

FORWARD-LOOKING FRAMEWORK FOR ACCELERATING HOUSEHOLDS' GREEN ENERGY TRANSITION - FF GREEN
INOVATIVNI OKVIR ZA UBRZANJE ZELENE ENERGETSKE TRANZICIJE U DOMAĆINSTVIMA

VODIČ ZA ENERGETSKU TRANZICIJU U DOMAĆINSTVIMA



BEOGRAD, 2026.

VODIČ ZA
ENERGETSKU TRANZICIJU
U DOMAĆINSTVIMA

Beograd, 2026.

Zahvalnica/Acknowledgement:

“Istraživanje sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, br. projekta 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households’ Green Energy Transition – FF Green / This research was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia #Grant no. 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households’ Green Energy Transition – FF Green”

Za sadržinu ove publikacije isključivo je odgovoran autorski tim projekta FF Green i ta sadržina ne izražava stavove Fonda za nauku Republike Srbije.

Autori:

prof. dr Dejan Ivezić,

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Marija Živković,

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

dr Boban Pavlović, naučni suradnik,

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Aleksandar Madžarević,

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Dušan Danilović,

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

doc. dr Miroslav Crnogorac,

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Dušan Mojić,

Univerzitet u Beogradu – Filozofski fakultet

dr Dimitrije Manić, naučni suradnik,

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu

Projekat:

Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN

(Inovativni okvir za ubrzanje zelene energetske tranzicije u domaćinstvima)

Rukovodilac projekta:

prof. dr Dejan Ivezić

Radni paket:

WP5: Developing an Innovate Framework for Integrating Energy System Modeling And ABM Support Tools Into PB Process

(Razvoj inovativnog okvira za integraciju modeliranja energetske sistema i ABM alata za podršku u PB proces)

Rukovodilac radnog paketa:

prof. dr Dejan Ivezić

Fotografije:

www.pixabay.com

nano banana AI

arhiva autora

SADRŽAJ

1. UVOD	7
2. ENERGETSKO PLANIRANJE	10
2.1. Uloga indikatora u energetsom planiranju	14
3. „BACKCASTING“ PRISTUP ENERGETSKOM PLANIRANJU	20
3.1. Specifičnosti “backcasting” pristupa	21
3.2. Algoritam primene.....	27
4. ENERGETSKI MODELI KAO PODRŠKA PLANIRANJU	35
4.1. „Top-down“ modeliranje	41
4.2. „Bottom-up“ modeliranje.....	42
4.3. Karakteristični pristupi u modeliranju energetske tranzicije.....	43
4.4. Tradicionalni alati za energetske modeliranje	46
5. MODELIRANJE ZASNOVANO NA AGENTIMA	51
5.1. Tipovi simulacija	55
5.2. Pojam agenta i osnovne karakteristike.....	57
5.3. Programski jezici i alati za razvoj modela zasnovanih na agentima	58
5.4. ABM alat za podršku analizi energetske tranzicije u Republici Srbiji kroz evaluaciju mera politike razvijen u okviru projekta FF GreEN.....	59
6. FF GREEN METODA PLANIRANJA ENERGETSKE RANZICIJE U DOMAĆINSTVIMA	69
6.1. Koncept i metodologija.....	71
6.2. Algoritam sprovođenja na nivou lokalne zajednice	74
7. STUDIJA SLUČAJA - GRAD VRANJE	84
7.1. Pregled i analiza trenutnog stanja	85
7.2. Anketa domaćinstava.....	99
7.3. Formulacija vizije	108
7.4. Opcije razvoja sistema grejanja u Vranju: Različiti putevi do željenog budućeg stanja	109
7.5. Izbor željenog puta – scenarija	126
7.6. Izabrani scenario – ciljevi na putu transformacije	131
7.7. Akcioni plan.....	135
7.8. Modeliranje ponašanja potrošača – domaćinstava (ABM).....	138
7.9. Dometi predloženih mera i kompatibilnost sa predloženom putanjom.....	144
7.10. Sintezna i perspektiva.....	150



1. UVOD



Prema zakonskoj definiciji¹¹ domaćinstvo je svaka porodična ili druga zajednica lica koja zajedno stanuju i zajednički troše svoje prihode za podmirivanje osnovnih životnih potreba. U osnovne životne potrebe pored stanovanja i hrane, spada i potrošnja energije - za grejanje, kuvanje, pripremu sanitarne tople vode i sl. U formalnom razmatranju kroz energetske bilanse, domaćinstava se zajednički posmatraju kao sektor finalne potrošnje energije, odnosno kao krajnji korisnici električne ili toplotne energije, prirodnog gasa, ogrevnog drveta i sl.

Proces energetska tranzicija koji je u toku, suštinski predstavlja prelazak energetskog sektora sa korišćenja fosilnih goriva na korišćenje obnovljivih izvora energije radi smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte i antropogenog uticaja na klimatske promene. Jedna od promena koju je donela ova energetska tranzicija je promena razumevanja mesta i ulogu domaćinstva u energetskom sektoru. Tehnološke inovacije koje energetska tranzicija sa sobom nosi, podsticajne politike, posebno u zemljama EU i rastuća potreba za klimatski odgovornim energetskim rešenjima doveli su do promenama u ponašanju potrošača. Domaćinstva se danas pojavljuju kao aktivni učesnici sposobni za proizvodnju, skladištenje i upravljanje energijom. Zbog toga razumevanje mesta i uloge domaćinstava danas, u složenom energetskom sistemu države ili lokalne zajednice, zahteva multidimenzionalni pristup koji integriše tehničke, ekonomske, ekološke, socijalne i bihevioralne aspekte.

Upravo takav pristup problemu energetske tranzicije u domaćinstvima promovira projekat pod nazivom "Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN" – „Inovativni okvir za ubrzanje zelene energetske tranzicije u domaćinstvima“. Ideja projekta je da pomogne i ubrza prelazak na primenu obnovljivih izvora energije i energetski efikasnijih tehnologije u domaćinstvima u Srbiji. Cilj projekta je da predloži put i način kako da se proces energetske tranzicije u domaćinstvima najbrže, najlakše i najjeftinije izvede, sa minimalnim uticajem na životnu sredinu.

Tri osnovne faze u realizaciji projekta FF GreEN su:

- Prikupljanje podataka (postojeće tehnologije, zakonski i regulatorni okvir, nove tehnologije, stanje, stavovi i preferencije domaćinstava vezano za energetska pitanja uopšte),
- Razvoj novog metodološkog okvira za planiranje i upravljanje energetskom tranzicijom domaćinstava koji obuhvata integraciju participativnog pristupa (uključivanje svih strana zainteresovanih za proces tranzicije), modeliranje zasnovano na agentima i primenu standardnih modela za energetska planiranja i
- Primena i verifikacija novog metodološkog okvira za planiranje energetske tranzicije u izabranoj opštini u Srbiji

Vodič za energetska tranzicija u domaćinstvima je napisan sa ciljem da sublimira rad na projektu i rezultate projekta i da novi metodološki okvir za planiranje i

11 Zakon o u popisu stanovništva, domaćinstava i stanova 2022. godine („Sl. glasnik RS“, br. 9/2020 i 35/2021)

upravljanje u domaćinstvima predstavi u formi koju mogu da koriste donosioci odluka na nacionalnom i lokalnom nivou, odnosno svi koji su direktno ili indirektno uključeni u proces kreiranja mera i aktivnosti – energetske politike, koje bi trebalo da usmeravaju i vode proces tranzicije domaćinstava. Vodič je napisan sa idejom da objasni proces energetske planiranja načelno, a da u fokus stavi konkretnu metodologiju razvijenu u okviru FF GreEN-a.

Zbog toga je prvi deo ovog Vodiča poslužio da se detaljno objasni proces planiranja u energetici s posebnim osvrtom na ulogu indikatora najpre u pripremi planskih dokumenata i definisanja ciljeva energetske politike, a potom i u procesu implementacije usvojene politike i primene odgovarajućih mera i aktivnosti.

Energetski sistemi domaćinstava se moraju sagledavati kao socio-tehnički sistemi, u kojima ljudske odluke unose varijabilnost, neizvesnost i nelinearnost. Efikasnost politika usmerenih na domaćinstva – kao što su subvencije, tarife ili informativni programi – zavisi od razumevanja ove heterogenosti ponašanja. Specifičnost FF GreEN metodologije u planiranju i upravljanju energetske tranzicije domaćinstava jeste u integraciji više različitih pristupa ovom problemu. Da bi se istovremeno sagledali tehnički, ekonomski, ekološki, socijalni, pa i bihevioralni aspekti tranzicije u domaćinstvima korišćeno je modeliranje bazirano na agentima (engl. Agent Based Modeling - ABM), a da bi proces energetske planiranja obuhvatio mišljenja i preferencije najšireg kruga zainteresovanih strana korišćen je metoda participativnog „backcasting“ planiranja. Znanje i podrška eksperata procesu tranzicije korišćeni su putem primene tradicionalnih alata za energetske modeliranje. Sve tri komponente FF GreEN metodologije su u drugom delu Vodiča odvojeno i detaljno predstavljene, a poglavlje „6. FF GreEN metoda planiranja procesa energetske tranzicije u domaćinstvima“ predstavlja prikaz koncepta i metodologije njihove integracije sa praktičnim algoritmom za sprovođenja na nivou lokalne zajednice.

Lokalne zajednice su izabrane zato što je značajni deo energetske potrebe vezan za lokalno raspoložive resurse (obnovljivi izvori energije – ogrevno drvo, geotermalna energija, solar, sistem daljinskog grejanja i sl.), a opet i povratni negativni uticaj potrošnje energije na životnu sredinu je lokalnog karaktera. Domaćinstvo kao prozjumer (istovremeni proizvođač i potrošač električne energije) ili član energetske zajednice ima dominantno uticaj na lokalnu distributivnu mrežu. S druge strane, lokalne samouprave, kao organizacije državne uprave koje se nalaze najbliže građanima i domaćinstvima, logično su najpozvanije da se procesom energetske tranzicije domaćinstava bave. Zbog toga je u okviru projekta novi metodološki okvir za planiranje energetske tranzicije primenjen u jednoj konkretnoj lokalnoj samoupravi, odnosno u gradu Vranje.

Za Vranje je kroz 3 radionice koje su održane u periodu od decembra 2025. godine do maja 2026. godine, sa učešćem urađena Mapa puta energetske tranzicije u sektoru domaćinstava do 2050. godine. Dobijeni rezultati i iskustva iz Vranja su prikazani u trećem delu Vodiča.



2. ENERGETSKO PLANIRANJE



Energetsko planiranje je uslovljeno kontekstom i ciljem zbog koga se sprovodi. Međutim, jedno uobičajeno značenje energetskeg planiranja jeste da je to proces definisanja politika koje će pomoći u upravljanju razvojem lokalnog, nacionalnog, regionalnog ili čak globalnog energetskeg sistema. Planiranje u ovoj sferi je tradicionalno igralo snažnu ulogu u postavljanju okvira za regulativu u energetskeg sektoru i vođenje politike.

Energetsko planiranje se često sprovodi u okviru vladinih organizacija (na nivou države), ali ga mogu sprovoditi i velike energetske kompanije kao što su kompanije u elektroprivredi ili proizvođači nafte i gasa. Danas je praksa da se energetskeg planiranje sprovodi uz aktivno učešće i doprinose različitih zainteresovanih strana, kao što su specijalizovane vladine agencije, lokalna komunalna preduzeća, nevladin sektor, akademska zajednica, privatni subjekti, lokalna zajednica i druge interesne grupe.

U okviru energetskeg planiranja ne postoje ograničenja u smislu broja planova, nivoa planiranja, pristupa planiranju. U praksi može postojati više tipova planova prema oblastima za koje se izrađuju, kao npr. planiranje unapređenja energetske efikasnosti, planiranje korišćenja OIE i sl., uz istovremeno postojanje planskih dokumenata različitog hijerarhijskeg nivoa. Obično u većini oblasti društva, privrednih grana, organizacija, postoji nekoliko planova u istom trenutku, koji se razlikuju u nivou, obima i vremenskeg okviru.

Nekoliko najčešće korišćenih tipova planiranja koji se razlikuju u literaturi su: strateško planiranje, taktičkeg planiranje i operativno planiranje. Svejedno u kojoj oblasti se planiranje sprovodi, ova klasifikacija može biti aktuelna, pre svega u cilju bližeg pojmovnog određenja i postavljanja granica u procesu planiranja.

Strateško planiranje ili strateški plan je veoma širokeg obima i fokusira se na osnovne ciljeve i planove za vođenje opšteg pravca bilo koje organizacije ili sistema. Kroz ovo planiranje definišu se vizije budućnosti i identifikuju ciljevi. Strateški plan se bavi dugoročnim kritičnim pitanjima sa kojima se organizacija suočava, posebno pitanjima povezanim sa spoljnim uticajima.

Taktičkeg planiranje se fokusira na implementaciju i postavljanje očekivanih rezultata. Taktičkeg planiranje je vrsta planiranja koja uključuje „razbijanje“ dugoročnog strateškog plana na manje i jasnije planove koji su kraćeg roka od strateških. Ovim planiranjem organizacija jasno definiše šta namerava da postigne, kako i kada će se to dogoditi, koji resursi će se koristiti i koji je lanac odgovornosti.

