

PAMETNE MREŽE KAO OSNOVA ODRŽIVE ENERGETSKE TRANZICIJE U POSLOVANJU / SMART GRIDS AS A FOUNDATION FOR SUSTAINABLE ENERGY TRANSITION IN BUSINESS

Armin Čelarević¹

¹Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Aleja Konzula – Meljanac bb, Travnik, BiH
e-mail: celarevicarmin@gmail.com

Pregledni članak
UDK / UDK 621.3:620.9:338.1:504

Sažetak

Pametne mreže predstavljaju novu generaciju elektroenergetskih sistema koji koriste digitalne tehnologije za veću efikasnosti, pouzdanosti i održivost snadbjevanja energijom. Omogućavaju integraciju obnovljivih izvora energije, dvostrani protok informacija između proizvođača i potrošača, te aktivno upravljanje opterećenjem, čime se optimizuje energetska potrošnja u realnom vremenu. Automatizacija i praćenje u realnom vremenu omogućavaju kompanijama detaljan uvid u energetske potrebe i prilagođavanje potrošnje, posebno u periodima visokih cijena struje ili preopterećenja mreže. Također, pametne mreže omogućavaju kompanijama aktivno učešće u održivoj energetskej tranziciji kroz integraciju cirkularnih praksi i smanjenje emisije ugljen-dioksida. Pametne mreže, zahvaljujući automatskom otkrivanju i otklanjanju kvarova, smanjuju rizik od prekida napajanja, što je ključno za nesmetano poslovanje industrija koje ovise o stalnom snadbjevanju energijom. Uvođenje ovih mreža donosi i izazove, kao što su visoki početni troškovi, potreba za infrastrukturnim prilagođavanjem i rješavanje pitanja sajber sigurnosti. Međutim, njihova implementacija donosi značajne koristi u smanjenju ugljičnog otiska i unapređenju održivih poslovnih modela.

Ključne riječi: *Pametne mreže, obnovljivi izvori energije, emisija ugljen-dioksida, sajber sigurnost*

JEL klasifikacija: Q41, Q42, Q55, L94, O33, H54

Abstract

Smart grids represent a new generation of electrical systems that use digital technologies to improve the efficiency, reliability, and sustainability of energy supply. They enable the integration of renewable energy sources, bidirectional communication between producers and consumers, and active load management, optimizing energy consumption in real time. Automation and real-time monitoring provide companies with detailed insights into their energy needs and allow them to adjust consumption, especially during periods of high electricity prices or grid overloads. Additionally, smart grids enable companies to actively participate in the sustainable energy transition by integrating circular practices and reducing carbon dioxide emissions. Thanks to automatic fault detection and resolution, smart grids reduce the risk of power outages, which is crucial for the uninterrupted operation of industries that rely on a constant energy supply. The implementation of these grids also presents challenges, such as high initial costs, the need for infrastructure adjustments, and addressing cybersecurity issues. However, their adoption offers significant benefits in reducing carbon footprints and improving sustainable business models.

Keywords: *Smart Grids, Renewable Energy Sources, Carbon Dioxide Emissions, Cyber Security*
JEL classification: Q41, Q42, Q55, L94, O33, H54

UVOD

Pametne mreže donose duboku transformaciju u načinu na koji se električna energija upravlja, distribuira i koristi. Tehnološki napredak u ovom području omogućava daleko više od prostog automatskog očitavanja potrošnje, on donosi real-time analitiku i unapređeno upravljanje energetske resursima, što dovodi do značajnih energetske ušteda i smanjenja troškova. Pametne mreže koriste digitalne tehnologije za povećanje pouzdanosti, sigurnosti i efikasnosti elektroenergetskih sistema, što predstavlja ne samo tehnički napredak, već i prilagođavanje energetske sistema potrebama i izazovima 21. stoljeća, u kojem održivi izvori energije postaju ključni. Njihova primjena ima poseban značaj jer pametne mreže ne samo da optimiziraju energetske efikasnost već i omogućavaju lako uključivanje obnovljivih izvora energije poput solarne i vjetroelektrične energije u centralne elektroenergetske sisteme. Ovo je posebno važno u kontekstu klimatskih promjena i globalne tranzicije ka čistijim izvorima energije.

