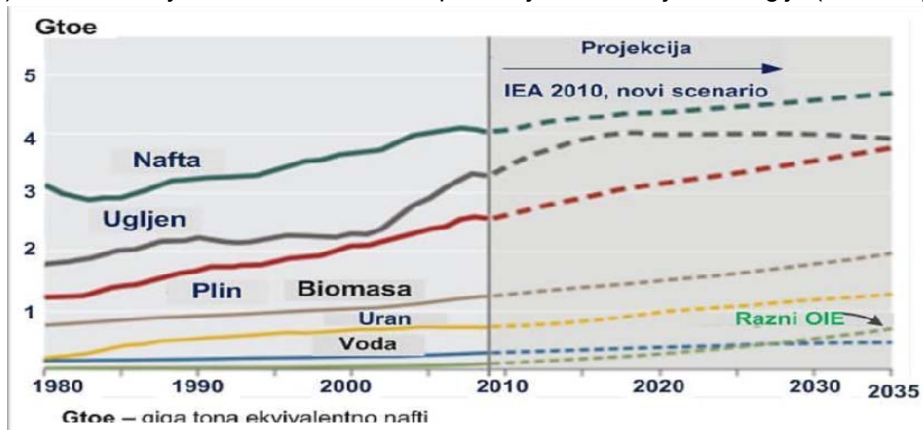
Iscrpljivanje prirodnih izvora fosilnih goriva ima za posljedicu rast cijene, ali i gorje od toga, ucjene i ratove za rezerve i resurse. Svjetske rezerve i resursi različitih fosilnih goriva, od nekih vrsta i nekonvencionalnih (npr. nafta škriljevci), u odnosu na njihovo iskorištavanje kroz proizvodnju uporabnih oblika, govori (slika 14.) o dugoročnoj neodrživosti oslanjanja na njihovu energiju raspoloživu u rezervama i to:

- ♦ ugljen - 112 godina,
- ♦ prirodni plin - 68 godina i
- ♦ nafta - 58 godina.



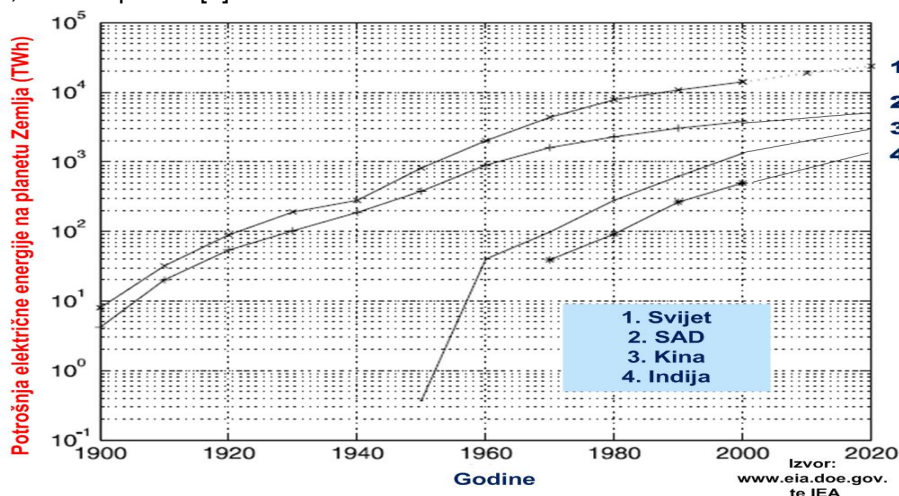
Slika 14. Svjetske rezerve i resursi fosilnih goriva u odnosu na njihovo iskorištavanje – rezerve, ne dugo

Za ocjenu ugroženosti energetske budućnosti, napose elektroenergetske, utemeljene na fosilnim gorivima presudan je odnos rezervi i današnje te buduće potrošnje svake pojedine vrste. Podatci o potrošnji u 2010. godini i istraživanja čimbenika koji utječu na potrošnju do 2035. godine (Međunarodna energetska agencija IEA) pokazuju nezaustavljiv rast potrošnje za naftu, plin i uran, a postupni pad za ugljen (utjecaj na cijenu troškova za CO<sub>2</sub>). S druge pak strane, nedvojben je i rast potrošnje obnovljive energije (OIE), ali sa značajno blažim trendom od potrošnje neobnovljive energije (slika 15.).



Slika 15. Procjena porasta svjetske potrošnje neobnovljive i obnovljive energije – niz loših posljedica

Potrošnja električne energije pak, a time i njena bruto proizvodnja, ne bilježe pad već i dalje rast, što pokazuju mjerodavni podatci od jučer, danas, a procjene govore i za sutra (slika 16.). Tijek porasta na cijeloj planeti jest nešto usporen, kao i u SAD-a, no zato je u Kini i Indiji, zemljama s najvećim rastom gospodarstva, mahnuti porast [3].



Slika 16. Potrošnja električne u svijetu i velikim nacionalnim gospodarstvima jučer - danas - sutra

Današnji trendovi (2000. do 2020. godina) rasta potrošnje određuju i odluke o gradnji novih izvora pa opredjeljenje za zaštitu klime kroz smanjenje emisije stakleničkih plinova, dopušta samo izabrati između rasta udjela obnovljivih izvora energije i novog programa izgradnje nuklearnih elektrana. Odluci o praćenju porasta potrošnje izgradnjom klasičnih elektrana na fosilna goriva pa čak i s tehnologijom smanjene emisije stakleničkih plinova, suprotstavlja se konačnost raspoloživih rezervi fosilnih goriva.

**Stanje rezervi mora zabrinjavati Čovječanstvo**, jer daljnja visoka razina ovisnosti o fosilnim gorivima (sada na svjetskoj razini ona zadovoljavaju čak 85% potrošnje primarne energije) nosi puno loših posljedica kao što su: rezerve neobnovljivih izvora energije će se iscrpljivati, rasti će emisija CO<sub>2</sub>, pojavljivati će se nestašica energije, cijena energije će rasti do neba, za posjedovanje izvora fosilnih goriva voditi će se ratovi, prolijevati će se ljudska krv.

Nafta je i dalje najvažniji svjetski izvor energije i praktično nezamjenjiva u prometu kao i u energetskom sektoru. Ekspertne analize razvoja cijena primarnih energenata u posljednjih 50 godina, vode zaključku kako je sirova nafta uvijek bila vođa razvoja cijena sirovih goriva. Prirodni plin i ugljen pa čak i nuklearno gorivo, slijede s određenim vremenskim pomakom cijenu sirove nafte. Srednje i dugoročne prognoze cijene nafte gotovo su nemoguće, one graniče s kvazi proročanstvom. U 2010. godini (referentna) prosječna cijena od 79,5 USD/barelu značila je porast na godišnjoj razini od 29%, a s prosječnom cijenom od 112 USD/barelu, u 2011. i 2012. godini dostigao se porast od 40%, da bi početkom 2016. cijena pala na 40 USD/barelu što je sniženje od 100%.

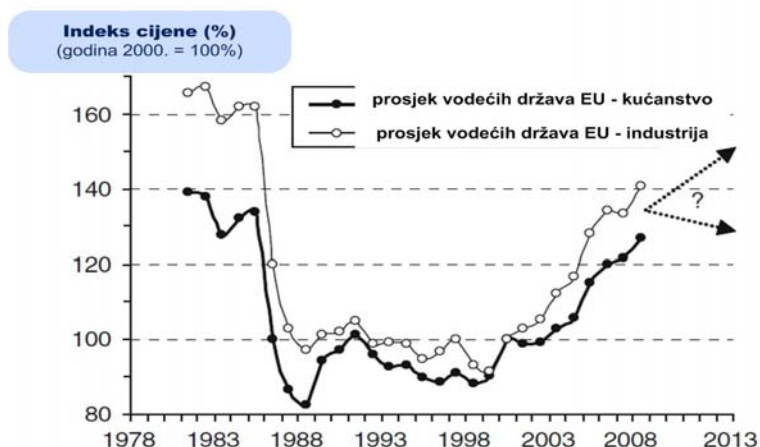
Svaki izravni utjecaj na povišenje cijene sirove nafte, neizravni je utjecaj na cijenu drugih primarnih energenata. To je s gospodarskog gledišta kamen oko vrata uporabi svih fosilnih goriva.

Primjena tehnologije proizvodnje plina iz škriljevaca i drugih stijena, govorimo o **nekonvencionalnom plinu**, u ovom trenu ističe plin kao ključni energent u dostizanju potreba za energijom u svijetu. Predviđa se kako će udjel nekonvencionalnog plina na tržištu u globalnoj opskrbi **do 2040.** biti oko **30%**, u usporedbi s **10% u 2010.** godini. Povećana ponuda može dovesti do niže cijene, a ona može voditi većoj potražnji za plinom smanjujući proizvodnju električne energije iz OIE i ugljena. Primjena postojećih tehnologija na ova nekonvencionalna nalazišta može pomoći povećanju raspoloživosti opskrbe plinom za 250 godina na današnjoj razini potrošnje.

Postavlja se opravdano pitanje **je li električna energija iz elektrana na fosilna goriva danas jeftina i što će biti s cijenom u budućnosti?**

Posljedice stanja i trošenja rezervi fosilnih goriva je rast njihove cijene, a to pak utječe i na rast cijene električne energije koja se iz njih proizvodi. Gdje su gornje granice? Analizirajući prethodne dijagrame ne čudi posljedica kod rasta cijene električne energije u EU (slika 17.). Pri tome možemo reći kako dosadašnja klimatska politika korištenja pristojbe u cijeni električne energije za krajnjeg korisnika za poticanje izgradnje OIE, nije glavni uzročnik povećanja cijene električne energije za kupce, jer su iznosi poticaja za otkup energije iz OIE u ukupnoj cijeni s vrlo malim udjelom. Cijene električne energije u veleprodaji danas su drastično pale, zbog smanjene industrijske proizvodnje i dovoljnog broja proizvodnih

energetskih kapaciteta. No, usprkos padu veleprodajne cijene, cijene za potrošače nisu smanjene, jer, između ostalog, veliki udjel u ukupnoj cijeni otpada na pristojbe te na troškove prijenosa i distribucije.



Slika 17. Porast prosječne cijena električne energije u vodećim zemljama EU za kategorije kupaca

Prethodno izneseni podatci i projekcije sa scenarijima utvrđeni u studijama kazuju kako će prosječni troškovi proizvodnje električne energije u elektranama na fosilna goriva u bliskoj budućnosti značajno rasti (slika 18.), a kad nastupi neposredni utjecaj iscrpljivanja rezervi procjena rasta postaje proročanstvo. Valja uvažiti kako troškovi proizvodnje obuhvaćaju troškove kapitala, pogona postrojenja i energenata.



Slika 18. Povećanje troškova proizvodnje električne energije u elektranama na fosilna goriva

Nasuprot, utemeljene su procjene kako će napredak tehnologije, porast učinkovitosti i masovna uporaba donijeti sniženje troškova proizvodnje kod novih elektrana obnovljive energije (slika 19.).



Slika 19. Sniženje troškova proizvodnje električne energije u elektranama s obnovljivom energijom



## 1.5. Republika Hrvatska u ostvarenju europske klimatske politike

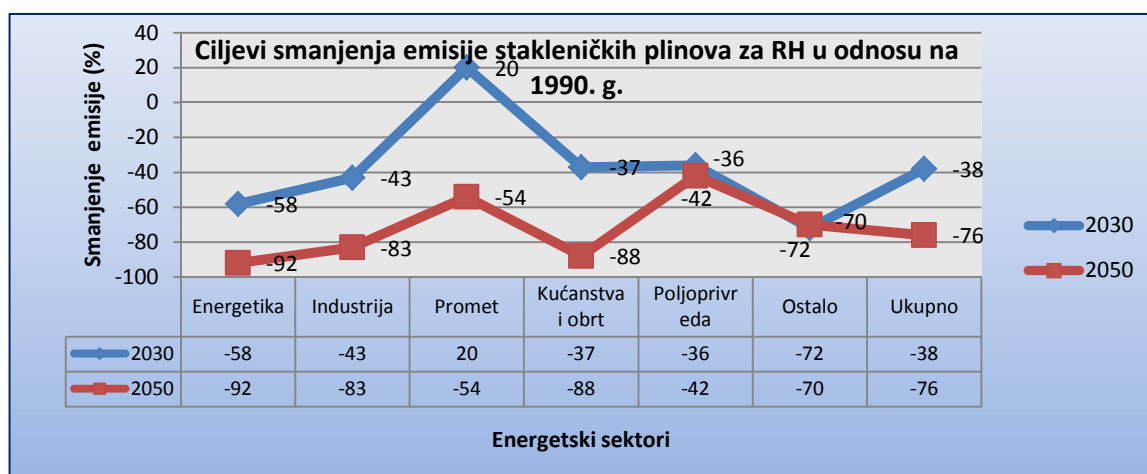
### 1.5.1. Opredjeljenja glede smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u funkciji zaštite klime

Zakon o zaštiti zraka (NN 48/95, 178/04, 60/08 i 130/11) određuje nadležnost i odgovornost za zaštitu zraka i ozonskog sloja, ublažavanje klimatskih promjena i prilagodbu klimatskim promjenama, praćenje emisija stakleničkih plinova i mjere za ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama, te financiranje. RH je imala obvezu smanjiti emisije stakleničkih plinova za 5% u prvom obvezujućem razdoblju (2008.-2012.) u odnosu na baznu, 1990. godinu i taj je cilj ispunjen (zahvaljujući i gašenjem brojnih industrijskih postrojenja).

RH je od 1. siječnja 2013. godine uključena u sustav trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova Europske unije (EU ETS), a najviše su zastupljene sljedeće djelatnosti: *izgaranje goriva u postrojenjima snage iznad 20 MW, rafiniranje mineralnog ulja, proizvodnja sirovog željeza ili čelika, proizvodnja cementnog klinkera, proizvodnja vapna, proizvodnja stakla, proizvodnja keramičkih proizvoda, proizvodnja izolacijskih materijala od mineralne vune, proizvodnja papira i proizvodnja dušične kiseline.*

Prema preliminarnim proračunima koje je objavila Europska komisija, Hrvatska bi do 2030. godine trebala smanjiti emisije CO<sub>2</sub> za devet posto. Njeno temeljno usmjerenje zacrtano je u okviru strategije niskougljičnog razvoja iz 2013. godine, s postavljenim ciljevima, poput povećanja energetske učinkovitosti i **udjela obnovljivih izvora energije** (najviše vjetra i sunčane energije), daljnje primjene fosilnih goriva uz obuhvat i skladištenje CO<sub>2</sub> (CCS tehnologija), izgradnje sustava za pohranu energije, razvoja mreža za decentralizirane sustave, korištenja biogoriva i električnih vozila u prometu, pošumljavanja i održivog gospodarenja šumama, značajnih promjena u poljoprivredi...

Ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova imaju u RH različite mogućnosti u energetske sektorima i djelatnostima do 2030, odnosno 2050. godine (slika 20.).



Slika 20. Sektorski ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova u RH

### 1.5.2. Opredjeljenja glede ostvarenja klimatskih ciljeva – strategija i akcijski plan

Ulaskom u EU (2013. g.) RH je temeljem Direktive 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora, preuzela obvezu povećanja uporabe energije iz obnovljivih izvora pri čemu bi u 2020. godini udio energije iz obnovljivih izvora u bruto neposrednoj potrošnji trebao iznositi najmanje 20 posto.

**Strategijom energetskog razvoja RH** (NN130/09) unaprijeđena je energetska strategija iz 2002. g., u smislu provođenja zajedničke europske energetske politike, prihvaćanju Ugovora o Energetskoj zajednici, ratifikaciji Kyoto protokola i činjenici da je energetski sektor suočen s velikom nestabilnošću cijena energije na svjetskom tržištu te ovisan o sve većem uvozu energenata.

Uspješnost provedbe Strategije energetskog razvoja, na području OIE, **ovisi o unapređenju međusektorske suradnje** na područjima energetike, rudarstva, industrije, poljoprivrede, šumarstva, vodnog gospodarstva, zaštite okoliša, graditeljstva i prostornog uređenja. Strategija ima tri temeljna cilja:

- sigurnost opskrbe energijom,
- konkurentnost energetskog sustava i
- održivost energetskog razvoja.