Operativno planiranje ima najuži obim i najkraći vremenski okvir. Operativni plan identifikuje konkretne rezultate koje treba postići u datom vremenskeg periodu (obično godinu dana) i utvrđuje specifične akcije za postizanje ovih rezultata. Posebno je korisno za same izvršioce, jer se njime predviđaju konkretni uslovi i resursi potrebni za sprovođenje plana. Kako se planiranjem pretpostavljaju buduća sta-



nja sistema, ali i njegovog okruženja, što je sistem složeniji, to su predviđanja teža. U današnjem svetu, u proces planiranja jasno se mora uključiti element neizvesnosti. Jedan od pristupa osmišljenih da pomognu u pripremi na brze promene i neizvesnosti koje one nose jeste planiranje pomoću scenarija. Planiranjem putem scenarija opisuje se moguće ili verovatno stanje u budućnosti. Scenario definiše skup budućih događaja ili okolnosti koje bi na određeni specifičan način uticale na posmatrani sistem. Ovaj pristup planiranju nastoji, ne samo da uključi promene u okruženju, već i da unapred razvije strateške odgovore. Svrha scenarija jeste da se dodatno smanje iznenađenja i da se spremi više različitih odgovora.



Formulisanje scenarija ima za cilj da doprinese procesu donošenja odluka, opisujući određeni energetski sistem ili sektor u određenom kontekstu. Da bi se to obezbedilo, pristupa se kvantitativnom i kvalitativnom definisanju relacija između delova sistema i projektuje se njihov tok u budućnosti. Ovde je važno istaći da energetsko planiranje ne pretenduje da prognozira buduću energetsku potražnju ili strukturu potražnje. Energetsko planiranje teži da predstavi solucije koje se

mogu odigrati, ako se određeni broj aktivnosti sprovede i/ili ako se npr. određene vrednosti (održivi razvoj, ekološka svest, klimatske promene) šire prihvate u populaciji. Scenariji u tom smislu, mogu predstavljati kompleks, celinu, koja se sastoji od referentnih, ali i ekstremnih solucija da bi se analizirale moguće posledice i granični slučajevi.

Energetsko planiranje u ovom smislu treba shvatiti kao analizu mogućih efekata određenih politika u budućnosti. Do sada jedini dostupan odgovor društva i pojedinca na nepoznanice koje nosi budućnost ljudskog društva, ili nekog konkretnog procesa, kao što je energetska tranzicija, jeste planiranje i istraživanje. U tom smislu, može se reći da energetsko planiranje i generisanje scenarija kroz modele imaju dva glavna cilja:

- da obezbede smernice i materijal za diskusiju o budućim energetske sistemima i
- da podrži donosiocima odluka u razvoju kratkoročnih i dugoročnih energetske planova.

Dodatna vrednost koju bi energetsko planiranje trebalo da ima je svakako transparentnost, na čemu se u današnje vreme insistira. Argument za ovu praksu leži u činjenici da transparentno energetsko planiranje čini ulazne podatke i rezultate modela čitljivim i jasnijim za sve društvene aktere. Takođe, transparentnost obezbeđuje lakše ažuriranje konkretnog plana i unapređenje metodologije energetske planiranja.

Način sprovođenja energetske planiranja najčešće zavisi od svrhe i konteksta u kome se odvija. U tom smislu, ono zahteva da se u obzir uzmu različiti kriterijumi, njihove implikacije i korelacije. Kod planiranja energetske tranzicije, horizont planiranja je dug i generalno je teško sa velikom preciznošću napraviti projekcije budućeg energetske sistema, a posebno npr. sektora domaćinstva, gde je mnoštvo heterogenih potrošača. Kao što primeri energetske tranzicije u grejanju u sektoru domaćinstva u Evropi pokazuju, period tranzicije može biti i preko 30 godina. Još jedna specifičnost planiranja aktuelne energetske tranzicije jeste potreba da se projektuje prihvatanje inovativnih tehnologija u cilju efikasnijeg korišćenja energije i veće upotrebe OIE, koje najčešće još nisu konkurentne na tržištu.

Od donosilaca odluka i kreatora politike se zahteva da prilikom planiranja energetske tranzicije idu i „preko datih informacija“. Pred njima je veliki izazov da kroz planiranje zadovolje potrebe sigurnosti snabdevanja, pristupačnosti energije i ekološke prihvatljivosti energije (tzv. energetska trilema tranzicije).

Jedan teorijski pristup koji se u velikoj meri primenjuje na proučavanje energetske tranzicije, i koji je zaživeo u naučnoj zajednici je tzv. višeslojna perspektiva (engl. Multi-layer perspective – MLP). MLP pristup oblikuje energetske sistem u hijerarhiju na više nivoa, u kojoj politički ambijent (makro-nivo), društvena dinamika i njeni akteri (mezo nivo) i tehnološke inovacije (mikro-nivo) deluju u interakciji. Važnost



tehnoloških inovacija i promene u načinu korišćenja energije su jedna od glavnih tema u diskursu aktuelne energetske tranzicije. Da bi se obezbedilo prihvatanje tehnoloških inovacija, neminovno je da dođe do promena socio-tehničkih aspekata energetske sistema koji uključuju veći broj različitih aktera i iziskuju aktivnu ulogu zajednice u celini.

Konceptualizacija energetske sistema prema višeslojnoj perspektivi (MLP) prikazana je na Slici 2.1. Kako tri nivoa međusobno deluju i utiču jedan na drugi, energetske sistem se shvata kao celina ova tri nivoa. Povoljan razvoj događaja na sva tri nivoa vodi ka tranziciji, odnosno strukturnim promenama u načinu na koji elementi međusobno deluju. Izostanak razvoja pozitivnih događaja na samo jednom od navedenih nivoa neće rezultirati sprovođenjem plana energetske tranzicije u određenom energetske sistemu ili pojedinačnom sektoru i samim tim, neće se uspešno odgovoriti na energetske trilemu.



Slika 2.1: Višeslojna perspektiva u planiranju energetske tranzicije (Hansen i dr., 2019)

2.1. ULOGA INDIKATORA U ENERGETSKOM PLANIRANJU

Da bi energetske planiranje bilo uspešno, odnosno da bi efekti proistekli iz procesa planiranja i primene planiranih mera i aktivnosti unapredili energetske sistem kojim se bave, neophodno je imati adekvatne informacije o stanju tog sistema. To podrazumeva informacije o stvarnom stanju energetske sistema, pre i tokom procesa planiranja, odnosno u toku implementacije planiranih energetske politika, ali podrazumeva i hipotetičko stanje sistema koje se uvodi kao ciljana kvantifikacija željenog stanja energetske sistema u nekom budućem vremenu.

Osnovni rezultat kvantifikacije i praćenja svakog sistema, pa i energetske je parametar. Parametri su vremenski promenljive veličine koje su merljive i daju informaciju o stanju pojedinog sistema. To su "sirovi" podaci koji sadrže korisne informacije, ali sami za sebe ne daju mogućnost tumačenja i analize. Kao primer

parametara dostupnih na nivou opštine ili grada se mogu navesti informacije o površini neke opštine, broju stanovnika, njenom bruto domaćem proizvodu, broju zaposlenih, potrošnji vode i prirodnih resursa, energije i energenata, deponovanim otpadu, emisijama polutanata i ugljendioksida. Nesumnjivo da ovakve informacije imaju smisla za međusobno poređenje opština u smislu prostornog, demografskog i privrednog značaja, zaposlenosti, ukupne potrošnje energije, negativnog uticaja na životnu sredinu i dr. Međutim, na osnovu ovih parametara se ne može zaključiti ništa o bogatstvu/siromaštvu opštine i njenih grada na, efikasnosti korišćenja energije, racionalnosti trošenja resursa, primeni mera zaštite životne sredine i sl.

Uspostavljanjem korelacije između dva ili više parametara nastaje indikator. Indikator je pokazatelj neke kvalitativne ili kvantitativne osobine sistema u sadašnjosti, prošlosti ili budućnosti, odnosno može se definisati i kao mera promene izabrane osobine tokom vremena. Tako na primer, specifična potrošnja energije (po jedinici BDP-a, po stanovniku) govori o efikasnosti privrede i racionalnosti trošenja energije, emisija polutanata ili ugljendioksida po jedinici proizvedene električne energije govori o primeni mera zaštite životne sredine, odnosno strukturi energenata koji se koriste za njenu proizvodnju, efikasnosti proizvodnje, itd.

Indikatori se koriste da se kompleksna realnost pojednostavljeno prikaže preko par karakteristika koje omogućavaju njeno razumevanje, odnosno koje daju mogućnost tumačenja realnosti. Iz tog razloga, da bi neka osobina sistema, čije se promene prate, mogla da posluži za formiranje kvalitetnog/kvalitetnih indikatora, trebalo bi da ima sledeće karakteristike:

- Relevantnost, ukazuje na uticaj koji neka aktivnost ima na životnu sredinu ili društvenu zajednicu;
- Preciznost, odnosi se na jasno definisanu pojavu i njene promene;
- Pristupačnost, laka je za razumevanje i relevantna za zainteresovane;
- Uporedivost, omogućuje razumevanje promene i daje mogućnost poređenja.

Takođe, neke od osnovnih osobina dobro izabranog indikatora su:

- Opštost; Indikator ne bi trebalo da zavisi od konkretne situacije ili osobenosti sistema/organizacije/zajednice na koju se odnosi,
- Indikativnost; Indikator zaista predstavlja osobinu fenomena koji se razmatra,
- Osetljivost; Indikator bi trebalo da ima brz odziv i da jasno ukazuje na promene osobine koja se prati,
- Robusnost; Indikator ne zahteva značajnije izmene u slučaju manjih promena u metodologiji prikupljanja potrebnih parametara za njegovo određivanje.

Za uspešno planiranje i implementaciju energetske politike, kao i za ocenu njihovih efekata, neophodno je koristiti specifične indikatore. Indikatori omogućavaju kvantifikaciju napretka u različitim aspektima razvoja energetske politike, omogućavajući analizu ne samo trenutnog stanja, već i predviđanje budućih uticaja različitih politika.

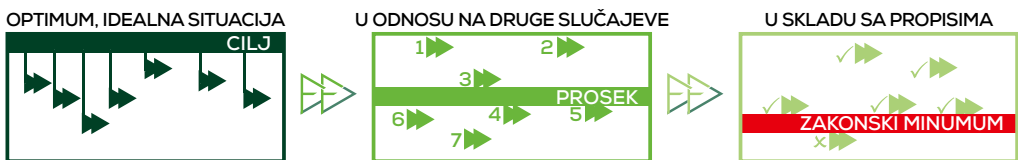


Praćenje promene indikatora, odnosno poređenje sa standardnim – reperskim vrednostima indikatora omogućuje da se dobije uvid i formira mišljenje o stanju nekog sistema (organizacije, zajednice), a potom i da se donesu odluke na osnovu dobijenih informacija. Suštinski, indikatori se koriste za tri tesno povezane namene:

- da obezbede sintetizovanu informaciju o nekom fenomenu i da ocene njegov značaj, odnosno njegov uticaj na energetske razvoj,
- da pomognu u procesu definisanja ciljeva energetskog razvoja konkretne zajednice, i
- da prate izvršenje zadataka, odnosno utvrde da li preuzete aktivnosti konvergiraju postavljenim ciljevima.

Bez obzira koja je od gore navedenih funkcija dominantna, indikatori se koriste za usmeravanje politike i strateških odluka, tako da moraju da obezbede smernice za vršenje političkog pritiska i da ukažu na potrebne promene u konkretnom delovanju i aktivnostima. Samo praćenje trendova indikatora, bez razmišljanja kako uticati na njih nije korisno za strateški razvoj. Uspostavljanje veza između različitih pojava u društvu i prirodi, formiranje predstave o njihovoj međusobnoj uzročnosti je važno, jer omogućava kreiranje politike koja je u korelaciji sa indikatorima.

Strateško planiranje u energetici započinje definisanjem razvojnih ciljeva – vizije čije je ostvarenje potrebno pratiti. Potom se definišu podaci koje je potrebno prikupiti da bi bilo moguće odrediti indikatore koji daju informaciju o tome da li se i uolikoj meri vizija ostvaruje. Da bi tumačenje indikatora bilo moguće i da bi se razumelo koliko su dobijene vrednosti blizu ili daleko od postavljenog cilja, uspostavljaju se i određuju referentne vrednosti indikatora kao standardi za poređenje. Buduće aktivnosti se usmeravaju u zavisnosti od toga u kojoj meri su usvojeni standardi ispunjeni. Određivanje standarda je kompleksan zadatak, jer svaka zajednica/organizacija ima svoju društvenu, ekonomsku i specifičnost sa stanovišta životne sredine U zavisnosti od ambicioznosti zajednice/organizacije, nivo zahteva postavljenih standardom može biti različit (Slika 2.2):



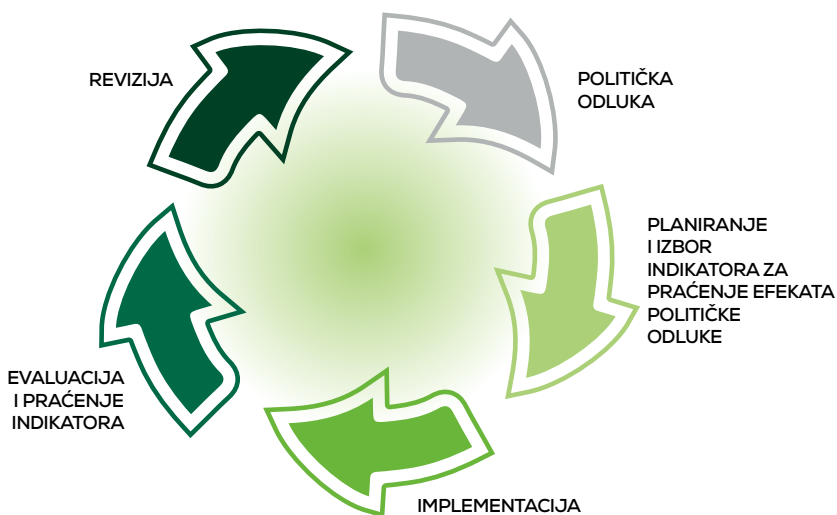
Slika 2.2: Usvajanje referentnih vrednosti indikatora (Ivezić, Živković, 2015)

- Ambiciozni standardi se usvajaju onda kada je idealna situacija usvojena kao vizija (Npr. Održivi grad, dekarbonizovana ili karbon neutralna ekonomija, itd). U ovim slučajevima se teško može očekivati da željena vrednost indikatora bude dostignuta.
- Nešto manje ambiciozni standardi za poređenje indikatora se dobijaju kao prosečne/uobičajene vrednosti za slične organizacije/zajednice. Ovako defi-

nisani standardi su bliži realnosti i daju mogućnost da se pozitivna iskustva drugih organizacija/zajednica usvoje i primene.