Pametne mreže obezbjeđuju fleksibilnost sistema kroz inteligentno upravljanje potrošnjom i proizvodnjom, čime doprinose stvaranju održivijeg i otpornijeg energetske ekosistema. Osim što promovišu zelenu tranziciju, pametne mreže pružaju dodatne koristi poput energetske sigurnosti i samodostatnosti, što su ključni prioriteti na globalnoj razini u eri sve većih izazova po pitanju energetske stabilnosti. Digitalna povezanost koja je osnov pametnih mreža omogućava brzo otkrivanje i otklanjanje kvarova, te prilagođavanje potrošnje u realnom vremenu, osiguravajući tako konstantan dotok energije i smanjenje rizika od prekida napajanja. Ovakav integrisan pristup predstavlja značajan korak prema održivoj budućnosti i jačanju otpornosti društva i ekonomija na energetske nesigurnost i klimatske izazove [1].

1. TEHNOLOŠKI ASPEKTI PAMETNIH MREŽA

Pametne mreže predstavljaju novu generaciju elektroenergetskih sistema koji koriste napredne digitalne tehnologije za efikasnije i održivije upravljanje energijom. Dosadašnji elektroenergetski sistemi nisu dizajnirani da odgovore na moderne izazove poput integracije obnovljivih izvora, visokih standarda energetske efikasnosti i promjenljive potražnje. Pametne mreže omogućavaju premošćavanje tih izazova koristeći tehnologije koje donose revoluciju u načinu na koji se proizvodi, distribuira i koristi električna energija.

Internet of Things (IoT) tehnologija predstavlja ključni element pametnih mreža, omogućavajući povezivanje uređaja, senzora, i sistema za prikupljanje podataka u realnom vremenu, što značajno unapređuje funkcionalnost elektroenergetskih mreža. IoT u pametnim mrežama omogućava ne samo automatizovano očitavanje podataka, već i dinamično upravljanje potrošnjom energije, povećavajući energetske efikasnost i otpornost mreže na kvarove. Primjena IoT-a u pametnim mrežama uključuje naprednu analitiku koja podržava predviđanje kvarova, što omogućava operaterima mreže brzo reagovanje na promjene u opterećenju, smanjujući rizik od prekida u napajanju. Jedan od glavnih benefita IoT-a u pametnim mrežama je omogućavanje integracije obnovljivih izvora energije poput vjetra i sunca. IoT uređaji, poput pametnih brojala i senzora prikupljaju podatke o potrošnji i proizvodnji u realnom vremenu, omogućavajući prilagođavanje mreže fluktuacijama u obnovljivim izvorima. IoT mreže stvaraju ogromne količine podataka, čime se otvara prostor za primjenu napredne analitike, kao i mašinskoog učenja, što može dodatno doprinijeti optimizaciji i sigurnosti mreže [2][3].

Blockchain tehnologija značajno doprinosi sigurnosti i decentralizaciji u pametnim mrežama tako što omogućava transparentnu, sigurnu izmjenu podataka i energije između različitih učesnika u energetsom ekosistemu, uključujući male proizvođače. Glavna prednost blockchaina leži u njegovoj sposobnosti da osigura nepromjenljivost podataka tj. sve informacije unesene u mrežu ostaju trajno zabilježene i nije ih moguće izmijeniti ili obrisati, što pomaže u sprječavanju manipulacija i sajber napada [4]. Blockchain decentralizacijom i distribucijom podataka preko više čvorova uklanja potrebu za centralizovanim autoritetom, što omogućava energetskim kompanijama i korisnicima da autonomno upravljaju svojim transakcijama i podacima. Također, ova tehnologija omogućava razvoj „peer-to-peer“ energetskih mreža, gdje mali proizvođači direktno prodaju višak energije drugim korisnicima, čime se povećava efikasnost i smanjuje zavisnost od centralnih elektrodistribucija [5].