Republika Hrvatska se opredijelila za iskorištavanje OIE u skladu s načelima održivog razvoja. Vezano uz OIE, Strategija energetskog razvoja, sukladno povećanju udjela OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije na 20% u 2020. g., postavlja slijedeće sektorske ciljeve:

- **35% udjela OIE** u proizvodnji električne energije, uključujući velike hidroelektrane;
- **10% udjela OIE** u prijevozu;
- **20% udjela OIE** za grijanje i hlađenje.

Programima provedbe Strategije, Vlada RH definirati će se dinamiku poticane izgradnje OIE u pojedinom 4g. razdoblju, a ovisno o očekivanoj bruto neposrednoj potrošnji energije, raspoloživom proračunu za poticaje, procjeni doprinosa pojedinog OIE u rastu broja zapošljavanja domaće industrije i usluga i ovisno o međusobnoj cjenovnoj konkurentnosti OIE (vrlo složeno).

RH je, sukladno obvezi, usvojila i **Nacionalni akcijski plan za obnovljive izvore energije** (u daljnjem pisanju: NAP) u kojem se određuje ukupni nacionalni cilj za obnovljive izvore energije prema propisanoj metodologiji te sektorski ciljevi u proizvodnji električne energije, energije za grijanje i hlađenje te energije u prijevozu iz obnovljivih izvora energije. NAP predstavlja sastavni dio Programa provedbe Strategije energetskog razvoja, a s njime se određuje postojeća i planirana politika za OIE te instrumente, mjere i mehanizme s kojima bi se ciljevi ostvarili do 2020. godine.

### 1.5.3. Treba li Hrvatska preispitati svoje energetske ciljeve?

Mišljenja su da Energetska strategija, u svojim osnovnim elementima, nije ostvarena: potrošnja električne energije nije porasla (trebala bi biti 25 posto veća) te se nisu ostvarile glavne postavke na kojima se temelje sadašnji planovi (predviđeni porast energetske potrošnje, kao niti predviđen rast BDP-a od optimističnih 3,5 posto, a nije donesen ni program provedbe Strategije. **Hrvatska je zrela za novu energetska strategiju, prema uzoru na Njemačku i njenu energetska evoluciju** (prekretnicu).

Danas ima razloga i potrebe preispitati pojedine strateške odrednice, što se, primjerice, već i čini u okviru Nacionalnog akcijskog plana za obnovljive izvore energije do 2020. godine, a dodatno i u okviru bijele i zelene knjige preteče **Strategije niskougljičnog razvitka RH** (koja bi se trebala usvojiti početkom 2016. godine). Hrvatska bi 2016. godine trebala izaći iz gospodarske krize, u primjeni će biti novo zakonodavno ruho elektroenergetskog sektora, EU i konferencija UN-a o zaštiti klime nameće nove obveze glede emisije stakleničkih plinova pa je zato opravdano, u ime energetske budućnosti, razmotriti stanje ostvarenja i potrebu promjena strateških opredjeljenja.

## 1.6. Zaključno uz klimatske ciljeve utjecajne na energetska sektor

Preduvjeti za ostvarenje klimatskog cilja smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u sektoru energetike u EU do 2050. godine za 80%, u odnosu na 1990. godinu, su:

- Napuštanje dosadašnjeg modela financiranja obnovljivih izvora i povlaštenog položaja na tržištu električne energije, trgovanja emisijama i financiranja energetske učinkovitosti te oporezivanja određenih razina emisija.
- Uspostava jedinstvenog sustava oporezivanja emisija CO<sub>2</sub>, kao jedine mjere ostvarivanja politike zaštite klime,
- Ustroj nacionalnih fondova od poreza na CO<sub>2</sub> i financiranje: mjera i tehnologija smanjenja emisija CO<sub>2</sub>, energetske učinkovitosti, izgradnje OIE, CCS tehnologija, spremnika energije, novih tehnologija u prometu, itd.
- Snažno smanjenje potrošnje energije kroz energetska učinkovitost i
- Postojanje jedinstvenog tržišta energije na razini Europe i jedinstvenog globalnog pristupa problemu smanjenja emisije.

## 1.7. Utjecaji novih klimatskih ciljeva na elektroenergetski sustav

Koncept razvoja energetskog sektora postavljen danas s ciljanim ostvarenjem 2050. godine, gotovo bez emisija CO<sub>2</sub>, potpuno će promijeniti elektroenergetski sektor počam od izbora primarnih oblika energije i proizvodnje preko prijenosa i distribucije do potrošnje električne energije. Gotovo jednak utjecaj imati će nezaobilazna činjenica o ograničenosti rezervi fosilnih goriva i shodno tome o prijeko potrebi njihove snažne zamjene obnovljivim izvorima energije, do mjere pri kojoj su stupovi, kameni temeljci nove elektroenergetike.

**Ostvarenje novih klimatskih ciljeva pothvatima u elektroenergetskom sektoru, ima za nj značajke energetske evolucije.**

## 2. ENERGETSKA EVOLUCIJA

### 2.1. Što je energetska evolucija i gdje je rođena?

Pojam energetske evolucije u europskom okruženju iskovao se prvi puta 1980. godine u Njemačkoj od strane državnog Öko-Instituta pod nazivom "Energetska tranzicija - razvoj i prosperitet, bez nafte i urana". Pristup energetici, a napose elektroenergetici, te ideja za promjenama u opskrbi energijom završili su svoju kušnju tijekom 1980-ih i 1990-ih kroz institucije ekološke znanosti, politike zaštite okoliša i opće državne politike.

Na svjetskoj razini početak energetske evolucije, bez imenovanja tog trenutka, počinje usvajanjem Kyoto protokola u korist klimatskih ciljeva, poznat kao „20 % + 20% + 20%“, ali on u niti jednoj drugoj zemlji do Njemačke nema snagu pokreta kojem bi se pridijelilo značenje i sjaj evolucije.

Pojmom **energetska evolucija**, u najširem smislu, izražava se temeljni zaokret u opskrbi električnom energijom i to od proizvodnje iz urana i fosilnih goriva (ugljena, nafte i plina) prema proizvodnji iz OIE uz sve potrebne pothvate za optimalno objedinjavanje ovih izvora s pogonom elektroenergetskog sustava, kao i održivu opskrbu električnom energijom u budućnosti.

Primjer energetske evolucije u najširem smislu možemo prepoznati u energetske strategiji Njemačke. Temeljni ciljevi energetske evolucije u toj državi, a koji proistječu iz strategije potpore programu zaštite klime, su:

- postupno, do 2022. godine, izlaze iz pogona sve preostale nuklearne elektrane, a istodobno vodi se osmišljena politika snažne izgradnje OIE i iznalaženja rješenja njihovog objedinjavanja s mrežom.
- do 2050 godine iz OIE treba pokriti potrebe za električnom energijom na razini 80 % i pri tom pokriti najmanje 60 % ukupne neposredne potrošnje energije.
- pouzdanost i sigurnost opskrbe krajnjih korisnika električne energije osigurati naprednim rješenjima u području proizvodnje, uravnoteženja proizvodnje i potrošnje, vođenja pogona EES, upravljanja potrošnjom električne energije, ....

Iz svega rečenog možemo zaključiti kako će OIE u skoroj budućnosti postati nosivi zid energetske evolucije, a zadovoljavajući zahtjeve nulte razine emisije stakleničkih plinova, obnovljiva energija imati će izvorište u: **Sunce – vjetar – voda**.

Energetska evolucija je pomirba čovjekove nasušne potrebe za energijom s održivosti njenog stvaranja i održivosti prirode, nezaobilazan zaokret od izvora neobnovljive prema izvorima obnovljive primarne energije (slika 21.). Snažna potrošnja fosilnih goriva s ograničenim rezervama i resursima što otvara pitanja vezana za energetske budućnost čovječanstva.



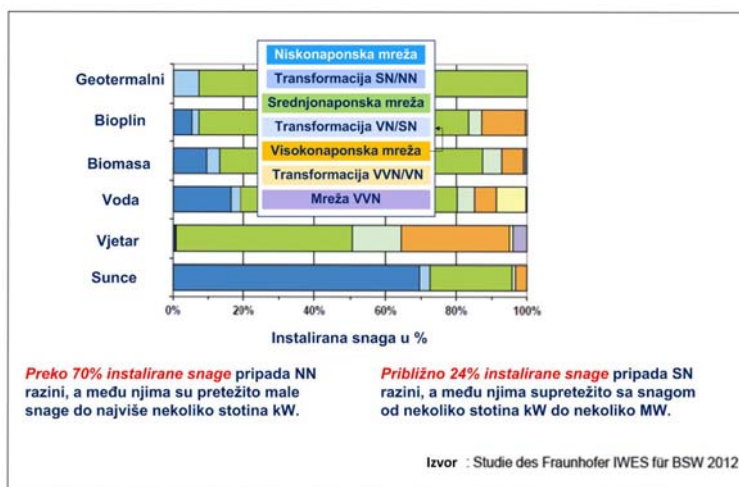
Slika 21. Nezaobilazan zaokret od izvora neobnovljive prema izvorima obnovljive primarne energije.

### 2.2. Značenje distribucijskog sustava u procesu energetske evolucije

Unatoč što se još uvijek procjenjuje i ocjenjuje, prema vjerodostojnim pokazateljima, značenje distribucijskog elektroenergetskog sustava (DEES-a) ima obilježja „početka i kraja“ budućeg elektroenergetskog sustava. **Zašto?**

Zato što OIE stanuju u distribucijskoj mreži, zato što postaju za pogon distribucijskog sustava njegova utjecajem prevladavajuća sastavnica. Pojmovno samo za te OIE istodobno kažemo kako su distribuirani izvori, a njihova proizvodnja, distribuirana proizvodnja. Dakle, tako ne zovemo OIE priključene na

prijenosnu mrežu. O udjelima instalirane snage OIE po mjestima priključenja, dakako u mrežama s velikim brojem i velikom ukupno instaliranom snagom, zorno kazuje slika 22.



Slika 22. Raspored ukupno instalirane snage OIE po naponskim razinama DEES-a

**Preko 70% instalirane snage pripada NN razini distribucijske mreže**, a među njima su pretežito elektrane male snage do najviše nekoliko stotina kW. **Približno 24% instalirane snage pripada SN razini**, a među njima su pretežito elektrane sa snagom od nekoliko stotina kW do nekoliko MW [4]. U takvim sustavima, glede primarne snage, prevladavaju vjetroelektrane i sunčane elektrane (VE i SE).

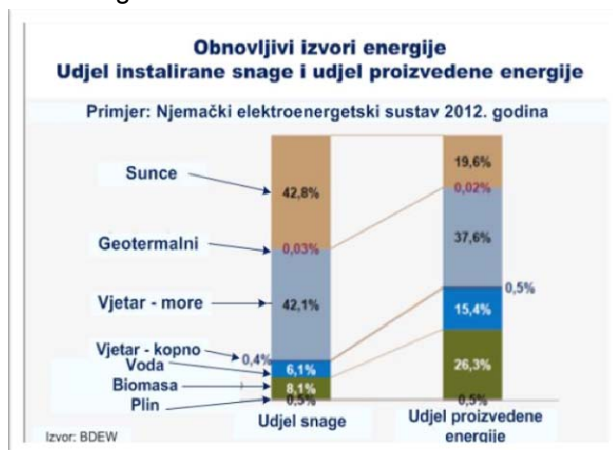
**Zašto?**

- VE i SE ostvaruju na najbolji način ciljeve zaštite klime, kameni temeljci su energetske evolucije,
- njihova je gradnja isplativa,
- potencijal primarne energije je ogroman,
- elektrane s drugom primarnom energijom ili imaju ograničenja za fizičku izgradnju ili su s gledišta povrata kapitala manje isplative za graditi i
- trenutno se procjenjuje trošak proizvodnje 7 do 10 centi/kWh što je na razini novih plinskih i elektrana na ugljen.

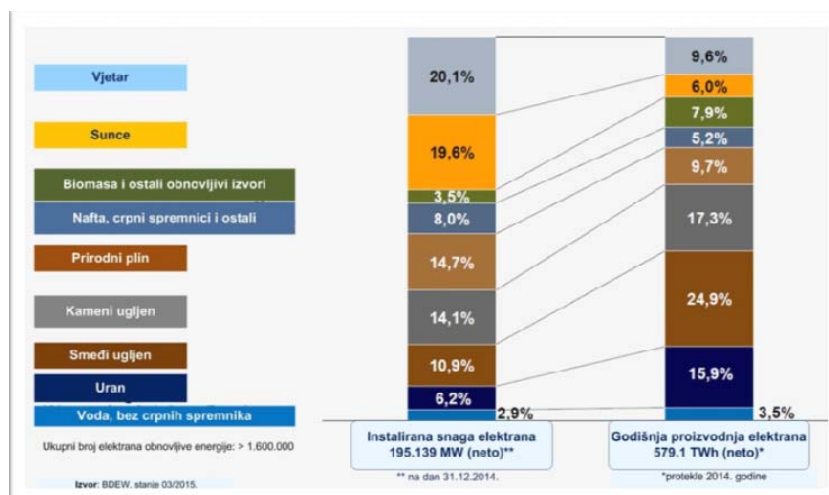
## 2.3. Temeljni pristup značajkama energetske evolucije

### 2.3.1. Obilježja rasta udjela instalirane snage i proizvedene energije OIE u sustavu

Jedna od važnih značajki proizvodnih potencijala obnovljivih izvora energije je značajna razlika između elektrana s pojedinim vrstama primarne energije glede potencijala koji proizlazi iz instalirane snage i proizvedene energije. Iz slike 23. iščitavamo kako kolebljivost i izostanak primarne snage kod sunčanih elektrana znače mali broj sati rada s nazivnom snagom i time značajno manju proizvodnju nego li bi se pretpostavilo obzirom na snagu.

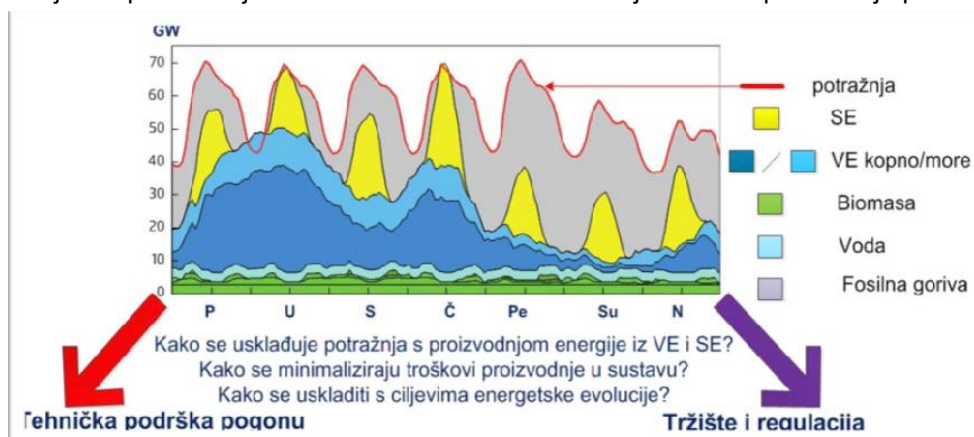


Slika 23. Usporedba udjela snage pojedinih OIE i njihove proizvedene energije u ukupnoj iz OIE na godišnjoj razini u Njemačkoj 2012. godine.



Slika 24. Primjer odnosa udjela instaliranih snaga i proizvodnje elektrana s OIE i onih s fosilnim gorivom

Paradigma takve strukture proizvodnje električne energije, s gledišta različite primarne energije elektrana, je u činjenici što OIE ne mogu imati ulogu baznih elektrana, ali sutra u energetske evoluciji sa svojim velikim udjelom u proizvodnji ukupno potrebne energije potiskivati će proizvodnju konvencionalnih elektrana, koje onda gube tu važnu ulogu jer će godišnje biti u pogonu značajno manji broj sati nego u vremenu malog udjela OIE (slika 25). U primjeru tjednog dijagrama proizvodnje i potražnje, vidimo kako u nekim danima tjedna proizvodnja OIE u sustavu ima dostatnu vrijednost za podmirenje potražnje.



Slika 25. Mogućnosti velikog udjela OIE u podmirivanju neposredne potrošnje električne energije.

Utjecaj ove paradigme je svakako prepoznatljiv u:

- podrški pogonu elektroenergetskog sustava – gornja razina utjecaja,
- podrški pogonu distribucijskog sustava – donja razina utjecaja i
- utjecaju na tržište i regulaciju energetskih djelatnosti.