- Najniži, odnosno minimalni standardi koje ima smisla koristiti za poređenje i praćenje indikatora su vrednosti definisane važećom regulativom ili regulativom koja bi u budućnosti trebalo da bude u važnosti (domaći propisi i propisi EU).

Uloga indikatora je ključna u procesu implementacije, odnosno realizacije aktivnosti koje imaju za cilj da podignu nivo održivosti neke organizacije/zajednice. U procesu evaluacije (Slika 2.3) se vrši poređenje vrednosti indikatora pre i nakon realizacije aktivnosti, kao i u odnosu na izabrane standarde – referentne vrednosti. Rezultati evaluacije direktno utiču na to da li je i u kojoj meri neophodno izvršiti reviziju izvorne političke odluke, zasnovane na usvojenoj viziji, odnosno pojedinih elemenata koji se tiču njene implementaciji u praksi.



Slika 2.3: Uloga indikatora u planiranju i vođenju energetske politike, (Ivezić, Živković, 2015)

U kontekstu energetske planiranja vezanog za sektor domaćinstava, indikatori mogu biti podjeljeni u nekoliko ključnih kategorija²². Najveći broj literaturnih izvora prepoznaje četiri osnovne klase indikatora koje čine temelj za analizu uvođenja obnovljivih izvora energije (OIE) u domaćinstva i energetske tranzicije istih: tehničke, ekonomske, ekološke i socijalne indikatore. Svaka od ovih klasa obuhvata ključne aspekte koji omogućavaju sveobuhvatnu procenu održivosti i efikasnosti energetske rešenja.

²² Indikatori koji se koriste specifično za sektor domaćinstava su prikazani u izveštaju "Određivanje reprezentativnih skupova indikatora za usmeravanje procesa energetske planiranja", <https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/04/WP5-Pregled-literature-01042025.pdf>

Zajedno, ove četiri klase pružaju sveobuhvatan okvir za energetske planiranje i donošenje odluka.

- **Tehnički indikatori** se odnose na efikasnost i operativnost tehnologija koje se koriste u domaćinstvima. Tehnički indikatori obuhvataju opise karakteristika tehnologija obnovljivih izvora energije, poput kapaciteta sistema, efikasnosti istog, trajnosti opreme i potrebne infrastrukture, ali i efikasnosti pretvaranja energije, mogućnosti održavanja i potreba za zamenom komponenti. Ovi indikatori omogućavaju procenu tehničkih limita i mogućnosti implementacije određenih tehnologija u domaćinstvima. Takođe, važno je analizirati i tehničke prepreke koje mogu nastati pri implementaciji ovih tehnologija, kao što su kapacitet distribucije energije, tehnička usklađenost sa postojećom infrastrukturom, te specifične energetske potrebe samih korisnika.
- **Ekonomski indikatori** razmatraju finansijske podsticaje i subvencije, što je ključno za ocenu ekonomske pristupačnosti i održivosti. Ekonomski indikatori obuhvataju analiziranje troškova u vezi sa nabavkom, instalacijom i održavanjem sistema obnovljivih izvora, kao i procenu povrata investicije. U ovoj kategoriji, najvažniji indikator je cena po kWh proizvedene energije, koja može biti značajno niža u poređenju sa konvencionalnim izvorima energije nakon što su početni troškovi instalacije pokriveni. Dodatno, ekonomski indikator može obuhvatiti analizu subvencija i državnih politika koje podstiču korišćenje obnovljivih izvora energije, kao i efekte na zapošljavanje u sektoru .
- **Ekološki indikatori** služe za procenu uticaja na životnu sredinu. Ovi indikatori omogućavaju procenu ekološke održivosti uvođenja OIE, kroz smanjenje emisija ugljen-dioksida i drugih zagađivača, efikasnost korišćenja resursa i doprinos smanjenju klimatskih promena. Najvažniji od njih su smanjenje emisije ugljen-dioksida i drugih gasova sa efektom staklene bašte, smanjenje zagađenja vazduha i vode, te očuvanje biodiverziteta. Korišćenje obnovljivih izvora energije u domaćinstvima doprinosi smanjenju emisije štetnih gasova, što ima dugoročne koristi za zaštitu životne sredine i ublažavanje klimatskih promena. Takođe, ekološki indikatori mogu pratiti i potrošnju prirodnih resursa, kao što su voda i tlo, koji mogu biti pogođeni proizvodnjom energije .
- **Socijalni indikatori** energetske tranzicije u domaćinstvima uključuju priuštivost tehnologija OIE, nivo svesti o značaju održivih izvora energije, kao i uticaj na kvalitet života korisnika. Preciznije, ovi indikatori mogu obuhvatiti analize obrazovnih potreba, pristupačnosti finansijskih resursa, socijalne prihvatljivosti novih tehnologija, kao i uticaj na socijalnu koheziju i ravnotežu. Socijalni indikatori fokusiraju se na društvene aspekte, kao što su pristup tehnologijama, obrazovanje korisnika, uticaj na kvalitet života i socijalnu ravnotežu. Ovi indikatori pomažu u oceni socijalne prihvatljivosti i inkluzivnosti energetske rešenja.

Kombinovanjem tehničkih, ekonomskih, ekoloških i socijalnih indikatora, moguće je stvoriti sveobuhvatan okvir koji će omogućiti donošenje pravovremenih i svrsishodnih odluka u vezi sa energijom, a time i unapređenje kvaliteta života građana.



LITERATURA:

1. Batia, S.C. (2014) Energy resources and their utilisation, *Advanced Renewable Energy Systems*. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-269-3.50001-2>.
2. Bloom, M.J. and Menefee, M.K. (1994) Scenario Planning and Contingency Planning, *Public Productivity & Management Review*, 17(3), pp. 223–230. <https://doi.org/10.2307/3380654>.
3. International Atomic Energy Agency (IAEA), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), International Energy Agency (IEA), Eurostat and European Environment Agency (EEA) (2005) *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. Vienna: International Atomic Energy Agency. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1222_web.pdf
4. Hansen, P., Liu, X. and Morrison, G.M. (2019) Agent-based modelling and socio-technical energy transitions: A systematic literature review, *Energy Research & Social Science*, 49, pp. 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.021>.
5. Ivezić, D. and Živković, M. (2015) *Energetika i održivi razvoj – Indikatori održivosti*. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet. ISBN 978-86-7352-286-9.
6. Johannsen, R.M., Østergaard, P.A., Maya-Drysdale, D. and Mouritsen, L.K.E. (2021) Designing Tools for Energy System Scenario Making in Municipal Energy Planning, *Energies*, 14(5), 1442. <https://doi.org/10.3390/en14051442>.
7. Mega, V. and Pedersen, J. (2018) *Urban Sustainability Indicators*. Dublin: European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.
8. Sørensen, B. (2017) *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics and Planning*, London, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8045671.00006-2>.
9. Sovacool, B.K. (2016) How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions, *Energy Research & Social Science*, 13, pp. 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>.
10. Terrados, J., Almonacid, G. and Aguilera, J. (2010) Energy Planning: A Sustainable Approach, in *Paths to Sustainable Energy*, [eds] Nathwani, J. and Ng, A., London: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/12847>.





3. „BACKCASTING“ PRISTUP ENERGETSKOM PLANIRANJU



U fokusu projekta FF GreEN – Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition je Backcasting metodološki pristup u energetsom planiranju. Backcasting pristup omogućava promišljanje budućnosti „unazad“ – počinjući od željenog stanja energetskog sistema u budućnosti (npr. 2050. godine), a zatim identifikujući korake koji vode ka njegovom ostvarenju. Ovaj metod podstiče participaciju svih relevantnih aktera – od domaćinstava i lokalnih zajednica do institucija i stručnjaka – u kreiranju realističnih, ali ambicioznih scenarija energetske tranzicije.

3.1. SPECIFIČNOSTI “BACKCASTING” PRISTUPA

Šta je „backcasting“?

U srpskom jeziku ne postoji odgovarajuća reč kojom bi se adekvatno preveo pojam „backcasting“. Ova kovanica je nastala sa željom da se opiše proces „gledanja i planiranja unazad, posmatranja sadašnjosti, sa pozicije koja se nalazi u budućnosti“, kao neka vrsta suprotnosti procesa prognoziranja, predviđanja (forecasting), koje predstavlja proces “gledanja unapred, razmatranja budućnosti sa trenutne pozicije”.

Backcasting metodološki pristup je veoma efikas način planiranja i donošenja odluka, koja počinje definisanjem željene budućnosti, a zatim se nastavlja razmatranjem i definisanjem šta je potrebno uraditi da bi se ostvarila željena budućnost. Backcasting predstavlja efikasan način za kreiranje realnog i ostvarivog plana jer vas primorava da razmišljate o svim potrebnim koracima na putu, umesto da se fokusirate samo na krajnji cilj. Primena backcastinga u energetici počela je osamdesetih godina XX veka, a od tada se koristi kao alat za planiranje razvoja sistema različitog niva obuhvata, od pojedinačnih projekata do inicijativa za društvene promene velikih razmera.



Slika 3.1: Prikaz backcasting metodologije –od budućnosti ka sadašnjosti



U osnovi, backcasting je metoda koja se bavi time kako se željene budućnosti mogu postići, za razliku od predviđanja (forecasting) koje se uglavnom zasniva na prognozi onoga što je verovatno da će se desiti na osnovu nastavka postojećih trendova. Backcasting inicira razmišljanje unazad, od željene krajnje tačke do sadašnjosti, kako bi se identifikovale akcije i koraci koje treba preduzeti da bi se postiglo željeno buduće stanje. To čini jasnu razliku u odnosu na predviđanja, koje je tipično usmereno na sagledavanje onoga što je verovatno da će se desiti.

Niko ne može sa sigurnošću da predvidi kako će se neki sistem razvijati i koje će karakteristike imati u budućnosti. Proces backcastinga pomaže zainteresovanim stranama (akterima, učesnicima u procesu i donosiocima odluka) da identifikuju šta je potrebno uraditi kako bi ostvarili željenu budućnost.



KLJUČNE KARAKTERISTIKE BACKCASTINGA:

- Polazi od cilja, a ne od trenda.
- Koristi se posebno u održivom razvoju, energetici i klimatskoj politici.
- Pomaže u kreiranju strategija koje ne zavise samo od „realističnih“ projekcija, već omogućava osmišljavanje transformativnih rešenja.

PRIMER:

Ako država želi da do 2050. postigne klimatsku **neutralnost**, backcasting bi uključivao:

- Definisanje i postavljanje cilja za 2050. godinu, tj. željene budućnosti.
- Identifikovanje glavnih sektora i tehnologija potrebnih za transformaciju.
- Identifikaciju potrebnih mera i politika koje treba sprovesti u toku određenih perioda (2030, 2040...).
- Vraćanje unazad do današnjeg trenutka da bi se odredili potrebni koraci i vremenski okvir njihove realizacije.

Kada se primenjuje backcasting?

Backcasting je poželjna opcija kada je predmet proučavanja podrazumeva veliku promenu ili kompleksan problem koji treba rešiti, a posebno:

- kada je problem koji se proučava složen, jer obuhvata mnoge sektore i nivoe društva;
- kada postoji potreba za velikim promenama, tj. kada marginalne promene u postojećem sistemu ne bi bile dovoljne;

- kada su dominantni trendovi deo problema – a ti trendovi često predstavljaju osnovu za prognozu daljeg razvoja;
- kada je vremenski horizont dovoljno dug da omogući značajan prostor za promišljen izbor.