Cyber sigurnost je ključna briga za pametne mreže zbog digitalne prirode ovih sistema i složenih razmjena podataka koje podržavaju. Pametne mreže uključuju razne digitalne tehnologije, poput napredne infrastrukture mjerne opreme i distribuiranih energetskih resursa, što povećava efikasnost, ali i izloženost sajber prijetnjama. Efikasne mjere sajber sigurnosti su esencijalne za zaštitu integriteta podataka, osiguranje pouzdanosti sistema i zaštite od neovlaštenog pristupa. Napredni sigurnosni protokoli za enkripciju u autentifikaciju ključni su aspekti sajber sigurnosti pametnih mreža, jer štite podatke koji se prenose putem mreža od manipulacija i neovlaštenog pristupa. Nacionalni institut za standarde i tehnologiju (NIST) iz SAD-a preporučuje primjenu višeslojnih strategija sajber sigurnosti koje uključuju snažnu enkripciju, procese autentifikacije i sisteme za otkrivanje upada prilagođene potrebama pametnih mreža. NIST-ove smjernice nalažavaju jedinstvene ranjivosti pametnih mreža, posebno zbog mogućih napada koji bi mogli poremetiti distribuciju energije ili oštetiti ključnu infrastrukturu [6]. Obećavajuće područje u sajber sigurnosti pametnih mreža je primjena umjetne inteligencije (AI) za detekciju i odgovor na prijetnje u realnom vremenu. Sistemi vođenja AI-jem mogu analizirati velike količine podataka sa senzora i uređaja unutar mreže kako bi otkrili neuobičajne obrasce ili ponašanja koja ukazuju na sajber napade.



Slika 1. Smart Grid mreža

Izvor: <https://operando.hr/inovacije-u-energetici-pametne-energetske-mreze/>

2. ENERGETSKA EFIKASNOST I OPTIMIZACIJA RESURSA

Pametne mreže koriste napredne tehnologije poput senzora, vještačke inteligencije i analitike u realnom vremenu za optimizaciju distribucije i potrošnji energije. Ove mreže omogućavaju komunalnim preduzećima i potrošačima detaljan uvid u obrasce potrošnje energije, što omogućava bolje upravljanje opterećenjem i minimizaciju energetske otpada. Kontinuiranim praćenjem i prilagođavanjem toka energije, pametne mreže pomažu u smanjenju gubitaka tokom prenosa i distribucije, što su značajni faktori neefikasnosti u dosadašnjim energetske mrežama [7].

U poslovnom sektoru, pametne mreže pomažu kompanijama da smanje operativne troškove i potrošnju energije. Integracijom obnovljivih izvora energije, zajedno sa naprednim sistemima skladištenja, kompanije mogu bolje uskladiti svoju energetske potražnju s obnovljivim izvorima, čime smanjuju zavisnost od fosilnih goriva i poboljšanja održivosti. Kompanije također mogu učestvovati u programima odgovornih na potražnju, koji im omogućava da prilagode potrošnju energije u zavisnosti od cijena u realnom vremenu, što je karakteristika omogućena tehnologijom pametnih mreža. Kompanije širom svijeta prelaze na obnovljive izvore energije kao što su solarni paneli i vjetroturbine kako bi smanjili ugljični otisak i troškove. Pametne mreže omogućavaju efikasniju integraciju ovih izvora kroz tehnologiju za pohranu energije. Kada su uslovi za proizvodnju solarne energije optimalni, višak energije se pohranjuje i koristi kasnije kada su cijene struje veće ili kada je potražnja visoka. Tesla Gigafactory koristi kombinaciju solarnih panela i naprednih baterija za pohranu energije koja se koristi u vrijeme vršnog opterećenja. Zahvaljujući pametnim mrežama, gigafactory može optimizirati korištenje energije i osigurati da se višak energije efikasno koristi kada je najpotrebniji [8].

Automatsko podešavanje mreže omogućava da se sistemi poput rasvjete, grijanja, ventilacije i klimatizacije automatski prilagođavaju u zavisnosti od aktivnosti ili prisustva osoba u prostoru. Ova automatizacija se postiže uz pomoć IoT uređaja i softverskih algoritama koji osiguravaju da se energija troši samo kada je to potrebno. Kroz analitiku podataka u realnom vremenu, digitalizacija omogućava praćenje stanja infrastrukture, što pomaže u predviđanju kvarova i održavanja opreme prije nego što dođe do problema. Digitalizacija nije samo tehnički napredak, već se pokazala i kao finansijski isplativa investicija. Omogućava optimizaciju resursa, smanjuje operativne troškove i omogućava poslovnim korisnicima da precizno upravljaju troškovima energije, što se direktno odražava na dobit.