**S energetske evolucijom, koja je posljedica snažne uloge OI električne energije u elektroenergetskom sustavu, distribucijski sustav, tržište električnom energijom, funkcije reguliranih djelatnosti, ... ulaze u vrtlog zahtjeva za prilagodbom, primjenom novih strategija i filozofija.**

### 2.3.2. Temeljne teze uz energetske evoluciju

Iznosimo izabrane temeljna stanovišta energetske evolucije [5], koje proistječu iz studijskih istraživanja njemačkog elektroenergetskog sustava za 2022 godinu, kad će se iz svakog pogona isključiti sedamnaest NE. Donja granica velikog udjela OIE smatra se podmirenje 30% neposredne potrošnje, a potom se istražuje odnose u sustavu s udjelom od 40%.

#### 1. Kamen temeljci energetske evolucije su vjetroelektrane i sunčane elektrane

Nadmetanje u OIE s gledišta tehnologije ima dva pobjednika, elektrane na energiju vjetra (VE) i sunca (SE). Njihova je tehnologija isplativa, a glede primarne energije postoje ogromni potencijali. Sve druge tehnologije su ili značajno skuplje ili imaju ograničen potencijal izgradnje (voda, biomasa, bioplin,



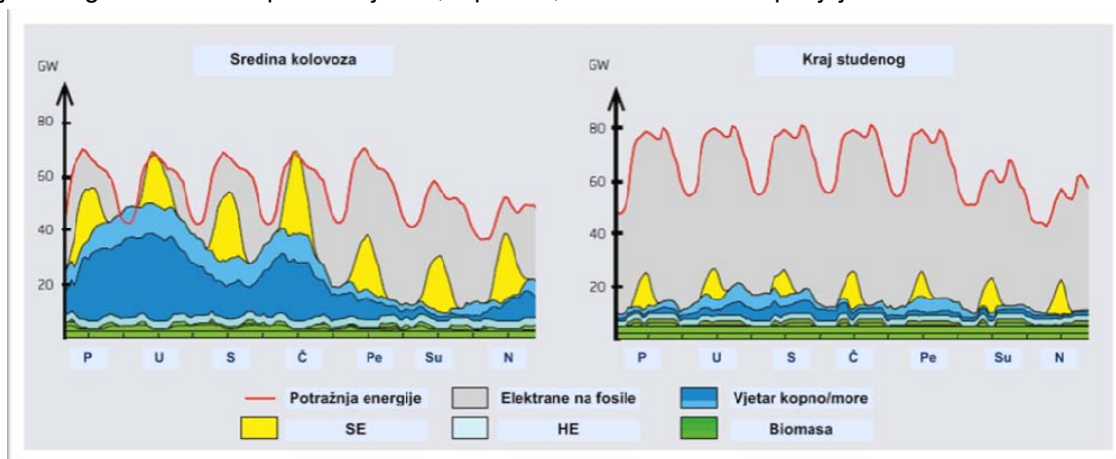
geotermija) i/ili su još u fazi razvoja (energija valova i dr.). VE i SE su u središtu energetske evolucije i s gledišta udjela u ukupnoj instaliranoj snazi OIE u nacionalnim elektroenergetskim sustavima.

Postrojenja VE i SE, procjenjuje se, imati će 2015 g. ukupne troškove proizvodnje 7 do 10 ct/kWh, što je jednak iznos kao kod nove elektrane na prirodni plin i ugljen ako te elektrane ispunjavaju visoki zahtjevi za niskom razinom emisije stakleničkih plinova.

S gledišta EES-a, temeljne značajke proizvodnje električne energije u VE i SE su slijedeće:

- proizvodnja ovisi o vremenskim uvjetima (slika 26.),
- proizvodnju obilježava velika brzina promjena raspoložive električne snage,
- kapitalni troškovi su visoke razine i
- operativni troškovi su niske razine.

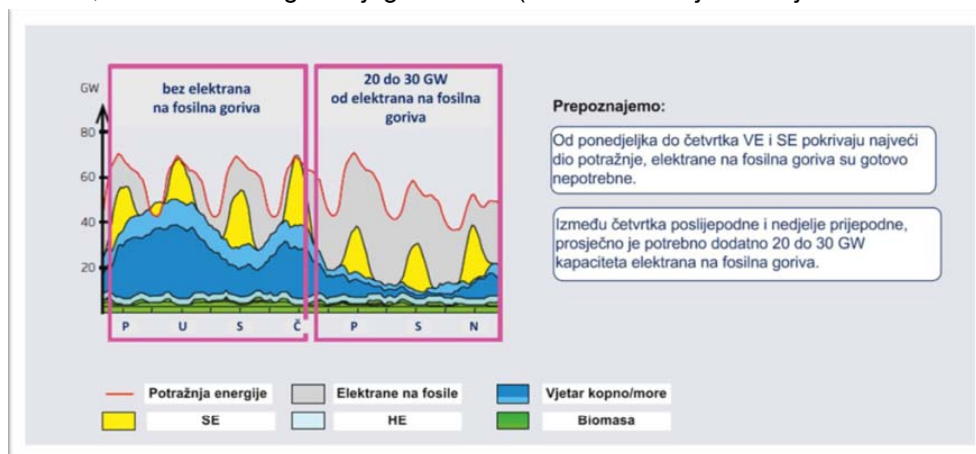
Značajke VE i SE su nadasve drukčije od značajki konvencionalnih elektrana na fosilna goriva i zato s velikim udjelom značajno utječu na pogon sustava, ali i na tržište električne energije – utječu na promjene njihovog temelja. Na jednom užem području gdje postoje obje primarne snage, treba gledati razvijati snage elektrana usporedno jer se, u pravilu, međusobno nadopunjuju.



Slika 26. Procjena proizvodnje iz OIE s određenim udjelom u odnosu na potražnju [5]

## 2. Elektrane na fosilna goriva gube ulogu baznih elektrana

Elektrane na fosilna goriva različite primarne energije gube ulogu baznih elektrana u pokrivanju dnevnog dijagrama potrošnje (slika 27.). Bazne elektrane gube tu funkciju jer zbog velikog udjela proizvodnje iz OIE, rade samo dio godišnjeg vremena (već danas u Njemačkoj oko 6.000 sati).



Slika 27. Velika proizvodnja iz OIE skraćuje vrijeme uporabe elektrana na fosilna goriva, ali računa na njihovu prilagodljivost potrebama napajanja (projekcija za kolovoz, 2022 godina)

Veliki udjel VE i SE omogućiti će povremeno pokrivanje temeljnog dijela dijagrama potražnje, a preostali dio se podmiruje prema njihovom udjelu. Veći broj klasičnih elektrana se koristi samo tijekom istodobnog slabog sunca i vjetra ili njihovo opterećenje opada. Brze promjene strukture elektrana u napajanju potražnje, kao što ih mogu uzrokovati nesigurne prognoze raspoloživosti primarne snage (vjetar, sunce), postavljaju nove zahtjeve pred kratkotrajnom i dugotrajnom prilagodljivošću elektrana

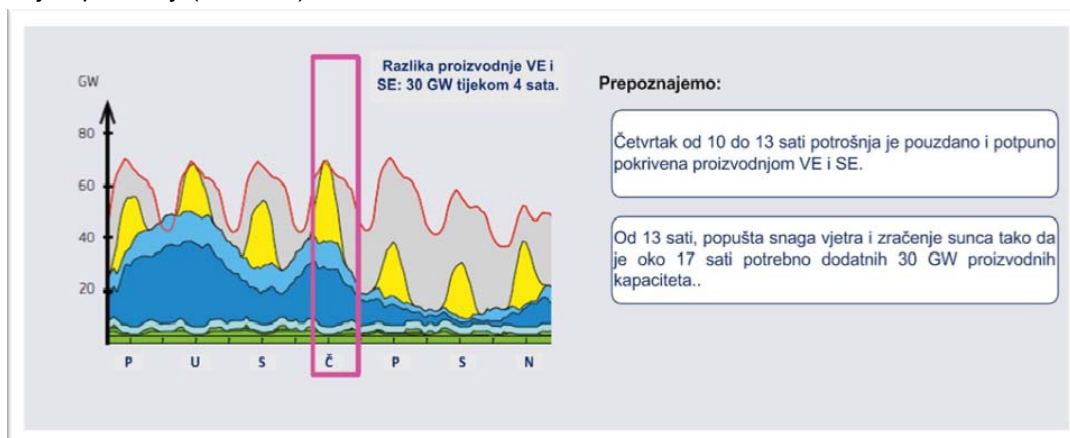


pogonu. Kogeneracijske elektrane i elektrane na biomasu moraju moći odgovoriti pogonom za podmirenje potražnje s osrednjim trajanjem.

**Upravljanje snagom u sustavu, upravljanje potrošnjom i pohrana raspoloživih viškova energije iz OIE doprinose uravnoteženju proizvodnje i potražnje.**

### 3. Prilagodljivost potrebama potražnje je obilata – do sada se nije plaćala

Kolebljiva proizvodnja (VE i SE) u budućnosti će zahtijevati bitno veću prilagodljivost sustava proizvodnje - potrošnji (slika 28.).



Slika 28. Rastom udjela VE i SE raste potreba za prilagodljivosti ukupnog proizvodnog potencijala

Tehnička rješenja za prilagodljivost su raspoloživa i sadržajem i brojem, navodimo primjere:

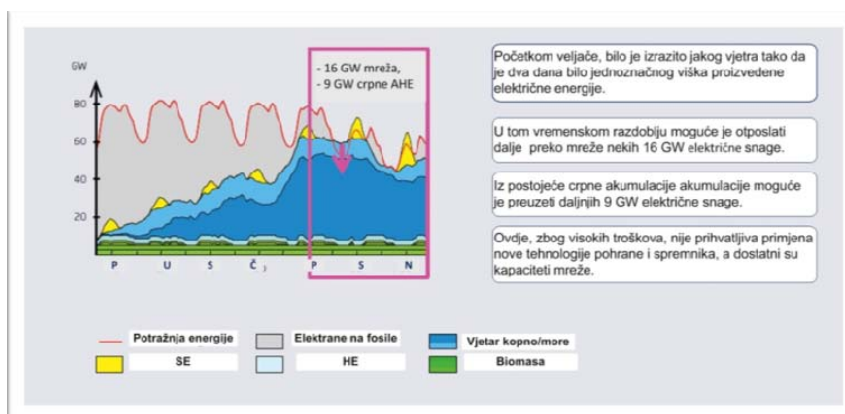
- angažiranje kogeneracijskih, elektrana na biomasu i bioplin prema promjenjivim potrebama,
- prilagodba elektrana na fosilna goriva – najmanja snaga, vrijeme starta i dizanja snage,
- vršnu proizvodnju VE i SE izbjegavati ili je koristiti za proizvodnju topline,
- upravljati potrošnjom i trošilima uključujući i mogućnost isključenja (u industriji).

Problem udovoljenja zahtjevima za prilagodljivost nije u mogućnosti ostvarenja tehničkih rješenja, već u pravim poticajima za raspolaganje sposobnošću elektrane. Najmanje mogućnosti prilagodbe potražnje pak, koje bi se odvijale na razini potrošnje kućanstva, putem naprednih mjerenja i naprednih domova, još uvijek je skupo rješenje.

### 4. Pothvati u mrežama su još uvijek jeftinije rješenje od pohrane električne energije

Razvijena prijenosna mreža smanjuje potrebu za prilagodbu jer se kolebanje proizvodnje VE i SE i potrošnje može uravnotežiti prebacivanjem snage iz jednog u drugo područje. Sposobne prijenosne mreže omogućuju pristup troškovno povoljnim opcijama za prilagodbu u bližem ili daljnjem okruženju proizvodnje.

Izgradnja ili rekonstrukcija distribucijske mreže je financijski povoljnije od mrežnog sustava lokalne pohrane. Nove tehnologije pohrane postaju isplative tek kod udjela OIE iznad 40%. Lokalne sustave SE + baterija, može se koristiti u okviru prije predviđenih ciljeva postizanja učinkovitosti i usmjeravanja na potrošnju na mjestu proizvodnje, ova ih teza ne isključuje (slika 29.).



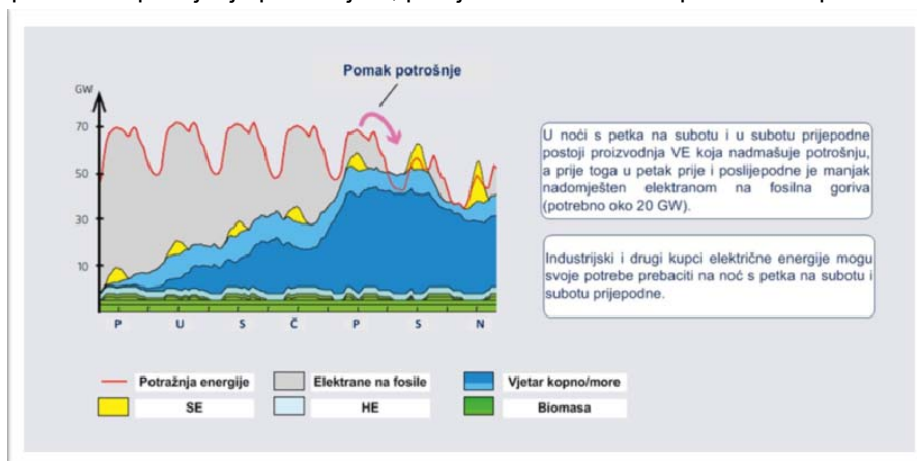
Slika 29. Pohrana viška električne energije je neizbježna s dostizanjem visokog udjela energije iz OIE

## 5. Upravljanje potrošnjom i aktivan kupac s vremenski prilagodljivom potrošnjom

**Prilagodljivost potrošnje je presudan, kamen temeljac,** za veće iskorištenje snage VE i SE. Preseljenje potrošnje (vremenski pomak) u pravilu je troškovno povoljnije nego li pohrana električne energije ili dodatno angažiranje snage elektrane.

Dokorašnja pravila o sastavnicama naknade za korištenje mreže i pružanja usluga sustavu kao i nekih usluga vezanih za energiju uravnoteženja, doći će u sukob pa će se zbog toga morati mijenjati. Nema dvojbe kako će uravnoteženje proizvodnje i potrošnje, u svakom trenutku besprekidnog pogona EES-a, s velikim udjelom elektrana kolebljive primarne energije, doći pred velika iskušenja. Izlaz bez prilagodljive potražnje u nekim slučajevima će biti skup, a u drugom, težem slučaju, morat će se pribjeći ograničenju potrošnje.

Novo tržište električne energije u kojem će potražnja aktivno sudjelovati, naći će se pred pitanjem ulaganja: u kapacitet ili upravljanje potrošnjom, primjerice vremenskim pomakom opterećenja (slika 30.).

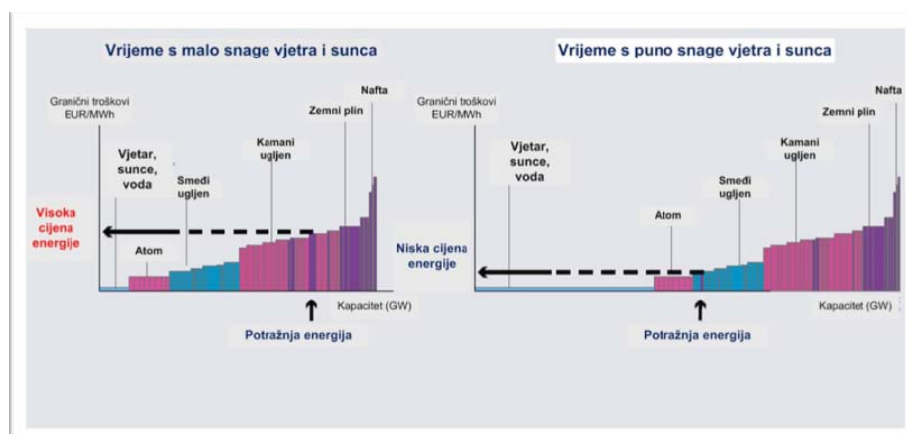


Slika 30. Aktivan kupac preko tržišnih ponuda stječe poticaj prilagoditi vrijeme dijela svoje potrošnje

## 6. Današnja pravila djelovanja tržišta električne energije moraju se prilagoditi

Na današnjem tržištu energije trguje se količinama energije (*Energy only*) što ne jamči sigurnost opskrbe. Cijena električne energije je satna i određena prema pogonskim troškovima elektrana u pogonu (metoda graničnih, marginalnih troškova) i to prema elektrani s najvećim troškom proizvodnje. Ovaj mehanizam potiče prvo uporabu elektrana s najnižim pogonskim troškovima, a potom one s višim. Nema jamstva da je ovakav tržišni mehanizam dovoljno poticajan za nova i postojeća proizvodna postrojenja u smislu osiguranja jamstva glede pružanja podrške pouzdanoj opskrbi u svakom stanju odnosa proizvodnje i potražnje.