Backcasting se koristi tamo gde se želi promena paradigme – umesto pitanja „Šta će se desiti ako se nastavi postojeća praksa? Šta će se desiti ukoliko...?“, postavlja se pitanje „Kako stići do željenog stanja-cilja?“

Problemi koji su pogodni za razmatranje i primenu backcastinga identifikovani su posebno u sledećim oblastima:

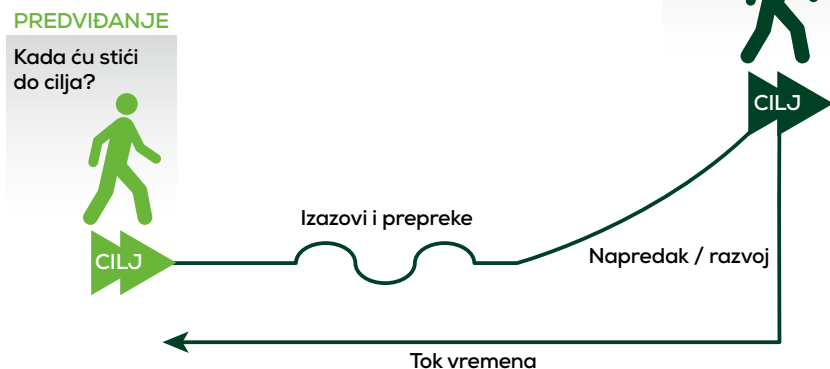
- **Održivi razvoj i klimatske promene**
Primeri: Klimatska neutralnost do 20yy. godin
Smanjenje emisija GHG za xx% do 20yy. Godin
„Zero waste“ gradovi
- **Energetska tranzicija**
Primeri: Prelazak na 100% obnovljive izvore energije.
Strategije za postepeno izbacivanje fosilnih goriva.
Razvoj tehnologija (npr. vodonik, pametne mreže, elektrifikacija transporta).
- **Urbanizam i saobraćaj**
Primeri: „Pametni gradovi“
Gradovi bez automobila ili sa nultom emisijom zagađujućih materija.
- **Politike i strategije javnog sektora**
Primeri: Nacionalni energetske i klimatski planovi (NECP).
Programi uvođenja principa cirkularne ekonomije
- **Privreda i inovacije**
Primeri: Kompanijski dugoročni ciljeve održivosti
(npr. „carbon neutral company by 20yy“)
Inovacije i razvoj proizvoda koji odgovaraju budućim potrebama.

Razlika između backcastinga (planiranja unazad) i forecastinga (predviđanja)

Za razliku od forecastinga (predviđanja), gde se polazi od sadašnjeg stanja i pokušava predvideti kako posmatrani sistem razvijati, backcasting (planiranje unazad) postavlja pitanje kako stići do određenog, željenog cilja (Slika 3.2). Razlike u ova dva pristupa uključuju i razlike u poloaznoj tački procesa, pravcu razmišljanja, dobijenim rezultatima, slabostima i prednostima (Tabela 3.1).



PREDVIĐANJE I PLANIRANJE UNAZAD



Slika 3.2: Vizualizacija razlike između backcastinga (planiranja unazad) i forecastinga (predviđanja)

Tabela 3.1: Osnovne karakteristike forecastinga i backcastinga

	FORECASTING	BACKCASTING
Polazina tačka	Sadašnjost (postojeći trendovi, podaci, pretpostavke)	Budućnost (definisani željeni cilj ili vizija)
Pravac razmišljanja	Od sadašnjosti ka budućnosti (šta će se verovatno desiti)	Od budućnosti ka sadašnjosti (šta treba uraditi da dođemo do cilja)
Glavno pitanje	„Šta će se desiti ako nastavimo ovim putem?“	„Šta moramo da uradimo danas da bismo postigli željenu budućnost?“
Rezultat	Scenariji i projekcije verovatnih ishoda	Akcioni plan i koraci potrebni da se dostigne cilj
Tipično korišćenje	Predviđanje tržišta, demografskih trendova, potrošnje energije, ekonomskih kretanja	Strategije održivog razvoja, klimatske politike, energetska tranzicija, urbanističko planiranje
Slabost	Može da „zarobi“ u postojećim trendovima	Zahteva konsenzus o ciljevima i može delovati previše idealistično
Prednost	Daje realistične projekcije i upozorava na rizike	Omogućava strateško usmeravanje i inovativna rešenja



RAZLIKA IZMEĐU BACKCASTINGA I FORECASTINGA JE U PRISTUPU PLANIRANJU U ENERGETICI:

PRIMER:

- **Forecasting:** „Ako potrošnja prirodnog gasa raste 2% godišnje, koliki će biti uvoz 2040. godine?“
- **Backcasting:** „Ako je cilj postizanje klimatske neutralnosti 2050. godine, koje tehnologije i politike je potrebno uvesti i u kom vremenskom periodu?“

Metodološki pristupi backcasting-a:

Postoji nekoliko tipova backcastinga koji se međusobno razlikuju u zavisnosti od dela procesa na kome je fokus razmatranja:

1. ciljno orijentisan backcasting, sa fokusom na razvoj i analizu vizija sa predloženim ciljevima, gde su ciljevi obično kvantitativno izraženi;
2. backcasting orijentisan na putanju razvoja, gde se određivanju striktnih ciljeva pridaje manji značaj, a fokus je na pitanju kako sprovesti promene i mere koje će da omoguće te promene, poput legislative, fiskalne politike ili promena u ponašanju;
3. backcasting orijentisan na realizaciju, gde je glavni cilj da se definiše akcioni plan ili plan realizacije, sa fokusom na to ko može da donese i sprovede promene, a uz obezbeđenje da ključni akteri budu posvećeni i dugoročno uključeni u proces;
4. backcasting orijentisan na učešće zainteresovane javnosti, gde se ova metodologija koristi kao alat za sprovođenje kreativnih radionica.

Osnovni elementi planiranja korišćenjem backcastinga orijentisanog na učešće zainteresovane javnosti- participativnog (engl. "participatory") backcasting-a su:

1. uključenost zainteresovane javnosti (zainteresovanih strana) i dijalog,
2. zajedničko formiranje željenih vizija budućnosti i
3. podizanje nivoa znanja zainteresovanih strana kroz učešće u procesu, interakciju, razvijanje vizije i procenu vizije

Participativni backcasting (Participatory Backcasting) je metodologija koja u isto vreme omogućuje postizanje konsekvencija oko budućih ciljeva vezanih za tehnološki razvoj i načina rukovođenja procesom uvođenja inovacija. Jedna od prvih primena ove metodologije bila je u Holandskom programu razvoja održivih tehnologije (eng. Dutch Sustainable Technology Development program), gde je korišćena kao alat za razvoj inovacija. Ovakvim pristupom se naglašava važnost interakcije aktera (zainteresovanih strana), sa ciljem da oni na adekvatan način budu uključeni u čitav proces. Pokazalo se da se neki od efekata primene backcasting metodo-



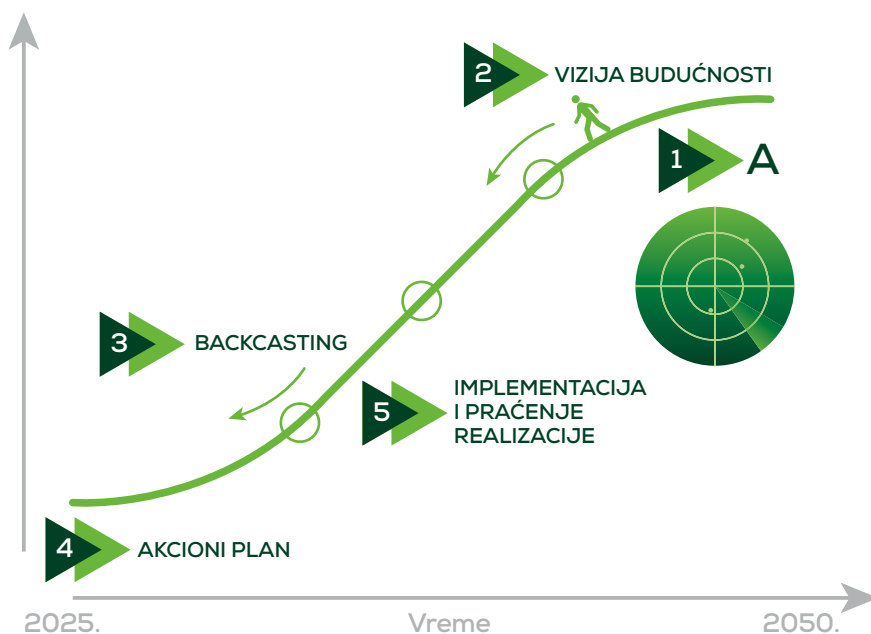
logije pojave i nekoliko godina posle početka implementacije rešenja dobijenog primenom te metodologije, što implicira da je metodologija funkcionalna i da daje zamajac daljoj implementaciji i razvoju, u slučaju kada je učešće aktera u procesu na dobrovoljnoj osnovi.

Generlni pristup, za primenu backcastinga, za koji je i razvijen metodološki okvir, sastoji od pet koraka (Slika 3.3 i 3.4):

1. Strateško razmatranje problema,
2. Kreiranje i formulisanje vizije,
3. Backcasting-planiranje unazad, od budućnosti do sadašnjosti,
4. Razrada alternativa i pratećih aktivnosti,
5. Implementacija i podrška



Slika 3.3: Metodološki okvir za participativni backcasting (Quist, 2007)



Slika 3.4: Faze u sprovođenju backcastinga

3.2. ALGORITAM PRIMENE

Kako sprovesti backcasting metodološki pristup? Put do dugoročne strategije

Primena backcastinga u strateškom planiranju podrazumeva realizaciju navedenih pet koraka. Početna faza u primeni backcasting metodologije jeste analiza problema koji se razmatra, kao i izrada prikaza i analize trenutnog stanja.

1. Analiza problema i pregled sadašnjeg stanja

KORACI

Kako sistem koji se proučava izgleda u sadašnjem trenutku? Fokus je na unutrašnjem okruženju sistema. Pošto se analiza zasniva na sistemu definisanom granicama identifikovanim u prethodnom modulu, analiza trenutne situacije prevazilazi razmatranje konkretnog sektora i obuhvata širi kontekst.



Prvi korak u primeni backcastinga je definisanje problema koji će se analizirati i rešavati, uključujući opis granica sistema, izbor vremenskog horizonta i formiranje strukture sistema.

U toku realizacije ovog koraka treba se upoznati sa svim segmentima sistema koji je predmet transformacije, odnosno potrebno je dati odgovore na sledeća pitanja:

1. Trenutno stanje sistema

- Kako sistem koji proučavamo izgleda u ovom trenutku?
- Koje su njegove ključne osobine, akteri, tehnologije i institucionalni aranžmani?

2. Karakteristike sistema/problema

- Šta definiše funkcionisanje sistema (tehnički, ekonomski, društveni, ekološki aspekti)?
- Koje međuzavisnosti postoje sa drugim sistemima (npr. energija ↔ transport ↔ životna sredina)?

3. Glavni trenutni izazovi

- Koji su najhitniji problemi danas (npr. neefikasnost, neodržive prakse, nejednakosti)?
- Postoje li spoljašnji pritisci (klimatske promene, regulative, tržišne promene) koji oblikuju izazove?

4. Scenario nastavka postojeće prakse ("business-as-usual")

- Šta će se dogoditi ukoliko se ništa značajno ne promeni?
- Koje su verovatne posledice u razmatranom periodu (npr. rast emisija, troškova, rizika)?



5. Percepcija različitih aktera

- Kako vlade, kompanije, NVO, akademska zajednica i građani vide problem?
- Gde se njihova mišljenja podudaraju, a gde razilaze?

6. Ograničenja za rešavanje problema i strateško planiranje

- Vremenski horizont: koliko vremena je na raspolaganju za delovanje?
- Resursi: koji su finansijski, ljudski i tehnički kapaciteti dostupni?
- Uključenost zainteresovanih strana: koga je realno moguće uključiti i koje prepreke postoje (sukobi interesa, nedostatak poverenja, ograničeni kapaciteti)?

Od posebne je važnosti, u ovoj fazi, je mapiranje i identifikacija zainteresovanih strana kao i njihovo uključivanje u proces kroz intervju e i učešće na kreativnim radionicama.

Važan i vremenski zahtevan element u sprovođenju ovog koraka predstavlja analiza postojećeg stanja, koja se sastoji iz dve faze: prikupljanje i analiza podataka.

Prikupljanje podataka se sprovodi sa ciljem što boljeg opisa i sagledavanja trenutnog stanja sistema, a uključuje pregled relevantne literature, izveštaja, projekata, intervju e sa predstavnicima zainteresovanih strana. Na pr. analiza trenutnog stanja sistema grejanja u nekom gradu/opštini obuhvatala bi podatke o grejnoj površini koja se snabdeva iz sistema daljinskog grejanja, grejnoj površini korisnika koji imaju individualne sisteme grejanja, ukupnu godišnju potrošnju energije za grejanje, strukturu potrošnje energije prema energentima, pregled lokalno dostupnih potencijala obnovljivih izvora energije, specifičnu potrošnju energije, cenu grejanja, nivo zadovoljstva postojećim sistemom grejanja, itd.



Treba imati na umu, da bi najvažniji izvor podataka za mogao biti direktan doprinos zainteresovanih strana, učesnika u procesu strateškog planiranja

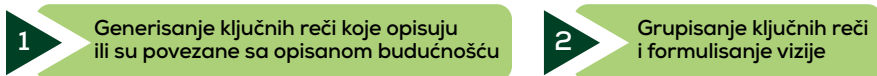
Na osnovu prikupljenih podataka tim ekspertata priprema prikaz i analizu, koje prezentuje učesnicima na kreativnoj radionici, a koja služi kao osnova za sprovođenje narednih koraka u backcastingu.

Poželjno je da se za sadašnje stanje (baznu godinu) odrede karakteristični indikatori, koji bi mogli da posluže za poređenje sa drugim gradovima/opštinama u zemlji i okruženju, ali i za mogućnost praćenja transformacije sistema u toku vremena. Na primer: % domaćinstava koji se snabdeva iz sistema daljinskog grejanja, specifična godišnja potrošnja korisne energije za grejanje, specifična godišnja emisija ugljendioksida, % mesečnih prihoda koji se izdvajaju za grejanje i sl.

Problemi koji se mogu javiti u ovoj fazi jesu: nedostatak podataka i nedovoljna zainteresovanost aktera za učešće u procesu participativnog backcastinga.