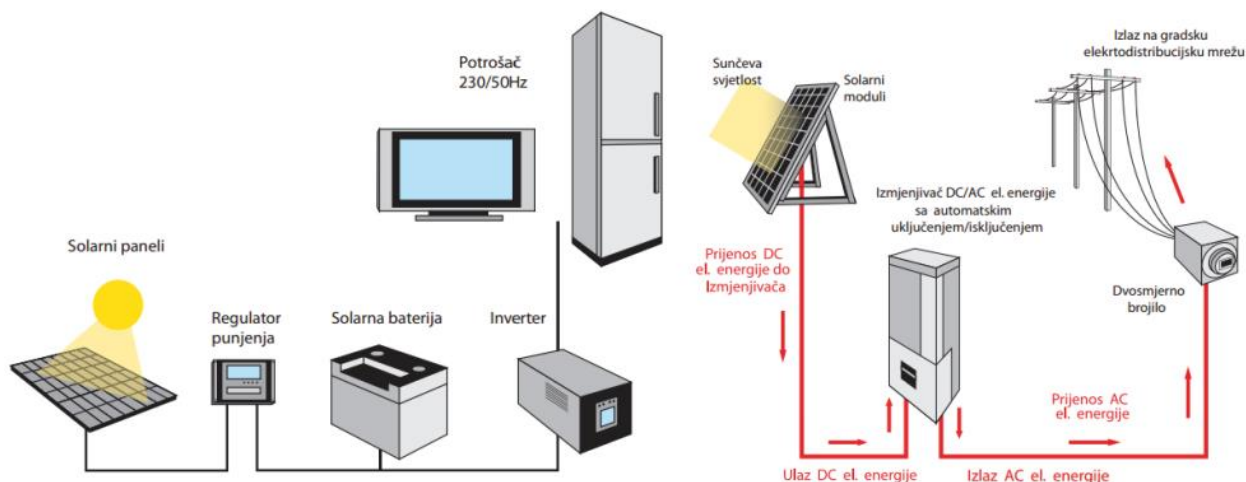
3. INTEGRACIJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Zahvaljujući naprednim tehnologijama pametnih energetske sistema, moguće je prilagođavanje proizvodnje i potrošnje energije u realnom vremenu, što je ključno za maksimalno iskorištavanje varijabilnih obnovljivih izvora. Pametne mreže zasnovane su na naprednim komunikacionim sistemima, koji omogućavaju prikupljanje podataka, praćenje i upravljanje cjelokupnim sistemom. Da bi se ova funkcionalnost postigla, neophodna je integracija sofisticirane informacione tehnologije sa postojećom elektroenergetskom infrastrukturom. Bežični telekomunikacioni sistemi, posebno oni koji koriste radio frekvencije, postaju ključni elementi u ostvarivanju pouzdane i brze svosmjerne komunikacije.

Ovakvi sistemi kombinuju optičke kablove i mrežu sa bežičnim tehnologijama, čineći ih hibridnim rješenjima koja koriste komercijalnu infrastrukturu i napredne tehnologije za efikasan prijenos podataka. Dvosmjerni protok podataka između proizvođača i potrošača električne energije, omogućen kroz pametne mreže, ne samo da poboljšava rad sistema, već i omogućava brže

reagovanje na promjene u potražnji, uključujući i smanjenje opterećenja tokom vršnih perioda potrošnje. Ova komunikaciona mreža igra ključnu ulogu i u situacijama kada dođe do prekida napajanja, informacije o kvarovima i potrebnim popravkama mogu brzo biti prenesene do tehničkih timova, čime se značajno ubrzava otklanjanje problema.

Za povezivanje ovih sistema u stvarnom vremenu, mreža mora biti opremljena naprednim senzorima i kontrolnim uređajima koji omogućavaju tačno i pouzdano praćenje potrošnje, proizvodnje i prenosa energije u svakom trenutku. Tako se prikupljeni podaci analiziraju pomoću analitike i algoritama vještačke inteligencije, čime se omogućava prediktivno upravljanje i proaktivno održavanje elektroenergetskih resursa, kao i smanjenje rizika od potencijalnih kvarova. Sveobuhvatno komunikaciona infrastruktura pametne mreže doprinosi stabilnosti sistema i povećanju efikasnosti elektroenergetske mreže, dok istovremeno poboljšava fleksibilnost sistema i sposobnost brzog prilagođavanja na promjene u uslovima rada [9].