Energetska evolucija zaoštava ovo pitanje jer će VE i SE smanjiti prosječnu tržišnu cijenu električne energije i korištenje fosilnih elektrana (slika 31.). Poruka je kako s energetsom evolucijom mora evoluirati i tržište električne energije, jer ona donosi mnoge promjene s utjecajem na tržišne odnose.

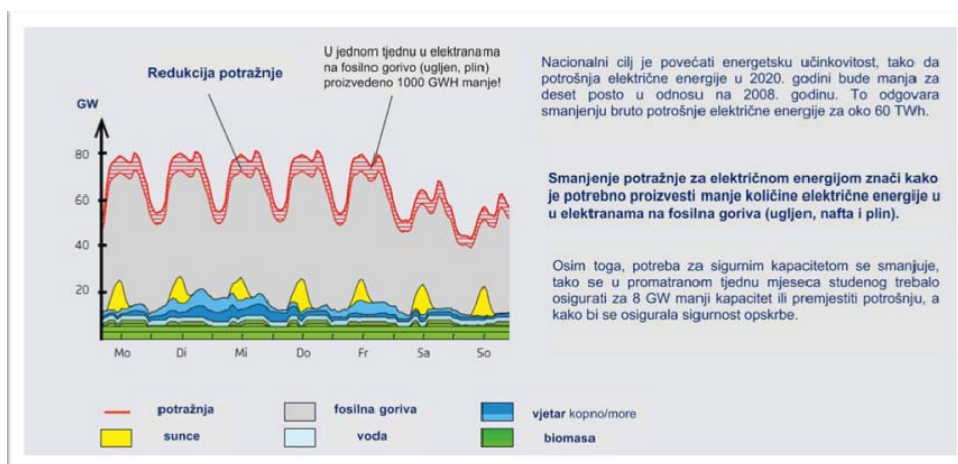


Slika 31. Utjecaj proizvodnje VE i SE na cijenu električne energije koja je pod utjecajem proizvodnje iz elektrana na fosilna goriva (Merit - Order krivulja)

## 7. Energetska učinkovitost neizostavno je potrebna za smanjenje potrošnje električne energije

Učinkovitije korištenje energije osim što je planetarno korisno, smanjuje ukupni trošak svakom tko energiju koristi. Povećanje energetske učinkovitosti omogućuje odvajanje gospodarskog rasta od uske povezanosti s potrošnjom energije. U studijskom istraživanju [5], kojeg pratimo, u razmatranju okolnosti događaja energetske evolucije, ukazuje se na tezu o značenju energetske učinkovitosti, one mjerljive, one s prepoznatljivim izravnim i neizravnim utjecajima na strateška pitanja emisije ili ulaganja u nepotrebnu proizvodnju (slika 32.). Zaključuje se kako svaki kWh električne energije spašen od rasipničkog korištenja zahtjeva manje:

- izgaranja fosilnih goriva, a time i emisije stakleničkih plinova i
- ulaganja u nove elektrane kako fosilnih tako i OIE.



Slika 32. Energetska učinkovitost u potrošnji izravni je utjecaj na smanjenje emisije stakleničkih plinova.

Potrebno je cjelovito razmatranje uporabe električne energije, toplinske energije i energije u transportu, jer primjerice, toplinske crpke i električna vozila povećavaju potražnju za električnom energijom, ali nisu u proturječju s energetsom učinkovitosti, korištenjem i pohranom obnovljive energije.

**Izazov učinkovite uporabe električne energije leži manje u tehničkim rješenjima, a više je predmet čvrstog motiva, našeg opredjeljenja kao i poticaja.**

### 2.3.3. Zaključno uz razmatranje utjecaja energetske evolucije

#### Prilagodljivost proizvodnih potencijala

- Kod velikog udjela proizvodnje OIE ( $\geq 20\%$ ), napose prevladavajuće iz VE i SE, postoji sukob s gledišta raspoloživosti snage OIE koja tjedno koleba između **20% i 70%** instalirane snage,
- Neraspoloživost OIE zahtjeva **veliku prilagodljivost sustava** za potrebe uravnotežene opskrbe električnom energijom,
- Dinamičnost (kolebljivost) proizvodnje zahtjeva visoku regulacijsku sposobnost elektrana u sustavu, a to znači:
  - najmanje vrijeme zastoja,
  - kratko vrijeme starta,
  - najmanje vrijeme pogonskog stanja (godišnje vrijeme rada pada npr. s 7000 na 4000 sati).
  - uspostava do sada ne primjenjivanog sustava pomoćnih usluga u DEES-u,
  - uporaba spremnika električne energije u DEES-u,
- Upravljanje potrošnjom i uporaba vremenskog pomaka potrošnje, ...

#### Gospodarski sukob

- Kod velikog udjela proizvodnje OIE ( $\geq 20\%$ ), značajno se potiskuje potreba za radom konvencionalnih elektrana, a kada su pak u pogonu potreba za rad s punom snagom.
- Smanjeni broj sati rada s punom snagom konvencionalnih elektrana, ima utjecaj na povećanje njenih pogonskih troškova proizvodnje, a time i višu proizvodnu cijenu električne energije,.
- Posljedica povećanog udjela OIE zajedno sa stvarnim regulacijskim osobinama konvencionalnih elektrana, neprilagodljiva reakcija, ruši im konkurentnost u tržišnom nadmetanju, time i cijenu

njihove energije na tržištu te tako: ***Električna energija iz OIE utječe na smanjenje cijene „miksa” električne energije na tržištu.***

### **3. DISTRIBUCIJSKI SUSTAV U VRTLOGU SILNICA ENERGETSKE EVOLUCIJE**

#### **3.1. Uvodna motrišta**

Povećanje udjela električne energije proizvedene iz OIE, napose iz energije vjetra i sunčeve energije za potrebe opskrbe kupaca, ne znači da bilo koji EES ne treba više druge izvore energije. Naprotiv, u budućnosti su za pouzdanu opskrbu električnom energijom potrebne vrlo učinkovite i prilagodljive elektrane na fosilna goriva, ali s niskom razine emisije CO<sub>2</sub> i s manjom proizvodnjom. Filozofija energetske evolucije odbacuje pristup izbora prema načelu isključivosti, „ili – ili“, između obnovljivih izvora energije i elektrana na fosilna goriva, jer Čovječanstvo će na svom dugom putu trebati dugo, dugo, oboje. Kako bi ta sinergija dugo trajala, mora se usporiti trošenje rezervi fosilnih goriva, a to je moguće povećanjem udjela OIE u podmirenju potrošnje električne energije.

Prihvate li članice UN-a upozorenja klimatskih promjena i postave li se novi klimatski ciljevi, kod kojih je temeljni cilj smanjenje emisije stakleničkih plinova do 2020. godine za 40 % (u odnosu na 1990.), elektroenergetski sektor će morati dati lavovski doprinos. Čime? Svakako prihvatanjem intenzivne izgradnje OIE s rastom njihovog udjela u bruto proizvodnji električne energije do 2030. godine moguće, uključujući i velike hidroelektrane, na razini od 50%.

#### **3.2. Nacrt energetske evolucije**

Uz prilagodbu elektroenergetskog sustava energetskej evoluciji puno se toga stavlja na kocku, a među važnim značajkama opskrbe, sigurnost opskrbe. Neuspjeh filozofije energetske evolucije donio bi gospodarsku i društveno zastajanje do stvaranja plana za novo energetske doba i njegova čudoređa pa se zato može, bez dvojbe, reći kako je i **današnji nacrt energetske evolucije - nacrt za novo energetske doba**. No, rizik se mora preuzeti, a kreativni čovjek polazeći od slijedećih opredjeljenja već danas vidi rješenja za održivu i pouzdanu opskrbu električnom energijom:

##### **1. Energetska evolucija je ispravan pristup energetskej stvarnosti na početku 21. stoljeća.**

Zaštita klime, blagi i nadahnuti način stvaranja i korištenja energije imaju u njoj najviši značaj.

##### **2. Opskrba energijom iz obnovljivih izvora energije je budućnost.**

Nema uzmicanja pred ciljem da se opskrba energijom s velikim udjelom temelji na OIE.

##### **3. Bez povećanja energetske učinkovitosti energetska evolucija nije ostvariva.**

Unatoč sve većem korištenju OIE, u pozadini toga ne smije nastupiti neučinkovito korištenje rezervi raspoložive primarne energije kao i obnovljive energije. U budućnosti su potrebni još jači poticaji za energetske učinkovitu uporabu energije kako kroz tehnologiju trošila tako i kroz postupanje korisnika.

##### **4. Energetski sustav budućnosti treba mreže uvaženih odlika.**

Napredne mreže su ključni činitelji energetske evolucije u DEES-u. One ispunjavaju sve zahtjeve glede kapaciteta, pouzdanosti, učinkovitosti i održivosti.

Prijenosne mreže prostrane i dugog dometa, utemeljene na inovativnim, okolišno održivim mrežnim tehnologijama, mogu uravnotežiti snažno kolebanje regionalne proizvodnje električne energije s velikim udjelom obnovljivih izvora energije, prije svih VE i SE, te time primjereno povećati sigurnost opskrbe.

##### **5. Normizacija i standardizacija su preduvjeti za učinkovitu izgradnju napredne mreže i naprednog elektroenergetskog sustava budućnosti.**

Ovu tezu vjerodostojno podržava stvarnost energetske evolucije u Njemačkoj koja je glede normizacije i pilot projekata naprednih mreža na čelu pokreta, kako na europskoj tako i na međunarodnoj razini. Vrijedni pionirski radovi (sadržani u Roadmap) pridonose uporabi metodologije Use-Case, značajne u provedbi energetske evolucije.

##### **6. Pohrana energije u spremnike, u pravo vrijeme i na pravom mjestu.**

Spremnici energije, za srednjoročnu i dugoročnu pohranu biti će ključna i nezaobilazna sastavnica EES-a. Njima se može uravnotežiti kolebanje opskrbe iz OIE, kako na lokalnoj i regionalnoj tako i nadnacionalnoj razini sustava.

##### **7. Informacije i komunikacije su ključ za napredni elektroenergetski sustav.**



Komunikacijski umrežen i sustav s inteligentnim upravljanjem proizvodnjom energije, mrežnim sastavnicama, pohranom i potrošnjom kod korisnika energije je daljnji kamen temeljac za uspješnu provedbu energetske evolucije. Za to je potrebno raspolagati s naprednom komunikacijskom mrežom kao i standardiziranom i skalabilnom IT – platformom za vrednovanje i uporabu velike količine podataka.

#### 8. Istraživanje i razvoj moraju biti svesrdno podržani od svake nacionalne i europske politike.

Skup zadaća u raznim tehničkim područjima ide od temeljnih istraživanja u bazičnim tehnologijama, preko mikro systemske tehnike spremnika ili bezkontaktnog prijenosa energije, do pilot projekata i pokusa. Pitanje pohrane energije je i dalje, na svim razinama istraživanja, tema prvog reda i zahtijeva velike istraživačke napore.

#### 9. Energetska evolucija zahtijeva globalni pristup, integraciju obnovljive energije u sustav i tržište, razvoj IKT-e i energetske infrastrukture, kao i sigurnost kritične infrastrukture.

U tu svrhu, politika u sektorima koji se prožimaju mora provesti usklađenje pravnog i regulatornog okvira, koji kao takvi pružaju sigurnost planiranja i poticanje potrebnih i učinkovitih investicija, s ciljem osiguranja pouzdane opskrbe energijom.

#### 10. Napredni elektroenergetski sustav postavlja osobito visoke zahtjeve na zaštitu od manipulacija i napada.

Pouzdana i sigurna komunikacija je još jedan ključan element za uspjeh energetske evolucije. Za to su potrebni koherentni ukupni koncept za IT – sigurnost, više istraživanja, rano uključivanje sigurnosnih pitanja u razvoj novih sustava i pružanje veće tehnološko političke potpore. U svemu mora biti snažna uporaba mikroelektronike za očuvanje sigurnosti, od dizajna čipova do gotovog proizvoda, od mikročipova ugrađenih u sustave do cyber-fizičkog sustava.

Temeljitim sagledavanjem može se uočiti bitnu značajku energetske evolucije: ona je, istodobno, najveći izazov za energetski sektor u ostvarenju cilja održivog energetskog sustava i strateška inovacija koja se ostvaruje pod uvjetima visoke nesigurnosti utjecajnih činitelja (slika 33.).



Slika 33. Nesigurno okruženje za razvoj strateških inovacija u funkciji energetske evolucije

Iz slike prepoznamo tri područja činitelja utjecajnih na upravljanje pojedinim pothvatima energetske evolucije, a koji svaki nosi nesigurnost u vrijeme i snagu utjecaja. Upravo iz navedenih činjenica postaje razvidno kako energetska evolucija zahtijeva strateške odluke i menadžerski način upravljanja njihovog ostvarenja pri čemu je iznimno značajna koordinacija svih sudionika na ključnim pothvatima.

U postupku ostvarenja strateških inovacija uvijek postoje one sa zatvorenim, ali i otvorenim pitanjima među kojima onda treba uspostaviti ravnotežu, slijednost i sinkroniziranost u rješavanju između različitih razina sustava, sudionika i tehničkih područja. Tako neće niti jedna sastavnica sustava u prolasku kroz energetske evolucije postati „Ahilova peta“.

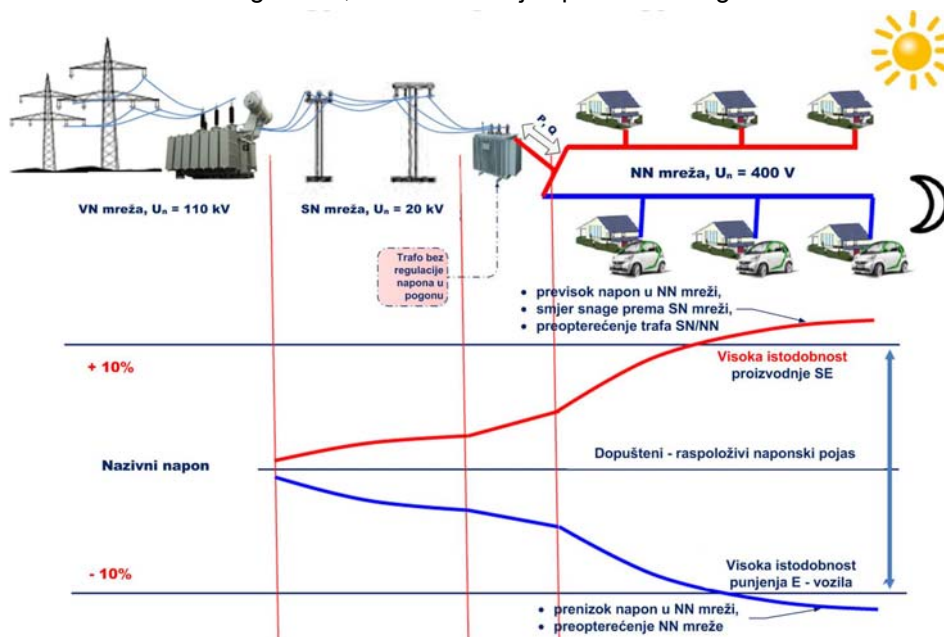
**Silnice opisane energetske evolucije, rekosmo, zahvatiti će u velikoj mjeri distribucijsku mrežu, a svaka evolucija donosi snažne promjene čijim se zahtjevima i značajkama valja prilagoditi.**

### 3.3. Izazovi za pogon distribucijskog sustava

Izazovi energetske evolucije za pogon distribucijskog sustava, potječu od njenih bitnih činitelja. Jednostavno je prepoznati primjerice (slika 34.) utjecaj velikog broja i snage obnovljivih izvora energije u



NN mreži (pretežito su to sunčane elektrane), te utjecaj cilja za smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u sektoru prometa primjenom elektromobila kao novog trošilo, ali kroz funkciju spremnika moguće i izvora u mreži.