2. Formulisanje vizije, određivanje kriterijuma i ključnih neizvesnosti

KORACI



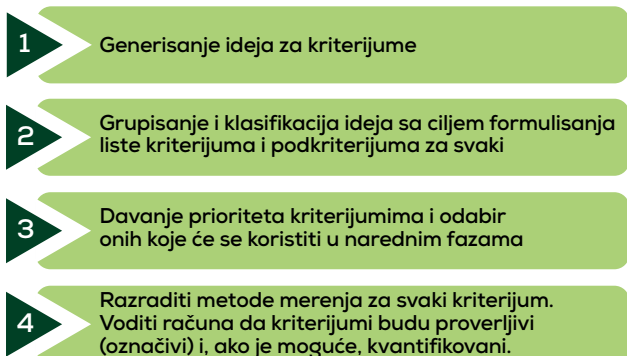
Posle analize trenutnog stanja, veoma je poželjno izraditi projekcije budućeg stanja sistema, baziranog na nastavku postojećih trendova i nastavku uobičajene prakse (business as usual scenario) kako bi učesnici u procesu stekli veoma jasnu sliku o sistemu koji bi nastavio da se razvija na uobičajen način.

Nakon toga sledi definisanje vizije, koja predstavlja formulaciju stanja sistema koji je poželjan u budućnosti, a koji treba da bude značajno drugačiji projekcije dobijene iz projekcije business as usual.

Opis vizije se lakše postiže ukoliko se prethodno izaberu i definišu kriterijumi (sa podkriterijumima), koji se mogu koristiti u svrhu poređenja, definisanje i određivanje ciljeva, a kasnije i merenje napretka ka željenoj budućnosti.

Izbor podkriterijuma

KORACI



Kriterijume za ocenjivanje mogućih rešenja i praćenje napretka transformacije sistema predlažu zainteresovane strane-učesnici kreativnih radionica. Svaki od predloženih kriterijuma može da sadrži više podkriterijuma kako bi se svi aspekti što detaljnije sagledali. Ne postoji univerzalni set kriterijuma. Za svaki pojedinačni projekat učesnici u procesu-zainteresovane strane predlažu kriterijume sa podkriterijumima

Predloženi kriterijumi se mogu dalje razrađivati, tako što je se svaki od kriterijuma predloži nekoliko merljivih podkriterijuma, koji posmatrani zajedno i u kontekstu, mogu da pruže sliku o trenutnom stanju, ili da posluže za bližu formulaciju cilja,



definisanjem ciljane (željene) vrednosti. Pored toga, razrada podkriterijuma omogućava poređenje sa drugima („benchmarking“), kako u baznoj godini, tako i u budućnosti. Ukoliko postoji definisana ciljna vrednost za određenu godinu, tada se napredak ka cilju može meriti određivanjem svakog od podkriterijuma u posmatranoj godini. Primeri podkriterijuma koji opisuju pouzdanost i dostupnost prikazani su u tabeli 2.

Analiza glavnih uticajnih faktora-pokretača

KORACI

- 1 Identifikovanje pokretačkih sila koje će obeležiti budućnost (na primer, koristeći analizu dokumenta i „brainstorm“).
- 2 Proceniti nivo uticaja za svaku od identifikovanih pokretačkih sila (pogledati dole kako izvršiti analizu uticaja i neizvesnosti).
- 3 Identifikovanje trendova i ključne neizvesnosti (pogledati dole kako izvršiti analizu uticaja i neizvesnosti).
- 4 Odabrati dve (ili više, u zavisnosti od obuhvatnosti analize) i ključne neizvesnosti.
- 5 Razviti plan budućnosti sa 4 spoljašnja scenarija (pogledati poglavlje „Razvijanje spoljašnjih scenarija“).

Značajna faza procesa strateškog planiranja razvoja nekog sistema je analiza spoljašnjih faktora koji utiču na budući razvoj, a cilj je identifikacije mogućnosti, načina i veličine tog uticaja. Ti spoljašnji faktori, nazvani su pokretači (Driving forces), nastaju i postoje van sistema, ali imaju bitan uticaj na njegovo ponašanje i razvoj.

Analizu uticajnih faktora-pokretača potrebno je uraditi sa predstavnicima zainteresovanih strana. Identifikovane pokretače je dalje potrebno grupisati kako bi se odredile ključne neizvesnosti koje mogu imati krucijalan uticaj na dalji razvoj sistema.

Neki od pokretača mogu da budu predvidivi sa visokim stepenom izvesnosti. U takvom slučaju reč je o trendovima. Uobičajen način predviđanja trendova je korišćenje istorijskih podataka. Kao primeri trendova mogu se za navesti rast broja stanova ili rast broja stanovnika

3. Razvoj i analiza scenarija – opcija. Kako do željene budućnosti?

KORACI

- 1 Generisati ideje za rešenja i razraditi ih korišćenjem morfološke analize ili različitih kreativnih tehnika. Po potrebi skratiti listu dobijenih rešenja.
- 2 Opisati dobijena rešenja (pomoću slika, tekstualnih opisa ili na neki drugi način).
- 3 Dati sažete naslove za svako rešenje.

Definisana vizija i izabrani kriterijumi, uz analizu kriterijuma u baznoj godini daju smernice za formulaciju mogućih rešenja (opcija). Uvažavajući podatke dobijene kroz intervju i rezultate sa kreativne radionice, mogu se definisati/ekstrahovati ključne karakteristike sistema. Karakteristike sistema se dobijaju morfološkom analizom, a do mogućih opcija razvoja dolazi se njihovim kombinovanjem. Opcije razvoja razrađuje i predlaže projektni tim, imajući u vidu da između predloženih opcija moraju da postoje jasne razlike. Na pr: u jednom scenariju se može razmatrati slučaj 100% centralizovanog snabdevanja toplotom, a u drugom slučaju 100% snabdevanja toplotom individualnim sistemima.

Kako izabrati najbolju opciju od ponuđenih?

4. Ocena predloženih opcija i test robusnosti

KORACI

- 1 Evaluirati svako rešenje (interni scenario) u odnosu na sve definisane kriterijume, kako bi se identifikovalo koje rešenje ili kombinacija rešenja najbolje zadovoljava postavljene kriterijume
- 2 Proceniti robusnost i osetljivost svakog rešenja tako što će se ono oceniti u odnosu na svaku od četiti spoljašnje budućnosti definisane u modulu Pokretači (Drivers).
- 3 Naosnovu rezultata analize kriterijuma i testiranja robusnosti / osetljivosti, kreirati konačan objedinjeni scenario.

Svaku od predloženih opcija (scenario) treba sistematski proceniti u odnosu na sve definisane kriterijume. Cilj je da se identifikuje koje rešenje najbolje zadovoljava kriterijume, ili da li kombinacija više rešenja može dati najefikasniji ishod.



Za ovu procenu može se primeniti više metoda:

Aritmetička sredina

Svako rešenje se ocenjuje prema svakom od definisanih kriterijuma koristeći unapred definisanu skalu (npr. 1–5). Najniža vrednost označava veoma loše ispunjenje kriterijuma, dok najviša označava odlično ispunjenje. Aritmetička sredina ocenjena za svaku opciju daje opštu sliku o tome koliko dobro ispunjava skup kriterijuma (Tabela 3). Ocenjivanje se može zasnivati i na grupnoj diskusiji i konsenzusu.

Ponderisana aritmetička sredina

Ako su neki kriterijumi važniji od drugih, može se dodeliti ponder (težinski koeficijent) svakom kriterijumu. Procena se tada zasniva na ponderisanoj aritmetičkoj sredini, koja uzima u obzir relativnu važnost svakog kriterijuma. Ovaj metod daje nijansiraniju analizu, usklađenu sa strateškim prioritetima.

U slučajevima kada nijedno pojedinačno rešenje u potpunosti ne ispunjava zahteve, može biti korisno kombinovati elemente različitih rešenja. Ovakav hibridni pristup često može obezbediti bolji balans između konkurentnih kriterijuma.

Strategija je robusna ako je sposobna da se dobro nosi sa varijacijama (ponekad i nepredvidivim) u svom okruženju, uz minimalnu štetu, izmene ili gubitak funkcionalnosti. Testiranje robusnosti pomaže da se identifikuju takva robusna rešenja/ opcije, da se opišu njihove ranjivosti i da se procene kompromisi među njima.

Za testiranje robusnosti potrebno je proceniti svaki scenario/rešenje u odnosu na svaku od četiri spoljne budućnosti razvijene u okviru modula „Pokretači” . Polazna tačka može biti diskusija o tome koliko bi svako rešenje moglo da funkcioniše u svakoj budućnosti.

Ilustracija se može uraditi tako što se za svako rešenje na „ravni budućnosti” povuku granice koje pokazuju koliko je rešenje robusno u svakoj budućnosti. Što je rešenje robusnije (tj. bolje prilagođeno da se nosi sa varijacijama te budućnosti), to će pokrivati veći deo te ravni.

Testiranje scenarija u odnosu na kriterijume i testiranje robusnosti otkrivaju prednosti i slabosti predloženih rešenja. Na osnovu rezultata ovih testiranja potrebno je odlučiti o konačnom scenariju (konačnom rešenju) za implementaciju – što je često kombinacija više razmatranih opcija-scenarija.

5. Backcasting. Put od budućnosti do sadašnjosti

KORACI

- 1 Identifikovati koje su promene neophodne prema njihovim tipovima i razviti listu.
- 2 Identifikovati zainteresovane strane koje će biti uključene u iniciranje, sprovođenje i podršku promena.
- 3 Postaviti promene na vremensku liniju, počevši od budućnosti ka sadašnjem trenutku.
- 4 Identifikovati prepreke i pokretače za sprovođenje svake promene.

Faza backcasting-a pretpostavlja razradu putanja od budućnosti do sadašnjosti. Potrebno je identifikovati koje su ključne kulturološke, strukturne i tehnološke promene neophodne da bi se realizovao izabrani scenario. Sve neophodne promene su trebaju da imaju vremensku odrednicu koja sugerise željeni vremenski okvir za početak njihove implementacije.



Kulturološke promene (promena načina razmišljanja ljudi, promena vrednosnih prioriteta, učenje/odučavanje i sl.)
Strukturne/institucionalne promene (nove politike, podsticaji i sl.).
Tehnološke promene (nove infrastrukture, nove tehnologije).

U proces planiranja poželjno je uključiti i **modeliranje tranzicionih putanja izradom u specijalizovanim alatima za modeliranje**. Ovo može pomoći u boljem razumevanju **posledica i neočekivanih efekata**. Takođe, ovakav pristup omogućava prelazak sa kvalitativnih na kvantitativne opise.





LITERATURA:

1. Basco-Carrera, L., Warren, A., van Beek, E., Jonoski, A. and Giardino, A. (2017) Collaborative modelling or participatory modelling? A framework for water resources management, *Environmental Modelling & Software*, 91, pp. 95–110. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.014>.
2. Becker, J. (2010) Use of backcasting to integrate indicators with principles of sustainability, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 17(3), pp. 189–197. <https://doi.org/10.1080/13504501003726974>.
3. Pereverza, K., Pasichnyi, O., Lazarevic, D. and Kordas, O. (2017) Strategic planning for sustainable heating in cities: A morphological method for scenario development and selection, *Applied Energy*, 186, pp. 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.008>.
4. Pereverza, K. and Kordas, O. (2017) Sustainability through stakeholder learning: Participatory backcasting for the heating sector, in 10th BIWAES Biennial International Workshop Advances in Energy Studies: Energy Futures, Environment and Well-Being. Naples, Italy.
5. Pereverza, K., Pasichnyi, O. and Kordas, O. (2019) Modular participatory backcasting: A unifying framework for strategic planning in the heating sector, *Energy Policy*, 124, pp. 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.09.027>.
6. Pereverza, K., Pasichnyi, O., Kordas, O. et al. (2015) Developing urban energy scenarios – Morphological analysis in the participatory backcasting framework, in *Energy and Urban Systems*, [eds] Kordas and Ulgati, Stockholm, pp. 235–243.
7. Quist, J., Thissen, W. and Vergragt, P.J. (2011) The impact and spin-off of participatory backcasting: From vision to niche, *Technological Forecasting and Social Change*, 78(5), pp. 883–897. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.01.011>.
8. Vergragt, P.J. and Quist, J. (2011) Backcasting for sustainability: Introduction to the special issue, *Technological Forecasting and Social Change*, 78(5), pp. 747–755. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03.010>.
9. Quist, J. (2013) Backcasting and scenarios for sustainable technology development, in *Handbook of Sustainable Engineering*. Dordrecht: Springer, pp. 749–771. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8939-8_52.
10. Živković, M., Ivezić, D., Grbović, A. and Vukadinović, B. (2016) Exploring scenarios for more sustainable heating: The case of Niš, Serbia, *Energy*, 115, pp. 1758–1770. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.06.034>.



4. ENERGETSKI MODELI KAO PODRŠKA PLANIRANJU



Za podršku procesu planiranja modeli su dokazano našli svoju široku primenu u različitim sferama društva, posebno u delu projekcija budućih tokova i trendova na osnovu predefinisanih zakonitosti i polaznih pretpostavki. Model teži da stvarni, spoljni svet prikaže što realističnije je moguće, u odnosu na dostupne resurse za razvoj modela. Naravno, model ne treba da teži potpunom preslikavanju spoljnog sveta, jer onda se i gubi smisao postojanja samog modela, već je jednostavnije pojavu posmatrati i izučavati uživo. Dakle, svaki model bi, teorijski gledano, trebalo da pojednostavljeno prikaže neku realnu pojavu ili proces, na takav način da jasno identifikuje varijable koje su od najvećeg uticaja i da obezbedi uslove za njihovu detaljnu analizu i utvrđivanje uzročno-posledičnih odnosa.