Slika 2. Integracija obnovljivih izvora energije

Izvor: <https://nobilis.hr/wp-content/uploads/2015/02/Brosura-integracija-obnovljivih-izvora-energije-s-pametnim-sustavima-tro%C5%A1ila-u-sklopu-pametnih-zgrada.pdf>

4. ODRŽIVA POSLOVNA PRAKSA I SMANJENJE UGLJIČNOG OTISKA

Pametne mreže omogućavaju dinamičko upravljanje potrošnjom energije u stvarnom vremenu, čime se smanjuje oslanjanje na fosilna goriva. Integracijom obnovljivih izvora, kao što su solarne i vjetroelektrane, pametne mreže maksimiziraju efikasnost proizvodnje i distribucije.

Na primjer:

- Integracija obnovljivih izvora energije: Pametne mreže povezuju decentralizovane izvore, omogućavajući lokalnim zajednicama da koriste čistu energiju i smanjuju emisije. Prema Svjetskom ekonomskom forumu, ovakve tehnologije mogu smanjiti globalne emisije za 15% do 2030. godine.

- Mikromreže: Lokalne mreže, povezane sa pametnim mrežama, omogućavaju zajednicama da budu energetske nezavisne, posebno u kriznim situacijama, dok smanjuje emisije kroz lokalnu proizvodnju i uskladištenje energije.

Pametne mreže igraju ključnu ulogu u cirkularnoj ekonomiji, fokusirajući se na maksimizaciju efikasnosti resursa i smanjenje otpada:

- Održavanje i reciklaža: Pametne mreže omogućavaju praćenje performansi opreme u stvarnom vremenu. Kvarovi se mogu identificirati ranije, čime se produžava životni vijek uređaja i smanjuju emisije povezane s proizvodnjom novih komponenti.
- Energetska optimizacija: Višak energije proizveden iz obnovljivih izvora može se redistribuirati ili skladištiti u baterijama, čime se smanjuju energetske gubitke i podstiče efikasnost.

Kompanije širom svijeta sve više koriste pametne mreže za unapređenje svojih održivih praksi:

- Energetska efikasnost: Implementacija pametnih sistema za praćenje potrošnje energije omogućava preduzećima da smanje troškove i emisije optimizacijom potrošnje.
- Obnovljivi izvori energije: Integracija solarnih panela, vjetroelektrana i skladišnih baterija u poslovne objekte smanjuje ugljični otisak kompanija, povećavajući njihovu održivost.
- Primjene iz prakse: Tehnološke kompanije, poput Google-a i Microsoft-a koriste pametne mreže za upravljanje energijom u data centrima, omogućavajući im da smanje operativne emisije za više od 50% [10].

Pametne mreže predstavljaju ključnu infrastrukturu za održivu transformaciju energetskih sistema, spajajući napredne tehnologije poput IoT-a, senzora i analitike podataka sa postojećim elektroenergetskim mrežama. Njihova primjena omogućava smanjenje emisije ugljen-dioksida kroz optimizaciju potrošnje energije i povećanje udjela obnovljivih izvora energije. Ove mreže podupiru cirkularnu ekonomiju omogućavajući bolju kontrolu nad resursima, produžuju vijek trajanja opreme i smanjuju otpad. Povezivanjem decentralizovanih obnovljivih izvora i sistema skladištenja energije, pametne mreže minimiziraju energetske gubitke i potiču lokalnu održivost.

5. FINANCIJSKI I INFRASTRUKTURNI IZAZOVI

Jedan od glavnih izazova uvođenja pametnih mreža su visoki početni troškovi. Oni uključuju:

1. Troškovi tehnologije i opreme:

- Pametna brojlara, napredni senzori, IoT uređaji, baterijski sistemi i komunikacione platforme čine osnovu pametnih mreža. Troškovi nabavke i instalacije ovih komponenti mogu biti značajni, posebno za velike poslovne sisteme.
- Prema istraživanjima Međunarodne agencije za energiju (IEA), početna ulaganja u pametne mreže na globalnom nivou iznosila su preko 300 milijardi USD od 2015. godine i predviđa se da će ulaganja rasti kako se tehnologija razvija.

2. Troškovi obuke i integracije:

- Obuka osoblja za upravljanje novim tehnologijama predstavlja dodatne troškove. Uz to, neophodna je tehnička podrška i razvoj kapaciteta za prilagodbu poslovanja ovim promjenama.