Slika 34. Primjer mogućeg negativnog utjecaja energetske evolucije na pogonsko stanje NN mreže

Posljedica izgradnje velikog broja SE uz prethodno tehničko stanje NN mreže, može kod visoke razine istodobnosti proizvodnje (sredina dana) uzrokovati nedopušteno visoku razinu napona, a kod velike istodobnosti punjenja elektromobila, bez proizvodnje SE (večer), nedopušteno nisku razinu napona. Popratno naponskim okolnostima može nastati stanje preopterećenja mrežnog transformatora i/ili mreže. Kako bi se izbjeglo takva stanja, potrebna su strateška opredjeljenja i inovacije za budućnost distribucijske mreže.

Izazove energetske evolucije u širem smislu moramo prihvatiti kao zahtjeve prema distribucijskom sustavu u kojima se nedvojbeno prepoznaje, primjerice:

1. **pristup mreži** – omogućiti razvidan i nepristran pristup mreži korisniku mreže svake vrste,
2. **mreža** – osigurati veću kakvoću opskrbe (kakvoća napona, neprekinutost napajanja i kakvoća usluge), učinkovitu zaštitu od poremećaja i kvarova u uvjetima dvosmjernog i izrazito kolebljivog tokova snage,
3. **vođenje pogona mreže** – upravljati pogonom mreže tako da se osigura njegoa učinkovitost i korisnost za korisnike mreže uz očuvanje ravnoteže potreba korisnika i sposobnosti mreže, ali i tako da bude potpora funkcijama cijelog elektroenergetskog sustava (stabilnost, učinkovitost, ...),
4. **ponašanje korisnika mreže** – prilagodba potrošnje kupca cijeni ponuđene energije na tržištu, a proizvođača raspoloživom kapacitetu mreže i stanju bitnih značajki mreže (napon, opterećenje), ...

Za ostvarenje zahtjeva koje nameće energetska evolucija, mjerodavan je operator distribucijskog sustava (ODS) koji mora utvrditi cjelovite ciljeve poslovanja s distribucijskim sustavom i njegovim korisnicima, kako u reguliranim tako i u tržišnim uvjetima, moraju se utvrditi mrežna pravila objedinjavanja velikog broja OIE s mrežom i posebnosti potrošnje, a opet sve tako da se ne ograničava rast udjela OIE u funkciji ostvarenja klimatskih ciljeva. Kako je u distribucijskom sustavu mreža početak i kraj njegove održivosti, prvo nam je usvojiti nova motrišta prema ulozi mreže u ostvarenju energetske evolucije.

### 3.4. Odgovor na izazove energetske evolucije – napredna distribucija

U traženju odgovora na izazove moguće je prikloniti se klasičnim postupcima osiguravanja kakvoće opskrbe poduzimajući tehničke i fizičke zahvate prema mreži kao što su:

- razvoj izgradnjom nove mreže,
- zamjene i rekonstrukcije mreže, prije svega sastavnica mreže koji predstavljaju ograničenja,
- uvođenje u sustav daljinskog nadzora i upravljanja dijelova mreže,
- prilagodba sekundarnih sustava zaštite i mjerenja dvosmjernim tokovima promjenljivih iznosa djelatne i jalove snage (širok raspon vrijednosti), ...

Svakako da ovi i ini drugi klasični pothvati pomažu odgovoriti izazovima i mogu biti gospodarski opravdani, ali imaju svoja tehnička ograničenja kao i vrijeme trajanja. Najčešći činitelji narečenih ograničenja su: *gustoća i instalirana snaga, promjenljivost i nepredvidivost proizvodnje te mogućnost regulacije značajki pogona distribuiranih izvora*. Okrenuti budućnosti i dugotrajnijim rješenjima mora se tragati za naprednim rješenjima.

Operator distribucijskog sustava mora dobro prosuditi mora li se primjerice izgraditi nova mreža kad se velika preopterećenja događaju rijetko i kratkog su trajanja ili će pametnije prevladati ova stanja. Neophodno je upoznati nove izazove i za njih usvojiti nova rješenja kao što je:

- bilanciranje kolebljive proizvodnje s opterećenjem,
- upravljanje tokovima snage potrošnje i proizvodnje te njihovo usklađenje,
- nadzor i regulacija napona u priključnoj točki izvora s kolebljivom proizvodnjom,
- promatranje opterećenja potrošačkih skupina, posebno novih kao što su to električni automobili, s ciljem pravodobnog utvrđivanja tokova snage i moći preopterećenja sastavnica mreže,
- držanje kakvoće opskrbe na visokoj razini prema zahtjevima korisnika unatoč promjeni u mreži, ...

Neki postupci mogu biti djelotvorni, kao što su utjecaj na potrošnju kupaca i proizvodnju izvora s kolebljivom proizvodnjom, ali mogu istodobno značiti i zahvat u tržišne procese i odnose koji su između subjekata ugovorno uređeni. Korisnici mreže, proizvođači i kupci, kao energetske subjekti u proizvodnji i potrošnji električne energije, osim što njihova karakteristika proizvodnje/potrošnje ovisi od pridruženih im značajki, ovisi i od promjena na tržištu električne energije. Uvođenje i osposobljavanje kupaca kategorije kućanstvo za promjenjivu tarifu primjerice, može se ocijeniti kao značajkom naprednog tržišta. Međutim, kako će posljedica toga biti iznenadne promjene potrošnje, primjer je kako će tržišna aktivnost donijeti izazov za mrežu, a odgovor leži u naprednim rješenjima – u naprednoj mreži.

**U pristupu na pragu energetske evolucije, mreža predstavlja tehničku platformu koja je u naravi pasivna.** Napredna mreža pak u takvom pristupu predstavlja tehničku inovaciju kao odgovor novim tehničkim izazovima.

**U snažnom iskoraku energetske evolucije, mreža će se morati razvijati i osposobljavati u smislu proaktivne tržišne platforme.** Napredna mreža će tada, s današnje točke gledišta, biti temelj i za inovacije poslovnog modela rada ODS-a, a kao odgovor na nove trgovačke i strateške izazove energetske evolucije. Odnos ODS-a i tržišnih sudionika je vrlo složen i s više suprotstavljenih interesa pa u pristupu mreži se ne mogu zaobići sagledavanje tržišnih odnosa. Značajke oba pristupa mreži pri uvođenju naprednih rješenja kazuje slika 35.



*Napredne mreže moraju trajno promijeniti ulogu Operatora mreže!*

Slika 35. Potreba za promjenom bitnih motrišta o mreži na pragu i u toku energetske evolucije

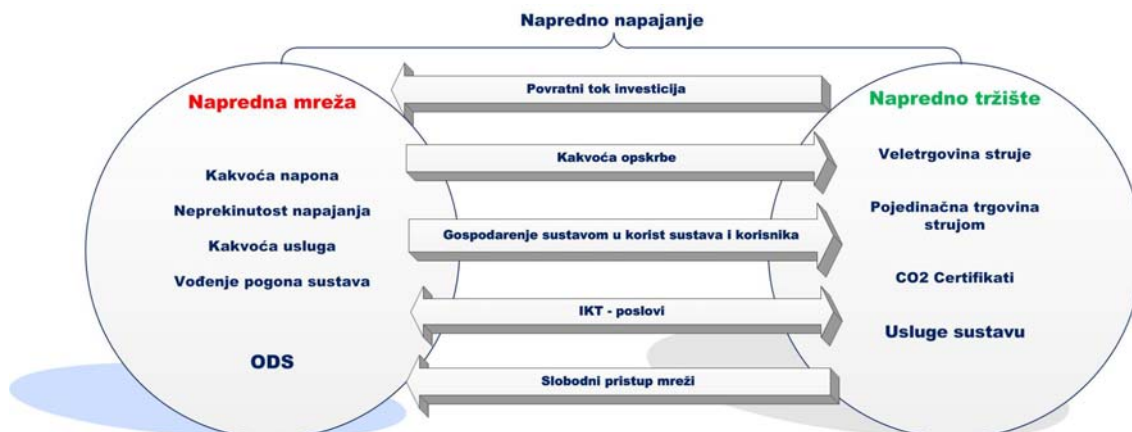
**Energetska evolucije, kao i njeni izazovi, opravdava i daje smisao naprednim mrežama, a svaka njena inovacija za postignuće cilja zahtjeva naprednu inovaciju u distribucijskoj i/ili prijenosnoj mreži, napose u elektroenergetskom sustavu [6].** Njihov razvoj ide ruku pod ruku.

Distribucijska mreža u RH, u ovom trenutku, jest bez važnih značajki napredne mreže te pripada obilježjima prvog pristupa iz prethodnog razmatranja, no potpuno otvaranje tržišta to će vrlo brzo promijeniti u korist neraskidivih veza između mreže i tržišta pa nam je krenuti putem smišljene uspostave napredne mreže.

Središnje mjesto među obvezama ODS-a jest, danas i sutra, kakvoća opskrbe i s njom je ovaj energetske subjekt izravno povezan s tržišnim odnosima. Njena kakvoća, kroz kakvoću napona i neprekinutost napajanja, najbolje se ostvaruje optimiranjem tehničkih zahvata s mrežom, uz istodobno

pametno oblikovanje uzajamnosti odnosa u vođenju pogona mreže i tržišnih akcija u odnosu na kupce i proizvođače.

Dolazimo do zaključka kako su **pod uvjetima energetske evolucije za visoku kakvoću opskrbe potrebna međusobno usklađena rješenja napredne mreže i naprednog tržišta**, a to onda oblikuje stanje opskrbe koje se može zvati **napredno napajanje**. Slika 36. daje sažetak međusobnih ovisnosti i odnosa.



Slika 36. Međusobni odnosi između subjekata mreže i tržišta u funkciji naprednog napajanja

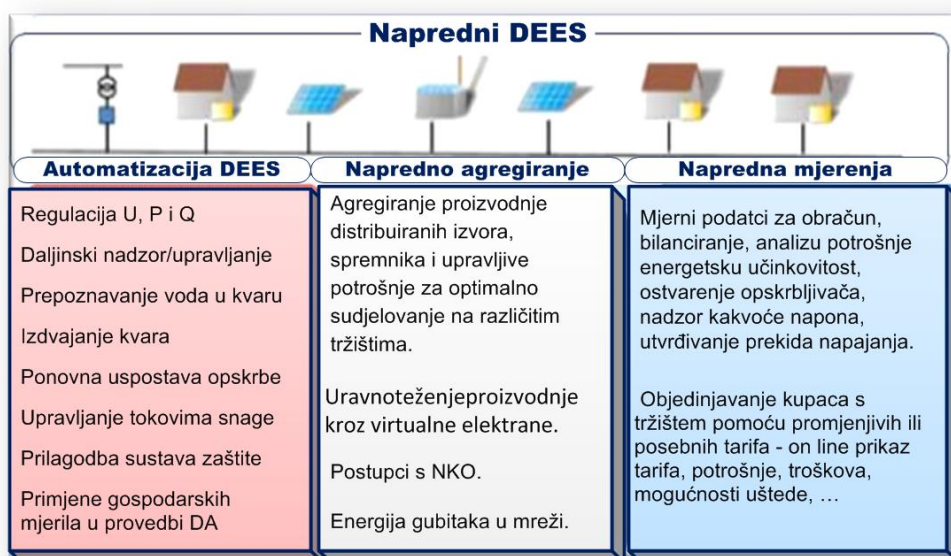
**Napredno napajanje** u slobodnom kazivanju možemo definirati kao:

*Napredno napajanje koordinira vođenje pogona distribucijske mreže s tržišnim obvezama i aktivnostima korištenjem komunikacijske i informatičke tehnologije (IKT), na način, da svakom sudioniku procesa opskrbe električnom energijom (operator sustava, proizvođač, kupac, opskrbljivač, trgovac, operator pohrane energije, ...) doprinosi ostvarenju misije i koristima u poslovanju.*

Kad sastavnice i funkcije jedne nerazdvojive cjeline dobivaju napredna obilježja i kad se funkcije tih cjelina napredno usklade, prihvatljivo je govoriti o naprednoj cjelini, u ovom slučaju o naprednoj distribuciji, o **naprednom distribucijskom sustavu**.

### 3.5. Kameni temeljci napredne distribucije

Kako bi distribucijski sustav odgovorio izazovima energetske evolucije, potrebno je na znanjima o problemu izgraditi kamene temeljce za promjene distribucijskog sustava uporabom naprednih funkcija djelatnosti distribucije električne energije te naprednih primarnih i sekundarnih sastavnica. Na slici 37. promišlja se napredni distribucijski sustav u dijelu koji je čvrsto vezan s mrežom, kao i u neizbježnom dijelu vezan s tržištem na kojem nije izravno ODS već korisnici njegove mreže.



Slika 37. Kameni temeljci naprednog distribucijskog sustava

Povezanost kamena temeljaca naprednog DEES-a s naprednim mrežama i tržištem obuhvatit ćemo prikazom u Tabeli I. ODS posjeduje mogućnost poticanja korisnika mreže na prilagodbu njihove proizvodnje i potrošnje na optimalne zahtjeve mreže i ponude tržišta. Korisnik mreže može odmjeriti svoje potrebe i koristi na dvije razine – na tržištu i kroz prilagodljivost u korištenju mreže. ODS prilagodljivost korisnika mreže nagrađuje pri čemu zapravo s njima dijeli gospodarske koristi od troškova izbjegnute izgradnje mreže, a zajedno bolje ostvaruju strategiju prema mreži.

Tabela I. Prilagodba mrežnih i tržišnih aktivnosti kroz sustav napredne distribucije

Sudionik/aktivnost	Napredna mreža	Napredno tržište
ODS/automatizacija i daljinsko upravljanje u mreži	u funkciji kakvoće opskrbe	slobodan pristup mreži
distribuirana proizvodnja	upravljanje tokovima snage i podrška naponu	energija i regulacijska rezerva
pohrana energije	upravljanje tokovima snage i podrška naponu	kupovina i prodaja energije
kupci / DSM (Demand Side Management)	upravljanje tokovima snage i podrška naponu	regulacijska rezerva
Kupci / DSR (Demand Side Response)	vremenski pomak korištenja snage	aktivni sudionik tržišta
virtualne elektrane/agregiranje	upravljanje tokovima snage i podrška naponu	optimiranje tržišta

U ovom referatu nećemo potanko obraditi sve sastavnice napredne distribucije, njenih kamena temeljaca sa slike 37., već samo odabrane vezane za mrežu.

### 3.5.1. Kakvoća napona u mreži kao zadaća svih zadaća operatora distribucijskog sustava

Među temeljne zadaća ODS-a jest osiguranje propisane kakvoće napona (EN 50160) na sučelju s postrojenjem ili instalacijom korisnika mreže, to je **zadaća svih zadaća**. Kako je kakvoća napona širok pojam, ovdje ćemo se usredotočiti na pitanje vrijednosti napona i njene stabilnosti u propisanom području dopuštenih vrijednosti, kroz podršku, širi pojam o djelovanju, te regulaciju.

#### Zašto je podrška kakvoći napona središnje pitanje i odgovor na izazove energetske evolucije?

Prije svega zato što su rezultati brojnih računalnih i istraživanja putem pilot projekata pokazali:

- statička podrška kakvoći napona proizvodnih postrojenja u točki priključenja, pruža mogućnost priključenja značajno više proizvodnih postrojenja (do 60%) u promatranoj postojećoj mreži i
- učinkovita regulacija napona, kao što je koncept koordinirane regulacije, u velikom broju slučajeva nadomješta potrebu za dodatnu izgradnju mreže pa je i s gospodarskog gledišta opravdana,
- svako iznenadno, nepredvidivo ponašanje proizvodnje i potrošnje lakše se prevlada.

Rekli bismo kako narečeno u našim uvjetima znači lakše izbjegavanje vječnog sukoba ODS-a i investitora proizvodnog postrojenja glede opravdanog opsega stvaranja tehničkih uvjeta u mreži kroz izgradnju mreže, a čiji troškovi padaju na teret investitora.