Modeli namenjeni za podršku energetsom planiranju nisu imuni na neizvesnosti, naprotiv, oni neminovno nose i neizvesnosti svojstvene svakom procesu planiranja. Iz tog razloga, važnije pitanje kod razvoja i primene modela jeste izbor metodologije koja će u konkretnom slučaju proizvoditi nova znanja i smanjiti postojeće neizvesnosti stvarnog procesa ili pojave.

Kao što je istaknuto, ne postoji jedna optimalna metodologija za modeliranje energetske tranzicije. Metodologija koja je prihvatljiva za modeliranje i simulaciju jednog aspekta energetske tranzicije, ne mora nužno biti prihvatljiva i za druga pitanja koja se postavljaju pred proces tranzicije narednih 20 ili 30 godina, a kamoli za druge paralelne procese u društvu.

Modeli za podršku dugoročnom energetsom planiranju podrazumevaju, uslovno rečeno, neočekivane i očekivane neizvesnosti. Kada su u pitanju neočekivane neizvesnosti, one se najpre odnose na neizvesnosti koje proizilaze iz nedostajućih podataka u modelu, odnosno odsustva vrednosti za promenljivu veličinu za koju se naknadno utvrdi da je od interesa u modelu. Kompjuterski modeli su kodirana i uprošćena reprezentacija stvarnih procesa koji su u fokusu istraživanja. Oni pomoću razvijene ili već postojeće funkcije obrađuju predviđene ulazne podatke i kao izlaz vraćaju rezultate zbog kojih su razvijeni. Ako određena kategorija podataka nedostaje na početku modeliranja, zadata unutrašnja varijabilnost sistema, odnosno granice sistema, ne mogu se povećati sa ponavljanjem eksperimenta. Ovakve neizvesnosti mogu se smanjiti samo kontinuiranim usavršavanjem i ažuriranjem modela kroz vreme.

Očekivane neizvesnosti, nasuprot neočekivanim, ogledaju se manjkavosti rezultata koja proizilazi iz nesigurnosti u tačnost podataka, niza aproksimacija u simulaciji i slično. Ovakve neizvesnosti su neminovne, ali i jednostavnije za kontrolisanje, jer kreatori energetskih modela u tumačenju rezultata mogu da ukažu na proistekla ograničenja i koje su posledice istih. U procesu modeliranja i simulacije vrši se združivanje većeg broja dobijenih podataka iz istraživanja u cilju kreiranja novih informacija, što uzrokuje i nove varijacije i nesigurnosti u izvedenim zaključcima. Te varijacije ne zavise samo od veličine izvornog uzorka, već i od stepena u kome je model odgovorio na glavni izazov koji se postavlja pred svaki model, a to je „realan

prikaz stvarnog sveta". Osim ovih neizvesnosti, očekivane neizvesnosti se takođe ogledaju i u odstupanjima u pretpostavkama autora modela, donosilaca odluka, eksperata ili zainteresovanih strana o trendovima određenih procesa i pojava u budućnosti. Na primer, odstupanja u prognoziranima cenama energenata, tehnološkom razvoju, demografskim kretanjima, vrednosnom sistemu potrošača i sl. spadaju u ove neizvesnosti.

U kontekstu planiranja energetske tranzicije, višeslojna perspektiva energetske tranzicije može se ispitivati korišćenjem različitih metoda i modela za podršku. Mogu se, na primer, zamisliti pojedinačna domaćinstva kako međusobno utiču na mišljenje ili stavove o određenoj tehnologiji ili, nasuprot tome, državne vlasti ili privredni subjekti koji donose odluke o ulaganjima u zavisnosti od prethodnih učinaka i vizija budućnosti. U zavisnosti od pristupa planiranju, razrada modela se može kretati od individualnog potrošača, domaćinstava, njihove društvene mreže i raznih vrsta tehnologija i tržišta proizvoda ili se, sa druge strane, može se početi od formulisanja opštih ciljeva na nivou sistema, tj. sa vrha, pa dalje razrađivati model po segmentima.



Savremena nauka i stručna praksa koriste široku paletu modela za donošenje odluka i za podršku u planiranju. Veliki napredak u hardverskom i softverskom razvoju uzdigao je domen primenljivosti i obim složenosti za rešavanje problema, od jednostavnih aritmetičkih proračuna, do stvaranja složenih simulacija koje rešavaju veliki broj složenih jednačina u realnom vremenu.



Pored usložnjavanja modela, menjaju se i njihove karakteristike. Na primer, razvoj je postao transparentniji. Većina novih energetske modela je otvorenog koda ili barem otvorenog pristupa. Ovo omogućava razmenu znanja i razvoj saradnje. U budućnosti, ovo bi moglo pomoći uvođenju standarda u energetske modeliranje i razvoj jake teorijske osnove što bi posledično dovelo do generisanja snažnijih i lakše uporedivih rezultata.

Današnja praksa potvrđuje da su modeli različitog metodološkog okvira i nivoa složenosti postali neizostavni deo podrške u procesu energetske planiranja i racionalnom donošenju odluka. Proces modeliranja se pokreće nakon što određeni subjekat identifikuje problem i utvrdi da bi rezultati modela mogli da daju korisne ulazne podatke za donošenje odluka. Prilikom definisanja modela postavljaju se granični uslovi i definišu atributi sistema koji će se modelirati, analizira se koji su procesi važni, kako se ovi procesi matematički predstavljaju, kao i koje se metode koriste.

Uopšteno govoreći, modeliranje se može definisati kao svrsishodno, matematičko pojednostavljivanje stvarnosti, tj. prikazivanje stvarnosti sa manje detalja i manje kompleksnosti. Ovako definisano, modeliranje ostavlja širi prostor za tumačenje, pa se tako pod modeliranjem podrazumeva:

- metodologija za obradu i sistematizaciju informacija, podataka, znanja i pretpostavki za određenu svrhu;
- proces učenja, gde modeli razmatraju i testiraju različite hipoteze o tome kako sistem funkcioniše;
- metodologija koja služi za interakciju zainteresovanih strana kako bi se olakšala razmena znanja.

Modeli se mogu klasifikovati na različite načine, na primer, na osnovu njihove konceptualne osnove i matematičkog rešenja, namene za koje su razvijeni i za koje se primenjuju, domen ili disciplinu na koje se odnose, kao i na nivo rezolucije i kompleksnost na kojima rade. Nevezano od oblasti primene, definisanje, razvoj i primene modela za potrebe odlučivanja pri rešavanju konkretnog problema karakteriše generalna procedura i opšta logika koja je predstavljena u Tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Osnovni koraci u procesu modeliranja

Koraci	Pitanja modeliranja	
Identifikacija i specifikacija problema: odluke za čiji izbor je potreban model, relevantna pitanja i ciljevi modeliranja	Definicija svrhe modela	- Cilj - Specifikacija problema - Potreba predikcije
	Specifikacija konteksta modeliranja	- Obim (prostorni i vremenski) - Domen primene - Zajednica korisnika - Potrebni ulazi - Željeni izlazi
Razvoj modela: razvoj konceptualnog modela koji odražava osnovne nauke o procesima koji se modeliraju, razvoj matematičkog predstavljanja problema i kodiranje ovih matematičkih izraza u kompjuterski program	Formulacija konceptualnog modela	- Pretpostavke (dinamički, statički, stohastički, deterministički) - Predstavljanje promenljivih - Nivo neophodnih detalja procesa - Naučne osnove
	Razvoj kompjuterskog modela	- Algoritmi - Matematičke/informatičke metode - Ulazni podaci - Hardverska platforma i softverska infrastruktura - Korisnički interfejs - Kalibracija / određivanje parametara - Dokumentovanje
Evaluacija modela: testiranje da li su matematički izrazi u modelu programirani pravilno i testiranje rezultata modela poređenjem sa empirijskim podacima	Testiranje modela i revizija	- Teorijska potkrepljenost - Verifikacija - Analiza osetljivosti - Analiza neizvesnosti - Određivanje robusnosti
Primena modela: izvršavanje modela i analiza rezultata za donošenje odluka	Korišćenje modela	- Analiza scenarija - Ocena predikcije - Analiza politike i vrednovanje - Naknadna revizija modela

Identifikacija i specifikacija problema je prvi korak u rešavanju problema, bez obzira da li je u pitanju metoda modeliranja ili neka druga metoda za podršku planiranju i odlučivanju. Pre preduzimanja bilo kakvih aktivnosti, neophodno je prepoznati da problem postoji. Nakon toga, potrebno je problem precizno definisati, što se postiže pretragama relevantnih informacija za definisanje okvira problema, prirode problema, okolnosti.

Prvi korak u razvoju modela jeste definisanje cilja istraživanja. Cilj istraživanja određuje na koja pitanja model treba da odgovori, tj. koja je svrha modela. Svrha modela može biti motiv da obezbedi bolje razumevanje posmatranog sistema, prikupljanje novih informacija, testiranje hipoteza, predviđanje, sažeto prikazivanje podataka, formulisanje kontrolnog sistema i sl. Naravno, ovi motivi se ne isključuju međusobno, već mogu postojati paralelno, na različitom nivou važnosti.

Premda su modeli pre svega oruđe za aproksimaciju stvarnosti, neizostavno je oceniti kvalitet samog modela, odnosno izvršiti evaluaciju. Evaluacija treba da odgovori u kojoj meri je predloženi model približan realnom modelu, odnosno da istakne koja su ograničenja modela. Na ovaj način postiže se određeni stepen sigurnosti u model, kao podršku za donošenje odluka.

Kada je model razvijen i ocenjen, pristupa se njegovoj primeni od strane donosilaca odluka. Korišćenje modela za podršku odlučivanju zahteva da primena modela bude transparentna i javno dostupna. Ovo podrazumeva i dokumentovanje svih relevantnih koraka u primeni modela. Ovim se obezbeđuju uslovi za naknadnu reviziju i unapređenje modela u cilju kontinuiranog poboljšanja modela i usklađivanja sa novim naučnim i stručnim dostignućima.

Kada su u pitanju modeli u oblasti energetike, oni se koriste za projekcije buduće energetske potražnje, snabdevanja, strukture potrošnje određenog sistema ili sektora, na nacionalnom, regionalnom ili lokalnom nivou. Uglavnom se koriste u eksplorativne svrhe, odnosno u početnim fazama definisanja energetske politike i uz pomoć informacionih tehnologija. Kako eksperimenti nekada nisu odgovarajuća metoda za istraživanje određenih prirodnih, društvenih ili tehničkih procesa, računarsko modeliranje se može postaviti u funkciju istraživanja realnog energetskog sistema.

Modeli za podršku energetsom planiranju predstavljaju sredstvo podrške za multi-kriterijumsku procenu uticaja energetske politike na društvo, ekonomiju, tehničko-tehnološki razvoj i životnu sredinu. Modeliranje energetske tranzicije pomaže proces kreiranja energetske politike, obezbeđujući uvid u efekte političkih instrumenata i mera. Takođe, modeliranje pomoću scenarija omogućava testiranje efekata različitih alternativa, odnosno politika. Za vremenski horizont modela pogodne su dve opcije, ili istraživanje ciljne godine u budućnosti, ili transformacija do ciljne godine.

Naredni korak jeste da se utvrdi prostorni i vremenski obim modela, ali i nivo detalja koji je potreban. Prilikom izbora tipa modela, u obzir se uzima i tzv. domen modela, odnosno skup uslova pod kojima je naučno opravdana primena izabranog modela. Naredni koraci u razvoju modela jesu razvoj konceptualnog modela, odnosno postavljanje modela u kontekst postojeće teorije i prakse i opis ponašanja modela, kao i razvoj kompjuterskog modela, koji podrazumeva dokumentovanje algoritma, jednačina, ulaznih podataka i dr.

Modeli energetskeg sistema se obično klasifikuju na modeliranje odozgo na dole (engl. top-down), čiji je fokus na povezivanje energetskeg sistema sa drugim makroekonomskim sektorima, i odozdo na gore (engl. bottom-up), koji poklanjaju pažnju socio-tehnološkim detaljima sistema. Takođe, postoje i tzv. hibridi, koji imaju karakteristike i jednog i drugog tipa modeliranja. Važno je napomenuti da ne postoji „bolji“ način od navedena dva (ili trećeg, njihove kombinacije) za modeliranje energetskeg sistema u cilju planiranja. Pristup koji se koristi zavisi pre svega od cilja koji se postavlja pred model. U nastavku su elaborirane glavne karakteristike dva navedena pristupa, njihove prednosti primene u odnosu na cilj, ali i osnovni nedostaci koje treba imati u vidu prilikom tumačenja rezultata modela.

4.1. „TOP-DOWN“ MODELIRANJE

Modeliranje „odozgo na dole“, odnosno „top-down“ modeliranje, jeste pristup u kome razvoj modela počinje od sistema kao celine. Kompletan sistem se zatim deli na manje pod-sisteme sa više detalja. Svaki deo ponovo prolazi kroz pristup odozgo na dole dok se kompletan sistem ne dizajnira sa svim potrebnim detaljima. Pristup „odozgo na dole“ se takođe karakteriše razbijanjem većeg problema na manje probleme i njihovo pojedinačno rešavanje.