3. Financijski rizici za poslovni sektor

- Poslovni sektor, posebno mala i srednja preduzeća, često imaju ograničene kapacitete za velika početna ulaganja, što može odložiti usvajanje pametnih mreža [11].

Prilagođavanje postojeće infrastrukture za pametne mreže zahtjeva opsežne promjene:

1. Modernizacija zastarjele infrastrukture:

- Dosadašnje mreže nisu projektovane za dvosmjernu komunikaciju i integraciju obnovljivih izvora energije. Zamjena starih transformatora, prekidača i kablova zahtjeva dodatna ulaganja.
- Na primjer, američki elektroenergetski sistem, prema podacima Instituta za elektroinžinjeri, suočava se sa izazovima povezanim sa zamjenom infrastrukture starije od 40 godina.

2. Tehnička interoperabilnost:

- Integracija novih tehnologija sa starim sistemima može izazvati tehničke probleme, uključujući sigurnosne ranjivosti i nekompatibilnost softverskih rješenja.

Primjeri uspješnih modela financiranja pametnih mreža u 2024. godini

1. Javna i privatna partnerstva (PPP)

- Mnoge zemlje koriste PPP modele kako bi smanjile finansijski teret na pojedinačne investitore. Primjer je projekat „Smart Grid Initiative“ u Evropskoj uniji, koji kombinuje javne i privatne investicije za razvoj pametnih mreža [12].

2. Podrška međunarodnih organizacija:

- Organizacije poput Svjetske banke i Međunarodnog monetarnog fonda pružaju povoljne kredite i grantove za projekte pametnih mreža u zemljama u razvoju. Na primjer, Indija je dobila značajnu finansijsku podršku za implementaciju pametnih brojala i modernizaciju mreže.

3. Zelene obveznice:

- Zelene obveznice, namjenjene za projekte s pozitivnim ekološkim uticajem, postale su popularan alat za financiranje pametnih mreža. U 2024. godini, globalna tržišta zelene obveznice premašila su 1 trilion USD, pri čemu je značajan dio ovih sredstava alociran na energetska infrastrukturu.

4. Inicijative na lokalnom nivou:

- Gradovi poput Barcelene i Singapura razvili su vlastite modele financiranja koji uključuju porezne olakšice za kompanije koje investiraju u pametne mreže i energetske sisteme.

Financijski i infrastrukturni izazovi implementacije pametnih mreža u poslovnom sektoru su značajni, ali nisu nepremostivi. Kroz strateške investicije, podršku međunarodnih organa i inovativne modele financiranja, moguće je smanjiti troškove i ubrzati tranziciju ka pametnim mrežama. S obzirom na dugoročne koristi u smislu energetske efikasnosti, smanjenje emisije CO_2 i održivost, ulaganja u pametne mreže predstavljaju korak prema održivoj budućnosti.

6. PERSPEKTIVE ZA RAZVOJ PAMETNIH MREŽA U POSLOVANJU

Uvođenje naprednih tehnologija, poput umjetne inteligencije (AI), edge computing i IoT uređaja, ubrzava razvoj pametnih mreža. AI omogućava optimizaciju potrošnje energije u realnom vremenu, dok edge computing smanjuje kašnjenja u obradi podataka blizu izvora njihovog generisanja. IoT povezuje uređaje u mreži, omogućavajući detaljnije praćenje i upravljanje potrošnjom. Na primjer, industrijski IoT uređaji pomažu u optimizaciji proizvodnih procesa, dok napredni senzori smanjuju gubitke energije [13].

Jedan od perspektivnih poslovnih modela je koncept energije kao usluge (Energy-as-a-Service, EaaS), koji omogućava kompanijama da izmjenjuju infrastrukturu za proizvodnju i upravljanje energijom umjesto da je posjeduju. Ovaj model smanjuje kapitalne troškove i olakšava prelazak na obnovljive izvore energije. Također, modeli koji omogućavaju aktivno učešće potrošača kroz proizvodnju energije (prosumerski modeli) i dinamično prilagođavanje potrošnje prema cijenama na tržištu postaju sve popularniji [13][14]. Razvoj pametnih mreža zavisi od bliske saradnje privatnih kompanija, vlada i lokalnih zajednica.

Javni sektor može igrati ključnu ulogu kroz subvencije, regulative i poticaje za ulaganja u obnovljive izvore energije i pametne tehnologije.