#### 3.5.1.1. Podrška naponu postupkom regulacije

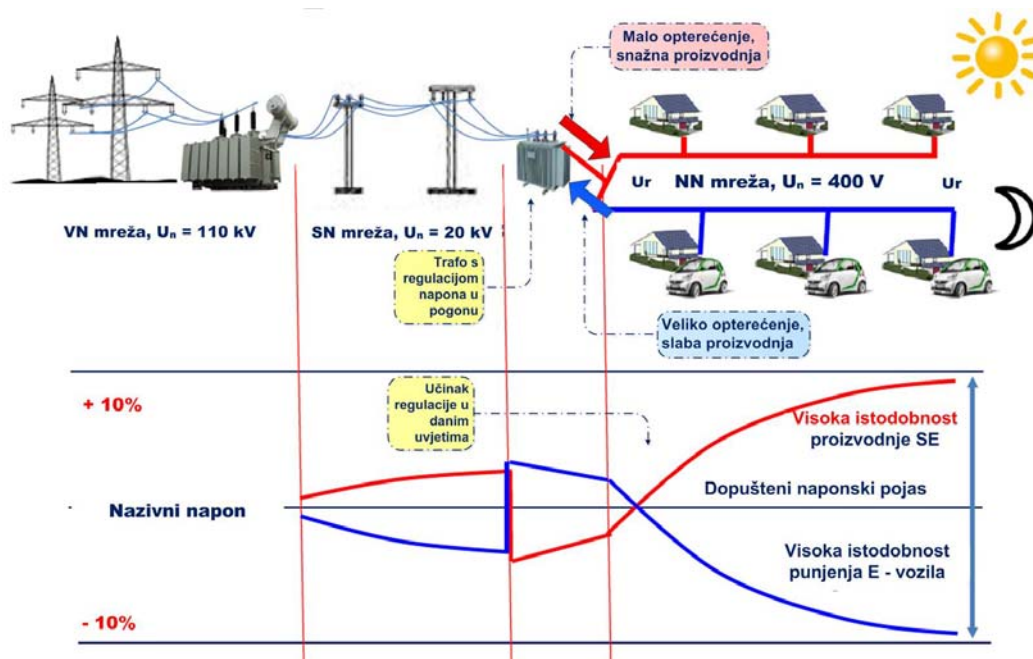
Danas ODS podršku naponu ostvaruje uobičajenim postupcima koji obuhvaćaju: planiranje razvitka mreže, izbor prijenosnih odnosa energetskih transformatora i opsega njihove promjene za svaku od naponskih razina, tijekom i izvan pogona transformatora, sve do korisnika na posljednjoj razini. U opredjeljenjima i proračunima koriste se mjerila graničnih vrijednosti pada napona kod najvećeg i najmanjeg opterećenja. Veliki napredak i sposobnost ovom pristupu, iskorak u naprednu mrežu, je primjena regulacije napona promjenom prijenosnog odnosa transformatora SN/NN u pogonu.

Ipak, ovaj postupak koji koristi inovaciju regulacije ne jamči ostvarenje temeljne zadaće kad pod utjecajem izvora izrazito kolebljive snage dolazi do dvosmjernih tokova snage, a pod utjecajem tržišta do nepredvidive potrošnje kupaca. Održanje napona u propisanim granicama postaje složeno, a granične vrijednosti opterećenja bez ulaganja u mrežu i uz uobičajenu regulaciju napona, nisu dovoljna mjerila za osiguranje kakvoće napona već promjena uobičajene paradigme uporabom slijedećih mjerila:

- najmanje opterećenje i najveća proizvodnja distribuiranih izvora, kao i
- najveće opterećenje i najmanja proizvodnja distribuiranih izvora.

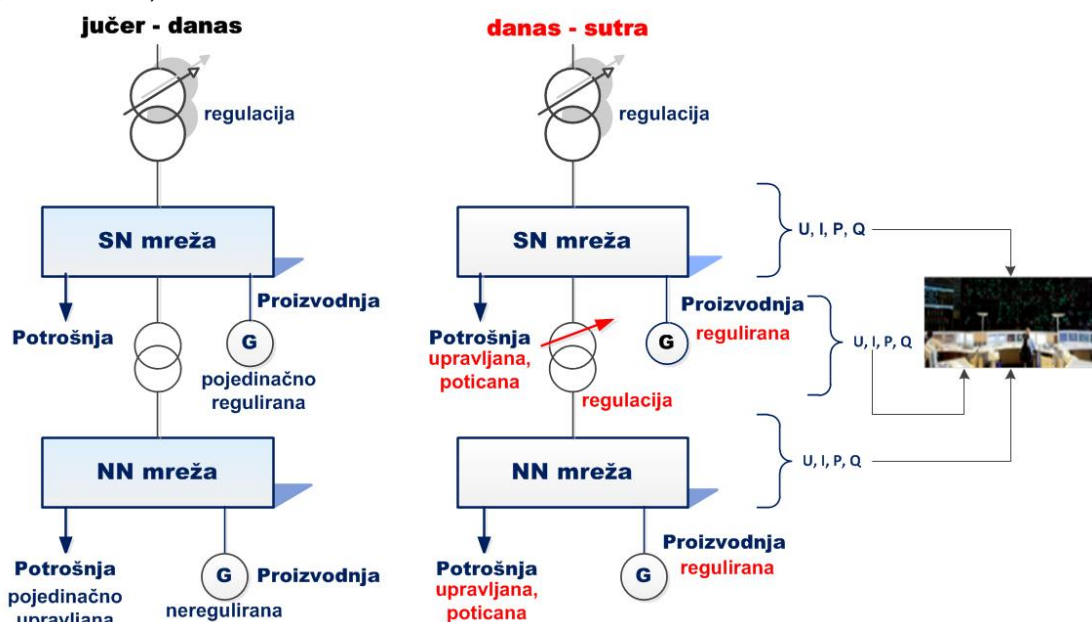
U prihvatljivom broju pogonskih okolnosti regulacija transformatora prema narečenim mjerilima bi zadovoljila održanje vrijednosti u dopuštenom pojasu (slika 38.).





Slika 38. Učinak postupka održanja napona u NN mreži regulacijom na transformatoru SN/NN

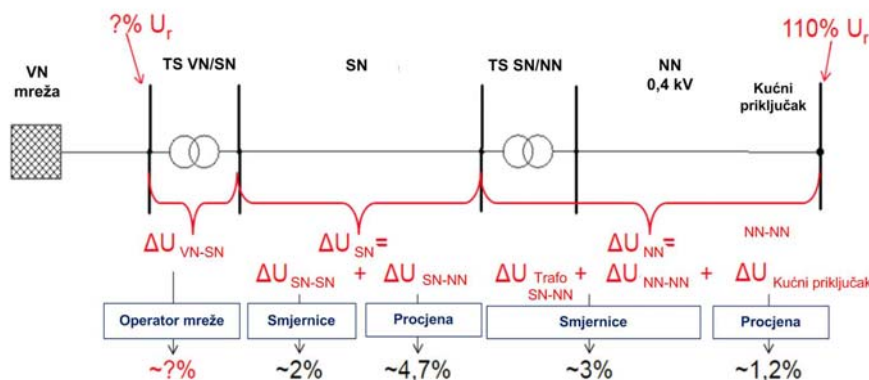
U skladu s narečenim, daljnji napredak u zadovoljenju mjerila za kakvoću napona zahtjeva još napredniji algoritam za regulaciju napona u realnom vremenu, što podrazumijeva koordinaciju promjene prijenosnih odnosa transformatora između svih naponskih razina u distribucijskoj mreži, utemeljenu na mjerenim vrijednostima napona na sabirnicama trafostanica, na sučelju proizvodnih postrojenja (posebno mjerenje ili podatak iz digitalnog brojila) kao i na krajevima NN vodova. Sutra s objedinjavanjem velikog broja obnovljivih izvora energije s distribucijskom mrežom, prijeko je potrebno primijeniti sustav regulacije napona u mreži utemeljen na **koordiniranoj regulaciji** (načelo na slici 39.) transformatora i generatora, mjerenju napona na karakterističnim točkama u mreži, kao i na upravljanju potrošnjom (izravno ili poticajnim tarifama).



Slika 39. Koordinirana regulacija - napredni koncept regulacije napona u mreži s distribuiranim izvorima

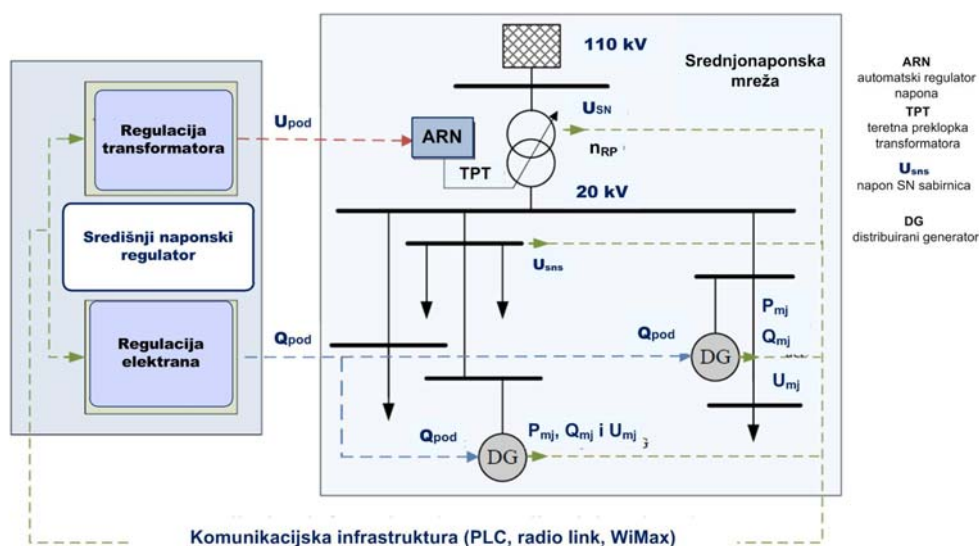
Temeljno polazište kod koordinirane regulacije po dubini distribucijske mreže, mora biti **raspodjela pada napona** po sastavnicama promatrane područne mreže, utvrđivanje dopuštenih granica i postavke regulaciji, kako to, kao primjer, prikazuje slika 40.





Slika 40. Primjer raspodjele dopuštenog pada napona uzduž mreže [7]

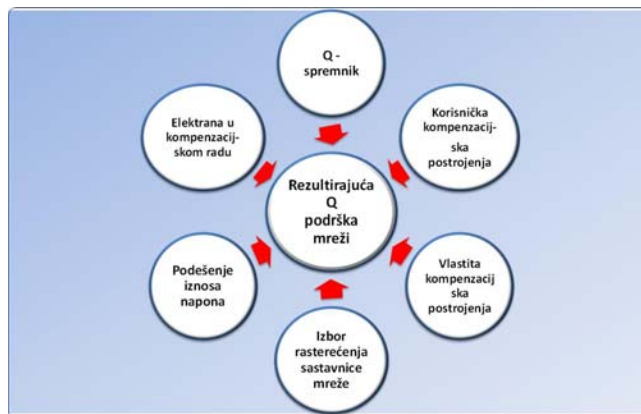
Jednostavan primjer koordinacije regulacije napona, na jednoj naponskoj razini, u srednjonaponskoj mreži [10] sa značajkama napredne regulacije prikazuje slika 41. Ukazujemo kako načela koordinacije nisu ostvariva bez sposobne, napredne komunikacijske infrastrukture. Potonja se razvija kao sastavnica napredne distribucije.



Slika 41. Primjer jednog koncepta koordinirane regulacije na srednjonaponskoj razini

### 3.5.1.2. Upravljanje jalovom snagom za statičku podršku naponu

Na pragu energetske evolucije potvrđuje se opravdanim uvesti pojam i pravila upravljanja jalovom snagom s jednakom ozbiljnošću kao i s djelatnom. Podrška mreži kroz upravljanje jalovom snagom (Q management) ima značenje kamena temeljca u izazovima energetske evoluciji. Pristup mora biti sveobuhvatan, znači promatranje rezultante djelovanja upravljanja jalovom snagom u mreži (slika 42).

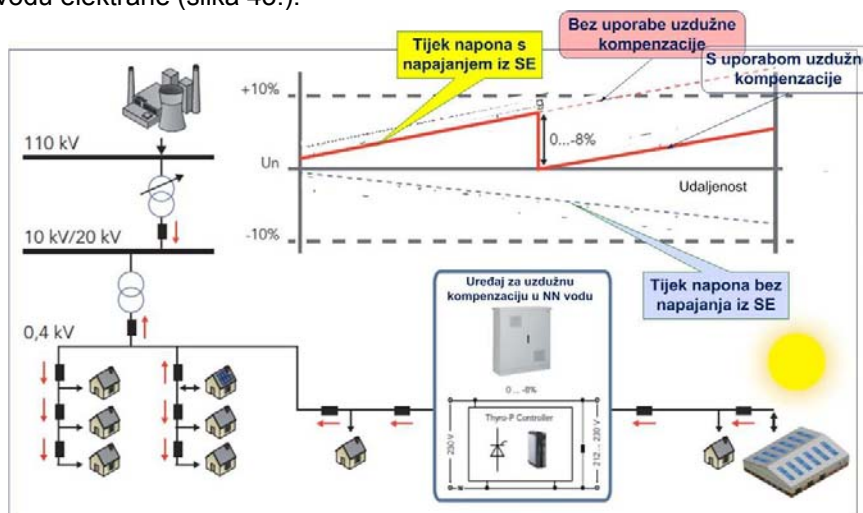


Slika 42. Sveobuhvatna uporaba jalove snage i upravljanje njome

Dokazano je kako se značajno bolji rezultati u statičkoj podršci naponu u mreži postižu usklađenom uporabom regulacije napona u pogonu transformatora i upravljanja tokom jalove snage. Regulacija napona osigurava naponski pojas u kojem se povećava sposobnost daljnjeg poboljšanja napona kroz upravljanje jalovom snagom.

Jalova snaga je izrazito važan utjecajan činitelj naponskih okolnosti u mreži, a to se posebno odnosi na mreže s velikom instaliranom snagom OIE i nedostatnom ukupnom potrošnjom ili s potrošnjom različite istodobnosti u odnosu na proizvodnju. Proizvodnjom i preuzimanjem jalove snage u proizvodnom postrojenju moguće je u realnom vremenu uravnotežiti kolebanja napona u mreži, sustavu. Kod pristupa proizvodnim postrojenjima kao izvorima jalove snage, valja uvažiti je li u trenutku potrebe jalova snaga raspoloživa obzirom na primarnu snagu. Kad u jednoj mreži postoje proizvodna postrojenja s Q regulacijskom sposobnošću, a različitim primarnom snagom (Sunce, vjetar) i kad su opremljena spremnicima energije, povećava se raspoloživa regulacijska sposobnost jalove snage. Treba težiti sposobnosti proizvodnih postrojenja za „on line“ prijam obvezne vrijednosti prijama ili predaje jalove snage.

Nema dvojbe kako je potencijal iskoristive jalove energije u distribucijskoj mreži velik, a trenutno zapostavljen, te kako je prijeka potreba uključiti ga u sustav podrške naponu. Tako primjerice, uzdužna kompenzacija, kao poznato rješenje, u naprednoj inačici za NN mreže može značajno doprinijeti podršci napona kad su u izvodu elektrane (slika 43.).



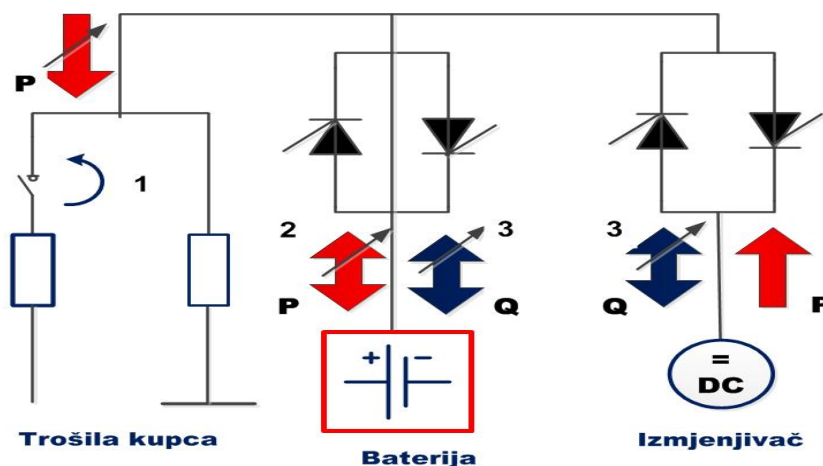
Slika 43. Učinci naprednog rješenja uzdužne kompenzacije jalove snage u NN izvodu s OIE

### 3.5.1.3. Uključenje korisnika mreže u održanje kakvoće napona

Održanje kakvoće napona, može se postići naprednim rješenjima u okviru postupaka naprednog napajanja kad važnu ulogu moraju preuzeti kupci i proizvođači. Tako se, primjerice, kod velike snage napajanja iz sunčanih elektrana sredinom dana može upravljati naponom povećanim **preuzimanjem djelatne i jalove snage** u njihovoj blizini, a na neki od ova tri načina (opisu je pridružena slika 44.):

1. Ponudom nižeg iznosa tarifnih stavki za potrošnju energije i/ili korištenje mreže, što potiče kupce na intenzivnu potrošnju. Preduvjet za to je informiranost kupaca, a ostvarenje kroz napredna mjerenja, napredni dom i komunikaciju s postrojenjem ili instalacijom korisnika mreže,
2. Operator distribucijskog sustava ili vlasnik elektrane može u kritičnu točku mreže postaviti baterije za pohranu i uspostaviti proces pohrane u vrijeme velikog napajanja iz izvora kolebljive proizvodnje i
3. Kada su u elektrani kolebljive proizvodnje uz izmjenjivače, a u postrojenju za pohranu uz baterije, IGBT elementi (Insulated Gate Bipolar Transistor), moguć je njihov pogon s preuzimanjem jalove snage.