Ovi modeli daju agregatni pogled na energetske sektore i privredu kada simuliraju ekonomski razvoj, potražnju za energijom i snabdevanje energijom. Trenutno se makroekonomski energetske modeli često koriste za procenu ekonomskih troškova, ekoloških efekata i opštih instrumenata energetske ili klimatske politike, kao što su šeme trgovanja emisijama (engl. Emission Trading System - ETS), ili podsticajne mere za korišćenje OIE i dr.

Ovaj pristup pretpostavlja makroekonomsku perspektivu. Troškovi i benefiti određenih politika su definisani u smislu gubitaka ili rasta u proizvodnji, finansijskoj uštedi ili bruto domaćem proizvodu (BDP). Ovi modeli se fokusiraju na povezivanje energetskeg sistema sa drugim makroekonomskim sektorima. Obično ih karakteriše pojednostavljen prikaz komponenti i složenosti energetskeg sistema i stoga nisu prikladni za identifikaciju politika specifičnih za određeni sektor. Njihovo polje primene je procena uticaja energetskeg i klimatskeg politika na društveno-ekonomske sektore kao što su ekonomski rast, javno blagostanje, zapošljavanje itd.

Jedna od glavnih prednosti energetskeg modela „odozgo na dole“ je doslednost procena ekonomskih i društvenih efekata što olakšava sveobuhvatno razumevanje uticaja energetske politike na ekonomiju, bezbednost i životnu sredinu zemlje ili regiona. S druge strane, modeli „odozgo na dole“ pate od nedostatka tehnoloških detalja i daju prilično generalizovane informacije. Shodno tome, možda neće biti u stanju da npr. daju odgovarajuću indikaciju tehnološkog napretka, pošto ne modeliraju direktno tehnološke promene, nemonetarne prepreke energetskeg efikasnosti ili specifične politike za određene sektore finalne potrošnje energije. Naročito na duge staze, ovo može biti nedostatak, jer u dužim vremenskim intervalima se mogu očekivati značajne tehnološke promene, neekonomske barijere i strukturne promene, kao i promene u ponašanju i stavovima potrošača, koje bi bilo poželjno da su uključene u modele za podršku dugoročnom modeliranju.

4.2. „BOTTOM-UP“ MODELIRANJE

Model „odozdo na gore“, odnosno „bottom-up“, jeste pristup dizajnu sistema gde su osnovni delovi sistema detaljno definisani. Kada su ovi delovi dizajnirani i razvijeni, onda se ovi delovi ili komponente povezuju zajedno da bi formirali veću celinu. Ovaj pristup se ponavlja dok se ne izgradi kompletan sistem. Prednost modela „odozdo na gore“ je u donošenju odluka na veoma niskom nivou i odlučivanju koje teži da oponaša odlučivanje u realnom svetu. Što se tiče matematičke forme, energetske modeli „odozdo na gore“ su razvijeni u obliku simulacionih ili optimizacionih modela, a u novije vreme i modela zasnovanih na agentima.

Ovi detaljni modeli sa ekonomskog i socio-tehnološkog stanovišta omogućuju korisniku da uporedi uticaj različitih tehnologija na energetske sistem i da proceni najbolje alternative za npr. niže emisije gasova staklene bašte, za efikasnije korišćenje energije ili za postizanje nekih drugih energetskeg ciljeva. Međutim, pristup „odozdo na gore“ ne uzima u obzir veze između energetskeg sistema i makroekonomskih sektora, čime se zanemaruju spoljni uticaji na posmatrani energetske sistem.

Glavna karakteristika ovih modela je njihov relativno visok stepen tehničko-tehnoloških detalja (u poređenju sa energetskeg modelima „odozgo na dole“) koji se koristi za procenu buduće potražnje i ponude za energijom. Modeli „odozdo na gore“ takode mogu dati detaljne ocene politika specifičnih za sektor ili tehnologiju. Međutim, ovaj visok stepen detaljnosti znači da ovi modeli u velikoj meri zavise od

dostupnosti podataka, kao i od kredibiliteta u pogledu njihovih brojnih pretpostavki o distribuciji tehnologije, investicijama i operativnim troškovima. Postoje i kritike modeliranja „odozdo na gore“ koje se tiču nedostatka makro-efekta pretpostavljene tehnološke promene na ukupnu ekonomsku aktivnost, zaposlenost i cene.

4.3. KARAKTERISTIČNI PRISTUPI U MODELIRANJU ENERGETSKE TRANZICIJE

Kada je u pitanju modeliranje energetske tranzicije, danas se u literaturi mogu sreći i „top-down“ i „bottom-up“ pristupi, ili njihova kombinacija, u zavisnosti od konkretnog predmeta istraživanja i razrade problematike kojom se konkretni modeli bave. Kako energetska tranzicija odlikuje višeslojnost u planiranju, i kako su uključeni različiti socio-tehnički aspekti u prihvatanju tehničkih inovacija i transformacije postojećeg sistema, i kako je za energetska tranziciju potreban duži vremenski interval, modeli energetske tranzicije trebali bi da zadovolje određeni skup uslova, od kojih su neke opšti, a neki specifični:

- Mogućnost modeliranja fizičkih komponenti, kao što su npr. tehnički entiteti u sistemu, poput fotonaponskih sistema, električnih automobila, kućnih aparata i dr.;
- Mogućnost modeliranja socioloških komponenti, pod kojima se pre svega misli na aktere unutar posmatranog sistema, kao npr. potrošači i proizvođači električne energije, distributeri, domaćinstva i dr.;
- Mogućnost modeliranja socio-tehničkih interakcija između aktera i tehničkih entiteta u sistemu, koje bi trebalo da se ogleda kroz usvajanje i korišćenje određenih tehnologija;
- Softverska podrška za modeliranje u cilju razvoja kompleksnijih modela;
- Mogućnost ocene praktičnih politika kroz model;
- Sposobnost modela da jasno artikulise uzroke i posledice;
- Mogućnost unosa empirijskih podataka, u cilju smanjenja pretpostavki i aproksimacija;
- Sposobnost modela da izvrši agregaciju interakcija na mikro nivou u obrasce na nivou sistema;
- Sposobnost evolucije, koja podrazumeva da je model u stanju da prati promene i razvoj komponenti sistema tokom vremena;
- Mogućnost proširivanja modela, odnosno posedovanje svojstva skalabilnosti.

U literaturi se sreće više različitih pristupa u modeliranju navedenih specifičnosti energetske tranzicije i njihov broj je danas generalno u porastu. Neki od karakterističnih pristupa koji pokušavaju da odgovore na navedene specifičnosti su:

- Modeli systemske dinamike,
- Simulacije diskretnih događaja,
- Modeli opšte ravnoteže,
- Ekonometrijski modeli,
- Modeli zasnovani na agentima.



Modeli sistemske dinamike (SD) podrazumevaju dekompoziciju sistema na različite komponente sistema, odnosno podsisteme, i pronalaženje zavisnosti između ovih komponenti. Ove zavisnosti su predstavljene funkcionalnim vezama koje definišu ponašanje sistema. SD modeli se mogu fokusirati na makro ili mikro nivo. Međutim, preveliko pojednostavljivanje SD modela može dovesti do izostavljanja ključne sistemske dinamike, koja je važan aspekt energetske tranzicije. Kao i u drugim pristupima modeliranju, mora se postići ravnoteža jednostavnosti i sveobuhvatnosti.

Simulacija diskretnih događaja (engl. Discrete Event Simulation – DES) uključuje modeliranje promena unutar sistema putem diskretnog skupa događaja. U svom osnovnom obliku, DES model ciklično prolazi niz događaja kroz niz procesa, koji zauzvrat određuju stanje sistema kao celine. 25 Energetsko planiranje i modeliranje Primarna prednost DES-a je njegova sposobnost da predstavi entitete – događaje, aktivnosti i procese sa različitim atributima, čime se hvata dinamika na mikro nivou. Međutim, ovi entiteti su pasivni jer nema aktivnog donošenja odluka i kao rezultat toga, društvene interakcije i pojavna ponašanja u sistemu ne mogu se lako posmatrati. U početku, DES je razvijen i korišćen u modeliranju proizvodnih procesa, ali je vremenom našao svoju primenu i u drugim sferama privrede i društva u celini.

Modeli opšte ravnoteže (engl. Computable General Equilibrium modelling – CGE) modeluje sisteme iz makroekonomske perspektive, fokusirajući se na ponudu, potražnju, tržišne cene itd. Izvorno su korišćeni kao modeli za opisivanje alokacije resursa u privredi, kao rezultat interakcije ponude i potražnje, što u krajnjem ishodi dovodi do ravnotežne cene. Ovi modeli pružaju određenu sposobnost objašnjenja uzročnosti između politika i ishoda simulacije. U ovim modelima, sistem je modeliran tako da postigne ravnotežu u svakom vremenskom koraku. Modeli opšte ravnoteže koriste makroekonomske jednačine, stoga se pristup može okarakterisati kao „odozgo na dole“ sa agregatnim varijablama i usrednjavanjem heterogenosti u sistem.

Ekonometrijski modeli proučavaju korelacije u dinamičkom sistemu povezujući matematičku ekonomiju i metode statističke analize kroz razvijanje modela za kvantitativnu analizu. Ovi modeli se obično zasnivaju na ekonomskim teorijama koje pretpostavljaju optimizaciju ponašanja ekonomskih subjekata. Pomoću ekonometrijskih modela razmatraju se različite politike i sprovodi se analiza „šta-ako“ svake intervencije, što dovodi do različitih budućih stanja sistema. Ovaj pristup, međutim, ne modelira direktno dinamiku sistema koji se proučava, odnosno osnovne procese koji dovode do evolucije sistema.

Modeliranje zasnovano na agentima (ABM) predstavlja modele apstrakcije sistema kroz agente i njihovo okruženje. Agent u ABM-u može predstavljati pojedinca, grupu ljudi ili organizaciju, u zavisnosti od perspektive modelara. ABM modeli koriste pristup „odozdo na gore“, gde je fokus na dinamici sistema na mikro nivou koja se agregira da bi se dobila dinamika sistema na makro nivou. Za razliku od

modela koji imaju sličan pristup, entiteti na mikro nivou u ABM-u su aktivni. Na primer, u ABM-u koji simulira usvajanje fotonaponskog sistema, agent može odlučiti da donese autonomnu odluku u bilo kom trenutku tokom simulacije da kupi određeni uređaj na osnovu svojih preferencija, uticaja drugih agenata i varijabli okruženja. ABM modeli zahtevaju viši nivo složenosti kod dizajniranja koje je potrebno za predstavljanje agenata unutar sistema. Iako se pitanja dizajna i evaluacije politika mogu postaviti kao ex ante pitanja (pre same implementacije), ili kao ex post pitanja (retroaktivno), većina današnjih ABM modela se fokusira na probleme kreiranja politike u ex ante okruženju.



Sumirajući uslove koje bi trebali da zadovolje modeli energetske tranzicije i osnovne karakteristike često korišćenih pristupa u modeliranju, uočava se da se kod modeliranja procesa energetske tranzicije zahteva da se posebna pažnja usmeri na potrošača, kao krajnjeg korisnika. Na primer, kod planiranja dinamike i obima energetske tranzicije na nivou domaćinstava, kod pitanja kao što su zamena postojećih sistema grejanja za modernije, ugradnja fotonaponskih panela, kupovina električnih automobila i sl., zahtevaju se složeniji modeli, nego što su modeli koji se oslanjaju striktno na istorijske trendove ili ekspertske procene, da bi se dobili precizniji rezultati za podršku energetsom planiranju.

Prvi razlog za složenijim modelima leži u činjenici što su predmet modeliranja decentralizovani sistemi i entiteti, heterogeni po osobinama, potrebama, finansijskim mogućnostima i drugim, više ili manje objektivnim činiocima. U takvim okolnostima teško je izvući zakonitosti o budućim događajima na osnovu prošlosti, već



je potrebno obezbediti model koji će uključiti proces odlučivanja na individualnom nivou, koji će biti dinamičan i multikriterijumski orijentisan.

Drugi razlog leži u težnji da se preciznije procene efekti političkih instrumenata na tok energetske tranzicije. Ono što je dovoljan podsticaj za jednu kategoriju domaćinstava, za drugu ne mora biti, ili ono što je prepreka kod jednih, kod drugih može biti podsticajni faktor. Analizirajući individualne reakcije potrošača i evoluciju u ponašaju kroz vreme i kroz interakcije sa drugim potrošačima, može se sa većom sigurnošću oceniti efekat konkretnih političkih instrumenata.

Imajući u vidu navedene specifičnosti modeliranja energetske tranzicije i imajući u vidu heterogenost domaćinstava, kao autonomnih i fragmentiranih entiteta u energetskom sistemu, za projekciju energetske tranzicije u domaćinstvima i procenu efekata političkih instrumenata za ubrzanje energetske tranzicije u ex ante okruženju, može se zaključiti da se modeliranje zasnovano na agentima (ABM) ističe kao pogodna metoda da odgovori kompleksnosti procesa i aktera.

4.4. TRADICIONALNI ALATI ZA ENERGETSKO MODELIRANJE

U stručnoj literaturi „tradicionalni“ obično označava dugogodišnje, široko prihvaćene i standardizovane modele i softverske alate koji su oblikovali energetske analitiku tokom poslednjih decenija. Neki od alata koji se danas najčešće koriste su TIMES/MARKAL, MESSAGE, LEAP, PLEXOS i dr.