Na primjer, pilot projekti u pametnim gradovima uključuju kolaborativne platforme za upravljanje infrastrukturom, poput digitalizacije transporta i integracije sistema pametne rasvjete.

Gradovi često služe kao eksperimentalni poligoni za pametne mreže, omogućavajući javnim i privatnim partnerima da sarađuju na implementaciji inovacija.

- Amsterdam Smart City: ovaj projekt uključuje implementaciju pametne rasvjete, senzora za upravljanje saobraćajem i integraciju obnovljivih izvora energije u mrežu, omogućavajući bolju upotrebu energije i smanjenje emisija.
- Singapurski modeli pametnih mreža: Ovaj grad-država koristi podatke prikupljene putem IoT uređaja za upravljanje potrošnjom energije u realnom vremenu. Saradnja između vlade i privatnih kompanija omogućila je izgradnju mreža koje integrišu solarne panele i baterijske sisteme u urbano okruženje.

Saradnja između privatnog i javnog sektora nije samo poželjna već i nužna za uspješan razvoj pametnih mreža. Dok privatni sektor donosi inovacije i finansijsku efikasnost, javni sektor pruža potrebne regulative, poticaje i infrastrukturu. Ova sinergija osigurava održivost, smanjuje troškove i povećanje efikasnosti energetskih sistema, što direktno doprinosi borbi protiv klimatskih promjena i razvoju zelene ekonomije [11].

ZAKLJUČAK

Pametne mreže predstavljaju temelj za prelazak na održive energetske sisteme, pružajući poslovnim subjektima mogućnost da smanje emisije ugljen-dioksida, optimiziraju troškove i unaprijede svoju konkurentnost. Integracija digitalnih tehnologija, obnovljivih izvora energije i fleksibilnost modela upravljanje potrošnje omogućava kompanijama prilagođavanje dinamičnim tržišnim uslovima i rastućim zahtjevima za održivošću. Kroz saradnju između privatnog sektora, vlada i akademskih institucija, pametne mreže omogućavaju sinergiju inovacija i javnih politika, što vodi ka stvaranju energetske efikasnijeg i ekološki prihvatljivog poslovnog okruženja. Tehnološke inovacije poput IoT-a, umjetne inteligencije i sistema za skladištenje energije unapređuje pouzdanost energetskih mreža i omogućavaju bolje upravljanje resursima.

Unapređenje pametnih mreža donosi višestruke koristi, uključujući smanjenje operativnih troškova, povećanje energetske nezavisnosti i priliku za aktivno sudjelovanje u tržištu električne energije. Ovo čini pametne mreže ne samo tehničkim, već i strateškim alatom za ostvarivanje korporativnih ciljeva održivosti. U kontekstu globalne energetske tranzicije, pametne mreže omogućavaju poslovnim subjektima da postanu lideri u borbi protiv klimatskih promjena, čineći ih ključnim faktorom za postizanje dugoročne ekonomske i ekološke održivosti.

LITERATURA

- [1] <https://geek.hr/znanost/clanak/pametne-mreze-buducnost-energije/>
- [2] <https://www.mdpi.com/2411-5134/4/1/22>
- [3] https://www.mdpi.com/journal/sensors/special_issues/iot_smart_grids
- [4] <https://ieeexplore.ieee.org/document/10292604>
- [5] <https://ieeexplore.ieee.org/document/10236304>
- [6] <https://www.nist.gov/publications/guidelines-smart-grid-cybersecurity>
- [7] <https://kpmg.com/us/en/articles/2024/smart-grids.html>
- [8] https://www.worldenergy.org/assets/downloads/PUB_Smart_grids_best_practice_fundamentals_for_a_modern_energy_system_2012_WEC.pdf
- [9] <https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2017/radovi/STS/STS-3.pdf>
- [10] <https://www.weforum.org/stories/2015/12/how-technology-and-smart-cities-can-help-us-overcome-climate-change/>
- [11] <https://www.iea.org/>
- [12] https://european-union.europa.eu/index_en
- [13] <https://smartbalkansproject.org/bs/smart-vijesti-bs/put-ka-energijskoj-sigurnosti-uloga-pametnih-mreza-i-prosumera-u-bih/>
- [14] <https://www.udruga-gradova.hr/trendovi-za-pametne-i-digitalne-gradove-u-2024/>