U suprotnom slučaju, kada se prikazanim načelima želi održati kvalitetan napon u doba vršnog opterećenja i slabašne snage izvora u istoj mreži, postupci se vode s obrnutim smislom: tarifne stavke su viših iznosa, baterijski spremnik se prazni, a jalova snage se iz izvora predaje u mrežu.



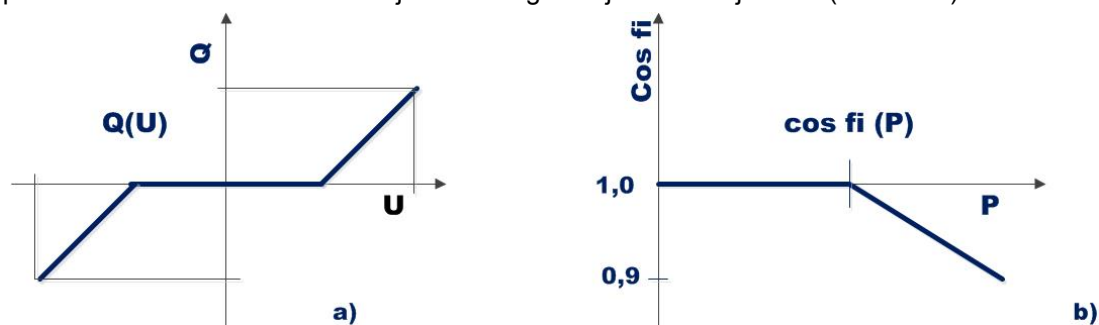
Slika 44. Napredna rješenja za aktivno sudjelovanje kupca i proizvođača u podršci naponu

Regulacija napona na sučelju proizvodnih postrojenja s mrežom prema načelu  $Q(U)$  je djelotvoran postupak za zaprečavanje povišenja napona u distribucijskoj mreži kod visoke razine proizvodnje distribuiranih izvora i održanje stabilnosti njegove vrijednosti. Načelo je utemeljeno na mjerenju napona i regulaciji izlaza izmjenjivača u smislu predaje ili preuzimanja jalove snage.

Drugo primjenjivano načelo je  $\cos \phi(P)$  čije je djelovanje, glede utjecaja na tok jalove snage određeno zadanom obveznom vrijednosti  $\cos \phi$  ili njegovom ovisnošću od trenutne proizvodnje djelatne snage. Načelo  $Q(U)$  pokazuje prednosti pred načelom  $\cos \phi(P)$  i to prema slijedećim kriterijima:

- učinak podrške naponu u NN mreži,
- povratno djelovanje na višu naponsku razinu i
- utjecaj na gubitke u mreži.

Načelo regulacije  $Q(U)$  određuje naponsku karakteristiku ovisnu od napona (slika 45a.), a načelo  $\cos \phi(P)$  naponsku karakteristiku ovisnu od djelatne snage što je mreži daje izvor (slika 45b.).



Slika 45. Dva načela regulacije napona na sučelju proizvodnih postrojenja i mreže kao potpora naponu

Regulacija napona proizvodnog postrojenja prema načelu  $Q(U)$  aktivno podržava napon što dopušta priključenje više izvora obnovljive energije bez potrebe dodatne izgradnje mreže ili ugradnje mrežnog transformatora s regulacijom u pogonu, a koliko je u tome djelotvorna, ovisi o osobinama mreže. U kombinaciji s transformatorom SN/NN s regulacijom u pogonu, stabilnost kvalitetnog napona u NN mreži neće biti ugrožena.

### 3.5.2. Pohrana proizvedene električne energije

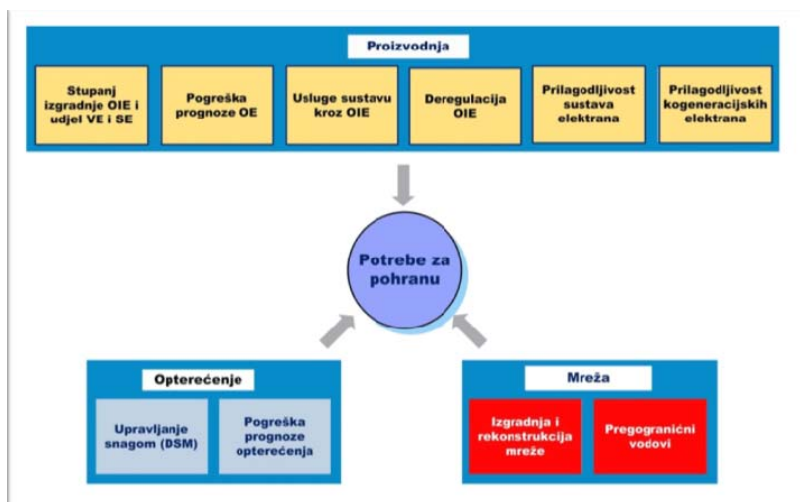
Na prvi pogled, to zvuči kao paradoks: iako će se čovječanstvo opredijeliti za nezaustavljivi rast udjela obnovljivih izvora energije, elektroenergetskim sustavima treba i dalje dovoljna snaga elektrana s vazda raspoloživom proizvodnjom, elektrana čija je primarna energija uskladištena u tankovima (nafta), rezervoarima (zemni plin), otvorenim površinama (ugljen).

**Obnovljivi ili fosilni izvori električne energije?** To je nepostojeća dvojba, mi ih trebamo oboje ali s obrnutim udjelom u podmirivanju potrošnje i djelomičnom zamjenom uloga.

Kolebljivost primarne energije kod VE i SE zahtjeva uravnoteženje kolebljive proizvodnje ovih izvora energije, a za to je oduvijek jedno od rješenje bila pohrana viška energije u spremnike. Kolebljiva

produkcija redovito “ne prati”, isto tako kolebljivu potrošnju pa uravnoteženje sustava (produkcije i potrošnje) postaje vrtlog iz kojeg se mora tražiti izlaz. Vidi se u pohrani energije, ali i aktivnoj ulozi kupca u smislu prilagodbe potrošnje.

Zato se mnogi slažu kako je jedan od stupova energetske evolucije kroz OIE u distribucijskom sustavu **pohrana i spremnici obnovljive električne energije**. Bez pohrane energije, opskrba energijom, u uvjetima velikog udjela OIE postaje gotovo nemoguća, spremnici za pohranu biti će nosivi stupovi novog EES-a. Spoznaje o spremnicima su nove pa se često postavljaju pitanja o ulozi spremnika kao: jesu li spremnici energije sastavnice mreže, ili proizvodnog postrojenja ili u slučajevima malih SE potrošača energije? Različita su motrišta o potrebi primjene pohrane i pravila korištenja pohranjene energije (slika 46.).



Slika 46. Pohrana energije u distribucijskom sustavu između proizvodnje, mreže i tokova snaga

#### Je li pohrana spasonosno, rješenje bez ostatka za ostvarenje energetske evolucije?

Spremnici i pohrana energije su prije svega namijenjeni vremenskom usklađenju između potražnje i ponude energije te načelno taj postupak nije suprotstavljen sposobnostima i funkciji energetske mreže koja, povezujući dijelove sustava, služi uravnoteženju prostorno udaljenih izvora i potrošnje. Studije i istraživanja pokazuju kako su spremnici i pohrana električne energije djelotvoran odgovor za stabilnost EES kod velikog udjela proizvodnje iz OIE s izrazito kolebljivom primarnom snagom.

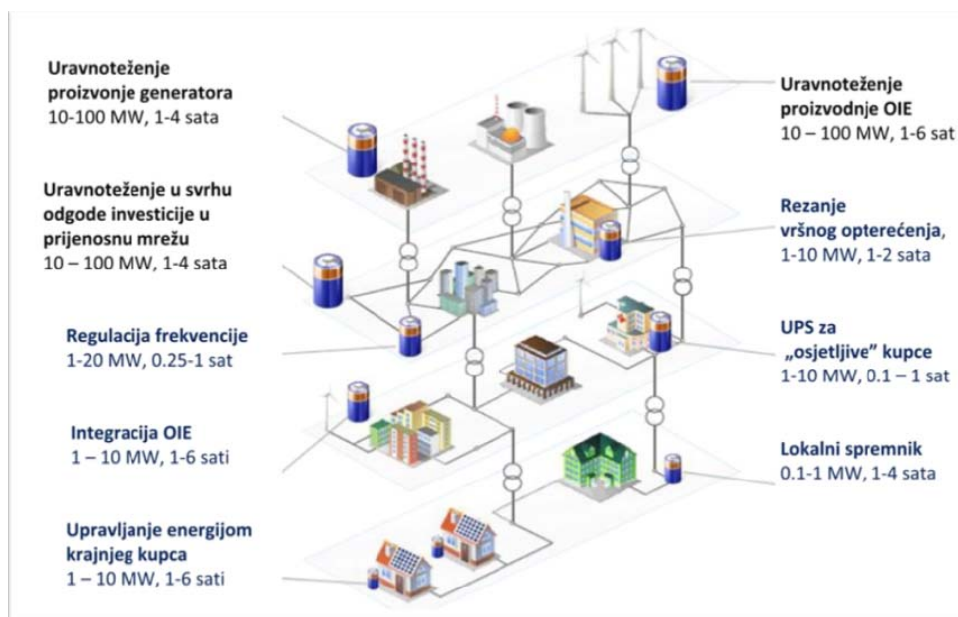
Razina udjela OIE kod koje su spremnici prijeko potrebne sastavnice distribucijske mreže, gospodarski isplative, ovisi o **razvijenosti i kapacitetu mreže i sposobnostima sustava upravljanja opterećenjem**. Sigurna razina udjela proizvodnje iz OIE u bruto potrošnji kod kojih je **opravdana i potrebna uporaba sustava spremnika je 40%**.

Nema dvojbe kako će inženjeri baterijama i pridruženoj elektroničkoj regulaciji udahnuti sposobnost postizanja brzine i točnosti gospodarenja energijom u funkciji regulacije, kao što se to danas postiže kod konvencionalnih elektrana s najboljim odzivom.

Spremnici za pohranu električne energije u tržišnoj utakmici regulacije ravnoteže nadmašiti će konvencionalne elektrane.

Operatori sustava moraju prihvatiti ovo rješenje kao nadmoćno za borbu s nepodopštinama što pogonu sustava donosi izrazito kolebljiva proizvodnja električne energije iz VE i SE nositelja energetske evolucije. Spremnici i pohrana energije s osmišljenim funkcijama, od uravnoteženja, preko odgode investicije u mrežu, rezanja vršnog opterećenja, do objedinjavanja OIE s mrežom, naći će svoje mjesto na svim naponskim razinama u EES (slika 47.)



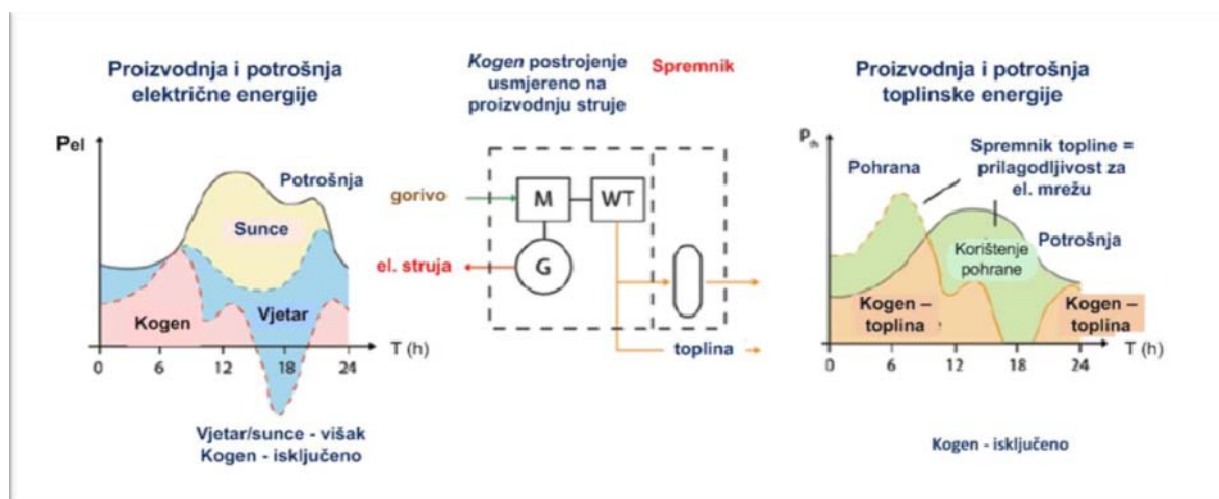


Slika 47. Spremnici i pohrana energije u EES u cjelovitoj funkciji [11]

Posebnost uporabe različitih tehnologija pohrane i čuvanja u spremnicima u smislu energetske učinkovitosti i uporabne korisnosti, prepoznaje se u njihovoj sposobnosti objedinjavanja različitih energetskih sektora, a to smo u poglavlju 1. naglasili kao novu sastavnicu strategije u provedbi klimatskih ciljeva.

U budućnosti će zbog naših potreba za električnom i toplinskom energijom, svoje energetske učinkovitosti, a posebno zbog objedinjavanja korištenja primarne energije iz OIE u više energetskih sektora sekundarne energije, strujno – toplinski procesi s uporabom spremnika električne i toplinske energije biti perjanice pohrane energije. Zar se u to može posumnjati ako se zna da se u tim procesima kroz istodobnu proizvodnju i pohranu energije može postići korisnost energetske pretvorbe od 90%.

Značenje objedinjavanja procesa proizvodnje i potrošnje struje i topline (slika 48) ogleda se u tome što se višak električne energije pohranjuje kroz toplinu jer to traži značajno tehnički jednostavniji i postupak s nižim troškovima nego li pohrana viška električne energije u istom obliku. Osim učinkovitosti ovi povezani procesi doprinose prilagodljivosti elektrane na kolebanje potrošnje.



Slika 48. Kombinacija kogeneracijskih postrojenja i spremnika topline u funkciji njihove prilagodljivosti

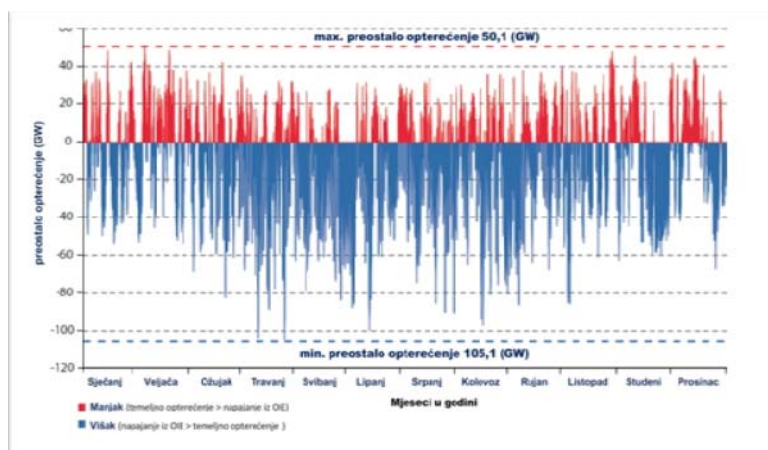
Nema dvojbe kako će energetska evolucija rezultirati i velikim brojem objedinjenih energetskih postrojenja u distribucijskoj mreži za potrebe obrtništva i kućanstava, a u njima će se kombinirati pohrana električne energije i topline na vrlo učinkovit način. Energetsku evoluciju obilježiti će raspršivanje malih proizvodnih postrojenja sve u dilj distribucijske mreže do podruma i nusprostorića.

### 3.5.3. Upravljanje tokovima snage

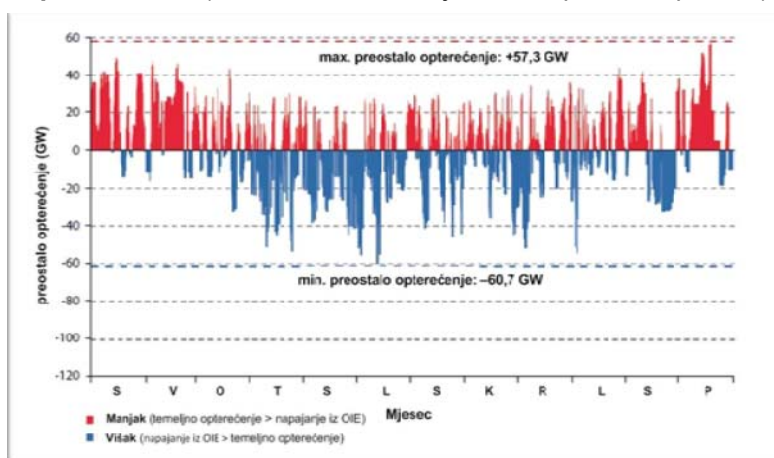
U distribucijskoj mreži prije „masovne” primjene spremnika energije treba uvesti i iskoristiti **moгуćnosti upravljanja tokovima snage u mreži** (Lastmanagement ili Demand Side Management) i **upravljanja potrošnjom** (ugovorno uređeno uključivanje i isključivanje). Simulacije s podacima realnih EES, svi bitni podatci poznati, ukazuju kako napredni **DSM može značajno utjecati na manju razinu potrebe za pohranom**. Može se reći kako je upravljanje snagom **virtualni spremnik energije**.

Procjenjuje se kako je povezanost djelovanja funkcija upravljanja snagom i pohranom pak najdjelotvornija koncepcija vođenja pogona sustava s velikim udjelom OIE kolebljive primarne snage. Pogledajmo korisnost uporabe DSM i pohrane u jednom stvarnom EES kroz utjecaj na minimalno i maksimalno preostalo opterećenje (slika 49a i b) [1].

#### a) Realni EES, bez uporabe DMS i bez pohrane.



#### b) Realni EES, uporaba DMS (elektromobili, uređaji klime, toplinske crpke, ...) i pohrane.

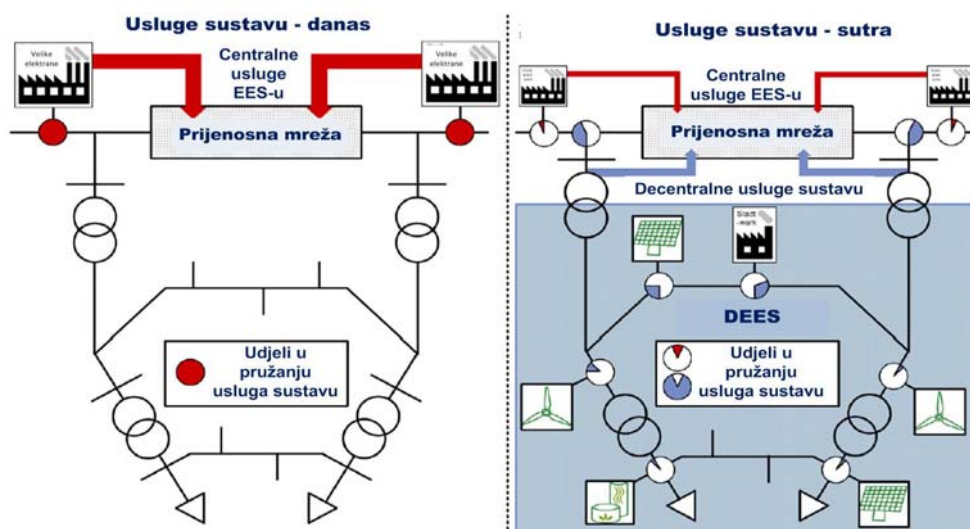


Slika 49. Utjecaj uporabe DMS funkcija i pohrane u realnom EES na smanjenju preostalog opterećenja

Kako je pohrana električne energije posljedica energetske evolucije, **spremnici postaju sastavnice distribucijske mreže**, koji je dodatno stavljaju u vrtlog, ali i sastavnica cijelog elektroenergetskog sustava. **Upravljanje snagom i pohrana električne energije** pak, novi su dvojac funkcioniranja EES u kojem će sutra, u odnosu na jučer, djelatnosti biti međusobno duboko prožete istim ciljem – održivom stabilnosti sustava i opskrbe električnom energijom.

### 3.6. Stabilnost EES uz pomoćnu uslugu i usluge sustavu iz distribucijskog sustava

Funkcija distribucijskog sustava neće biti opterećena samo velikim brojem raspršenih izvora i pogonskim uvjetima koje njemu samom donosi ta značajka, njegove funkcije će biti objedinjene sastavnice ciljeva održavanja stabilnosti EES-a u uvjetima velikog udjela obnovljivih izvora u podmiranju izravne potrošnje električne energije. Iz distribucijskog sustava davat će se aktivna potpora, usluge sustavu za njegovu stabilnost. I dok ta potpora danas i jučer ima porijeklo u elektranama prijenosne mreže, sutra će rasti sadržaj i snaga pomoćne usluge iz distribucijske mreže (slika 50.).



Slika 50. Usluge elektroenergetskom sustavu iz aktivnog distribucijskog sustava danas-sutra

Među naglašenim pitanjima vezanim za stabilnost pogona EES-a u vremenu velikog udjela elektrana s kolebljivom primarnom snagom (VE i SE), jest pitanje o mogućnosti rada izmjenjivača u SE i VE elektranama, ponašanje skupa izmjenjivača, koje je za mrežu vjerna slika ponašanja konvencionalnih proizvodnih jedinica. Kad SE i VE s izmjenjivačima, smanjuju vrijeme pogona konvencionalnih elektrana, mogu li kada budu na mreži umjesto njih s nadmoćnom instaliranom snagom, zamijeniti rotirajuće mase sinkronih generatora kojim se inače ostvaruje stabilnost pogona sustava, pitanje je sad?

Intenzivna istraživanja s mrežom i samovođenim izmjenjivačima, te izmjenjivačima s impulsnom modulacijom, a u usporedbi sa sinkronim generatorom, pokazuju kako se implementacijom napredne regulacije prema mreži oblikovanim izmjenjivačima, može očekivati sposobnost elektrane s izmjenjivačima za:

- Regulaciju snage/frekvencije
- Primarnu regulaciju,
- Sekundarnu regulaciju,
- Crni start i

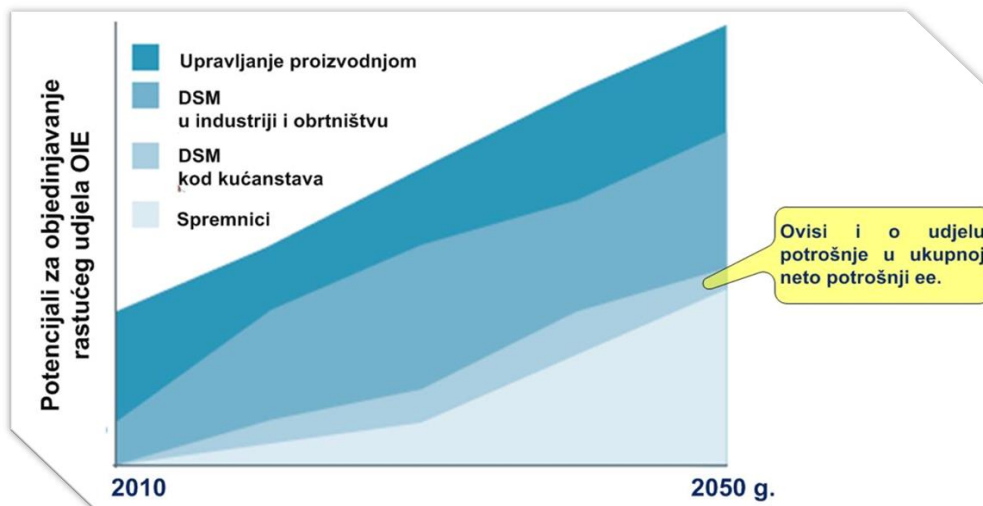
druge dobre osobine dinamičkih strojeva.

Za postizanje cilja „stabilan sustav“, glavni potporni stup ne leži u ljudskoj sposobnosti stvaranja nekih novih vrsta izvora obnovljive energije, nego u sposobnosti svladavanja tehničkih problema koje će donijeti energetska evolucija s velikim udjelom distribuirane proizvodnje s obnovljivim izvorima kolebljive primarne energije u pogon distribucijskog i cijelog elektroenergetskog sustava. Osnovne sastavnice naprednog distribucijskog sustava, iz kojeg će proizlaziti nove funkcije i sposobnosti, prikazuje slika 51.



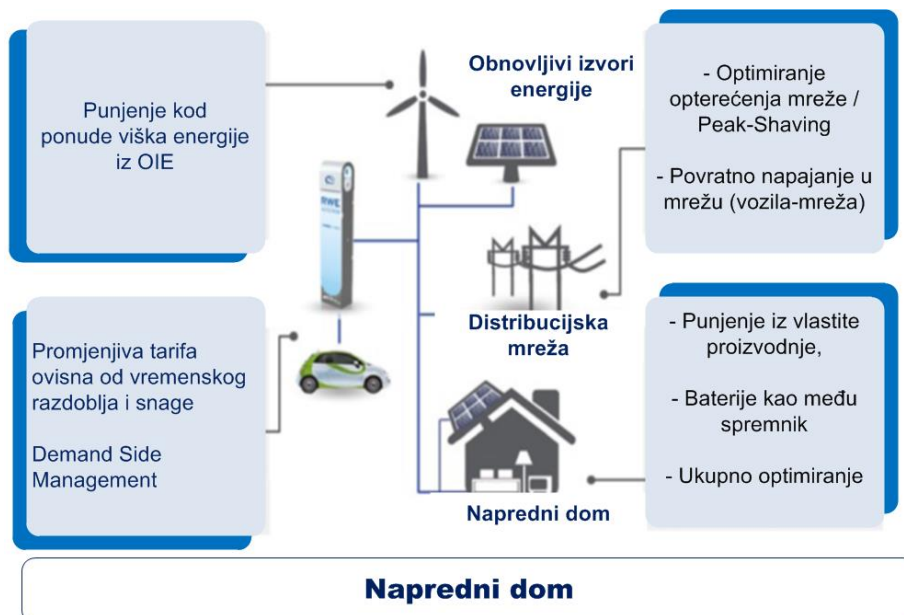
Slika 51. Nezaobilazne sastavnice DEES-a kao posljedica izazova energetske evolucije

U prilagodbi distribucijskog sustava energetske evoluciji ipak je korisno procijeniti korisni potencijal svakog postupka kojim se uspješno objedinjavaju obnovljivi izvori energije u distribucijski sustav. Jednu procjenu projiciranu do 2050. godine, kad se očekuje omjer udjela u podmirivanju bruto potrošnje „80 : 20“ u korist obnovljivih izvora, prikazuje slika 52. Vidimo kako uloga korisnosti spremnika raste s udjelom obnovljivih izvora energije (on s godinama) i kako je upravljanje proizvodnim postrojenjima trajno koristan pothvat.



Slika 52. Prikaz potencijala pojedinih naprednih postupaka za uspješno objedinjavanje OIE u sustav

Unatoč činjenici s prethodne slike koja kazuje kako su potencijali naprednih postupaka (DSM) kod kućanstava za uspješno objedinjavanje OIE u sustav relativno mali, nezaobilazna su napredna i korisna rješenja koja nudi napredni dom kroz mogućnost uravnoteženja vlastite proizvodnje i potrošnje, upravljanja potrošnjom i uporabu elektromobila kao trošila i spremnika energije (slika 53.). Kako je u RH udjel potrošnje kućanstava gotovo jednak kao industrije, napredni dom je potencijal za uvažavanje [8].



Slika 53. Budućnost objedinjavanja proizvodnje, potrošnje i pohrane energije u napredni dom

#### 4. ZAKLJUČNA MOTRIŠTA

Pojam energetske evolucije izražava snažno smanjenje globalne emisije stakleničkih plinova u funkciji zaštite klime, takvo da 2030. godine emisija bude manja za 40%, a 2050. godine najmanje za 80% u odnosu na vrijednost emisije 1995. godine. Tome cilju mora značajno doprinijeti i elektroenergetski sektor kao najveći sudionik štetne emisije, a doprinos će se prije svega ostvariti zaokretom u opskrbi električnom energijom i to od njene proizvodnje iz fosilnih goriva prema proizvodnji iz obnovljivih izvora



energije, a potom i učinkovitom uporabom električne energije. Energetska evolucija elektroenergetskog sustava znači njegovu promjenu od sustava s visokom u sustav s niskom razinom emisije CO<sub>2</sub>, od sustava škodljivog u sustav neškodljiv za okoliš, u sustav koji podržava klimatske ciljeve.

Energetska evolucija je pravi i prijeko potrebni korak za naš put u sigurnu, gospodarski uspješnu i za okolinu snošljivu budućnost. Kako je evolucija elektroenergetskog sektora u neraskidivoj vezi s podmirenjem velikog udjela bruto potrošnje električne energije iz OIE, izgradnju i pogon takvog sustava prati lavina izazova za operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava. kojima se mora odgovoriti kako bi se korisnicima mreže jamčila zahtijevana kakvoća opskrbe. Izazovi nisu u fizikalnom smislu nepoznanica dosadašnjeg života EES-a, primjerice statička podrška kakvoći napona, ali je njihova složenost takva da traži nova pronicljiva, napredna rješenja.

Distribucijski sustav, pored prijenosnog sustava, kao temelj elektroenergetskog sustava biti će izrazito podvrgnut izazovima energetske evolucije, a dodatne izazove donijeti će i za korisnike sustava sasvim otvoreno tržište električne energije.

Prilagodba i sposobnost odgovora izazovima energetske evolucije distribucijskog sustava, operator distribucijskog sustava treba tražiti u već primijenjenim i novo osmišljenim rješenjima naprednih mreža. Ako se do izazova energetske evolucije u dijelu stručnog svijeta smatralo napredne mreže običnom tlapnjom, odgovori na izazove energetske evolucije uistinu moraju imati obilježja naprednih pa se više ne može dvojiti niti o naprednim mrežama. Napredne mreže u funkciji razvoja energetske evolucije predstavljaju treći korjeniti ciklus promjene EES.

Kako bi proveo korjenite promjene distribucijskog sustava, u vrtlogu okolnosti koje će donijeti energetska evolucija, operator distribucijskog sustava mora biti odgovoran i samostalan u odlučivanju kako bi s jasnom vizijom prema izazovima i pravima korisnika mreže ostvario distribucijski sustav sa značajkama naprednog.

## LITERATURA

- [1] Michael Sterner, Ingo Stadler; „Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration“, Springer Vieweg, 2014.
- [2] Volker Quaschnig; „Regenerative Energiesysteme“, Hanser Fachbuch Verlag, 2015.
- [3] Karl Strauß; „Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen“, Springer Verlag, 2006.
- [4] Rolf Rüdiger Cichowski; „Anlagentechnik für elektrische Verteilungsnetze“, EW Verlag, 2015.
- [5] Agora; „Stromverteilnetze für Energiewende“, Stakeholder Dialogs, Agora, 2013.
- [6] Dr.B.M.Bucholz, Z. Styczynski; Smart Grids – Grundlagen und Technologien der elektrischen Netze der Zukunft, VDE Verlag, 2014.
- [7] Dr.B.M.Bucholz: Europäischen Pilotprojekts Web2Energy, 2010 – 2013, Darmstadt.
- [8] VDE (ETG); „Elektrische Energieversorgung auf dem Weg nach 2050“, VDE Verlag, 2013.
- [9] Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; „Forschungsprojekt Nr. 44/12 Verteilernetzstudie“, BMWi, 2014.
- [10] Bundesamt für Energie BFE; „Zustandsanalyse und Entwicklungsbedarf von Technologien für ein Schweizer Smart Grid“, Consentec, 2013.
- [11] T. Capuder; Prezentacija na seminaru „Pogon distribucijskog sustava“, HO CIRED, Zagreb, 2015.
- [12] D. Karavidović; Pozivni referat „Energetske promjene i uloga distribucijske mreže“, HKIE, Varaždin 2013.
- [13] D. Karavidović; Pozivni referat „Distribucijski sustav i njegov operator u vrtlogu energetske evolucije“, HKIE, Zadar 2015.