TIMES/MARKAL je optimizacioni alat za modeliranje energetskih sistema, razvijen u okviru Programa za analizu sistema energetskih tehnologija (engl. Energy Technology Systems Analysis Programme - ETSAP) Međunarodne agencije za energetiku (IEA). Namenjen je analizi kompletnog energetskog lanca – od primarne energije, preko konverzionih tehnologija, do krajnje potrošnje. Ovaj model koristi linearnu optimizaciju kako bi izračunao najmanje troškovnu kombinaciju tehnologija i tokova energije kroz više vremenskih perioda, čime pomaže kreatorima politika da sagledaju dugoročne strateške puteve energetske tranzicije. TIMES, naslednik starijeg MARKAL modela, omogućava vrlo detaljno predstavljanje tehnologija, fleksibilno definisanje vremenskih intervala i izradu scenarija koji obuhvataju investicije, rad postrojenja, resursna ograničenja i emisije, pružajući jasan uvid u efikasne tehnološke i političke opcije za budući razvoj energetskog sistema.

MESSAGE je kao i TIMES optimizacioni model, zasnovan na linearnom programiranju i optimizaciji, ali sa mogućnošću lakše integracije sa drugim programima za globalno i dugoročno planiranje. Koristi se za analize koje pored energetskih sistema obuhvataju i emisije, korišćenje zemljište i makroekonomske aspekte energetskog razvoja. Može se povezati sa modelima kao što su GLOBIOM (korišćenje zemljišta) i MACRO (makroekonomija), što mu omogućava širi domet u scenarijima klimatskih promena i međunarodnim procenama poput IPCC izveštaja.

LEAP (Low Emissions Analysis Platform) je alat za energetske i klimatske planiranje zasnovan na scenarijima, koji se koristi u više od 200 zemalja za analizu po-

trošnje energije, transformacionih procesa i emisija gasova sa efektom staklene bašte. Projektovan je da bude transparentan, intuitivan i fleksibilan, pa omogućava kreiranje različitih dugoročnih energetske i klimatskih scenarija, uključujući procene uticaja politika, prelaska na obnovljive izvore energije i mera energetske efikasnosti. LEAP je posebno cenjen zato što je pristupačan korisnicima iz javnog sektora i akademije, a njegova struktura omogućava lako povezivanje energetske podataka, modeliranje sektorske potrošnje i procenu emisija, što ga čini jednim od najrasprostranjenijih alata za izradu nacionalnih klimatskih strategija, uključujući i izradu nacionalnih klimatskih planova (eng. Nationally Determined Contribution - NDC) u preko 60 zemalja.

PLEXOS je napredni softver za simulaciju energetske tržišta koji omogućava detaljnu analizu elektroenergetskih, gasnih, vodnih i obnovljivih sistema kroz vremenske simulacije čija rezolucija može da bude od minuta do decenija. Koristi se za modeliranje rada elektroenergetskih sistema (npr. kada i koja elektrana treba da radi, koliko dugo treba da radi i sl.), kao i za procenu investicija, planiranja kapaciteta, integracije obnovljivih izvora, skladištenja energije i tržišnih cena. Zbog svoje fleksibilnosti, transparentnosti i mogućnosti rada u nodalnim i zonalnim režimima, PLEXOS se široko primenjuje među operatorima sistema, regulatorima, investitorima i analitičarima, posebno u studijama integracije OIE, proceni adekvatnosti sistema, tržišnom dizajnu i dugoročnom energetske planiranju.

U tabeli 4.2 su sumarno prikazane osnovne karakteristike prethodno pomenutih alata/modela.

Tabela 4.2: Tradicionalni alati za modeliranje u energetici

Model	Tip modela	Obuhvat	Rezolucija	Tip analize
LEAP	Scenarijski računovodstveni model (ne optimizuje sistem)	Cela ekonomija, energija + emisije	Godišnja ili sezonska, fleksibilna	Kreiranje politike, klimatske strategije, procene emisija
TIMES/ MARKAL	Optimizacioni, tehnološki eksplicitni modeli	Ceo energetske sistem (RES)	Višegodišnji koraci, detaljno tehnološki	Najjeftiniji tehnološki miks i tranzicija
MESSAGE	Optimizacija + integracija s ekonomskim i zemljišnim modelima	Energetske sistem + GHG + zemljište (preko GLOBIOM)	Dugoročno (50–100 godina), regionalno/globalno	Duboka dekarbonizacija, globalni scenariji
PLEXOS	Operativno tržišni simulacijski model	Električni/gasni/vodni sistemi	Od minuta do decenija, hronološki	Dispatch, tržišne cene, investicije u mrežu i generaciju



Iako tradicionalni alati za energetska modeliranje imaju različite pristupe i nivoe složenosti, LEAP se izdvaja kao posebno pogodan alat za analizu energetske tranzicije u sektoru domaćinstava. Za razliku od optimizacionih modela koji su primarno usmereni na određivanje tehnološki ili ekonomski optimalnih rešenja na nivou celog sistema, LEAP omogućava fleksibilno modeliranje sektorske potrošnje energije kroz scenarijski pristup, uz relativno jednostavno uključivanje različitih politika, tehnoloških promena i promena u ponašanju potrošača. Posebna prednost LEAP-a ogleda se u mogućnosti detaljnog predstavljanja različitih kategorija domaćinstava, tehnologija grejanja, energetske efikasnosti i dinamike potrošnje energije kroz vreme.

Za razliku od velikih energetska ili industrijska sistema, domaćinstva u najvećem broju slučajeva ne donose odluke isključivo na osnovu principa ekonomske optimizacije, već pod uticajem različitih subjektivnih i objektivnih faktora, kao što su navike, percepcija komfora, dostupnost tehnologija, informisanost, društveni uticaji i finansijske mogućnosti. Pored toga, odluke domaćinstava često su usmerene i kratkoročnim finansijskim efektima, pri čemu se prioritet daje visini početnih kapitalnih troškova investicije, čak i u situacijama kada bi dugoročni efekti određene tehnologije bili ekonomski povoljniji. Upravo zbog takve heterogenosti i promenljive dinamike ponašanja, scenarijski pristup koji koristi LEAP omogućava lakše uključivanje i obradu različitih pretpostavki i obrazaca ponašanja domaćinstava u odnosu na strogo optimizacione modele.



LITERATURA:

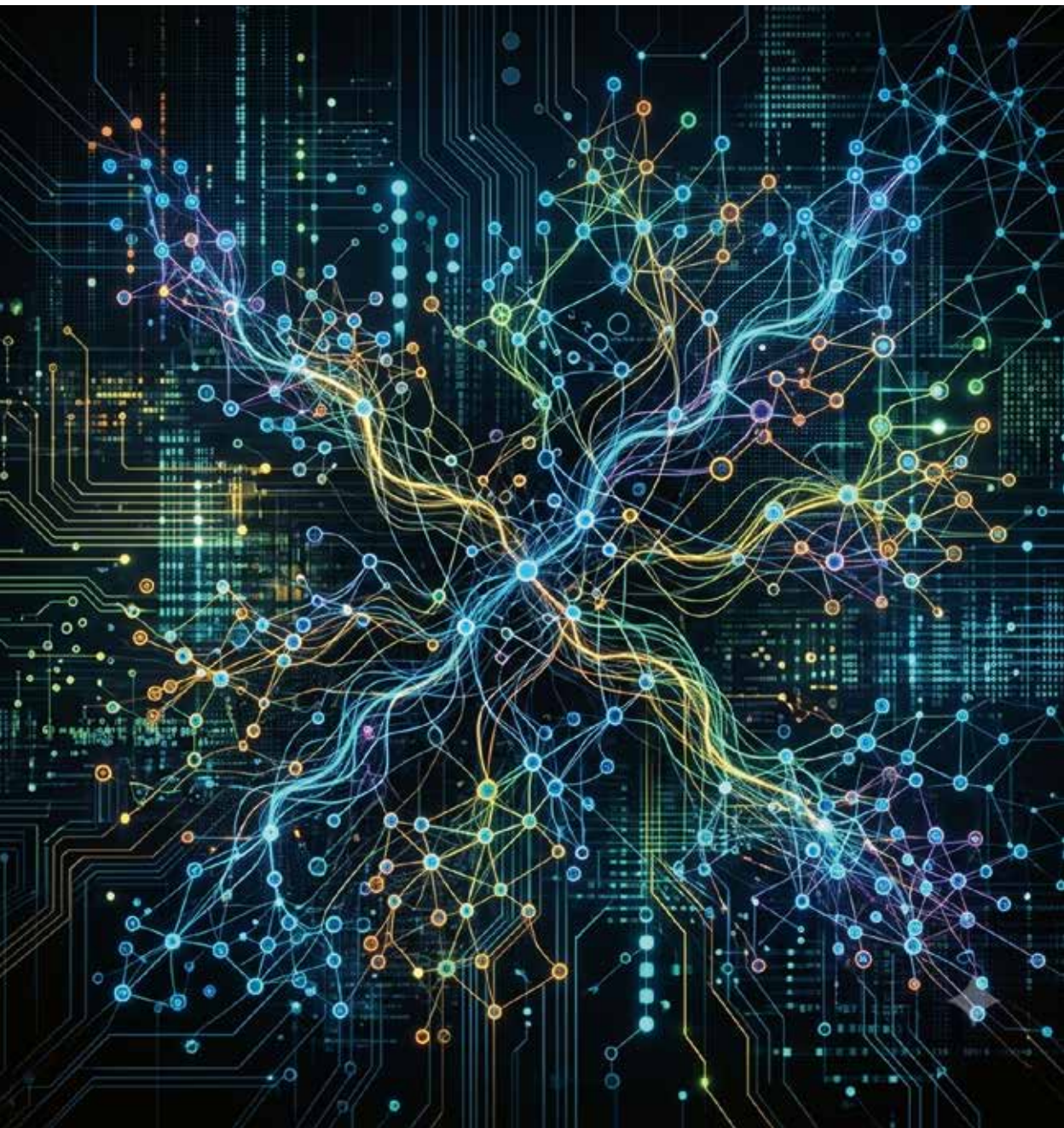
1. Adepetu, A. (2016) Agent-Based Modeling Framework for Energy Policies. PhD thesis. Waterloo, Ontario: University of Waterloo.
2. Bazghandi, A. (2012) Techniques, advantages and problems of agent based modeling for traffic simulation, *International Journal of Computer Science Issues*, 9(1), pp. 115–119.
3. Chiodi, A., Deane, J.P., Gargiulo, M. and Ó Gallachóir, B.P. (2010) Modelling electricity generation: Comparing results from a power systems model and an energy systems model. *Energy Modelling Forum (EMF)*, Stanford University.
4. Debnath, K.B. and Mourshed, M. (2018) Challenges and gaps for energy planning models in the developing-world context, *Nature Energy*, 3, 528. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0155-7>.
5. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2009) *Guidance on the Development, Evaluation, and Application of Environmental Models*. Washington, DC: EPA.
6. European Commission, Joint Research Centre (JRC) (2018) *Systematic Mapping of Power System Models*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
7. Gilbert, N. and Troitzsch, K. (2005) *Simulation for the Social Scientist*. Maidenhead: McGraw-Hill Education.
8. Hamilton, S.H., Carmel, A.P., Stratford, D.S., Fu, B. and Jakeman, A.J. (2022) Fit-for-purpose environmental modeling: Targeting the intersection of usability, reliability and feasibility, *Environmental Modelling & Software*, 148, 105278. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105278>.
9. Herbst, A., Toro, F., Reitze, F. and Jochem, E. (2012) Introduction to energy systems modelling, *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 148(2), pp. 111–135. <https://doi.org/10.1007/BF03399363>.
10. Jakeman, A.J., Letcher, R.A. and Norton, J.P. (2006) Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models, *Environmental Modelling & Software*, 21(5), pp. 602–614. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.01.004>.
11. Jovanovski, B., Minovski, R., Voessner, S. and Lichtenegger, G. (2012) Combined system dynamics and discrete event simulations – overview of hybrid simulation models, *Journal of Applied Engineering Science*, 10, pp. 135–142. <https://doi.org/10.5937/jaes10-2512>.
12. Lopion, P., Markewitz, P., Robinius, M. and Stolten, D. (2018) A review of current challenges and trends in energy systems modeling, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, pp. 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.045>.
13. Pavlović, B. (2023) *Modeliranje i simulacija energetske tranzicije u sektoru domaćinstava*. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet.
14. Perissi, I., Martelloni, G., Bardi, U., Natalini, D., Jones, A., Nikolaev, A., Eggler, L., Baumann, M., Samsó, R. and Solé, J. (2021) Cross validation of the MEDEAS energy economy environment model with the Integrated MARKAL EFOM System (TIMES) and the Long Range Energy Alternatives Planning System (LEAP), *Sustainability*, 13(4), 1967. <https://doi.org/10.3390/su13041967>.



15. Pfenninger, S., Hawkes, A. and Keirstead, J. (2014) Energy systems modeling for twenty first century energy challenges, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, pp. 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.003>.
16. Prina, M.G., Manzolini, G., Moser, D., Nastasi, B. and Sparber, W. (2020) Classification and challenges of bottom-up energy system models – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109917. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109917>.
17. Rai, V. and Henry, A.D. (2016) Agent-based modelling of consumer energy choices, *Nature Climate Change*, 6, pp. 556–562. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2967>.
18. Remme, U., Goldstein, G.A., Schellmann, U. and Schlenzig, C. (2001) MESAP / TIMES – Advanced Decision Support for Energy and Environmental Planning, in *Operations Research Proceedings*, [eds] P., Leisten, R., Martin, A., Minnemann, J. and Stadler, H., Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-50282-8_8.
19. Rott, B., Specht, B. and Knipping, C. (2021) A descriptive phase model of problem-solving processes, *ZDM Mathematics Education*, 53, pp. 737–752. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01244-3>.
20. Süsser, D., Ceglaz, A., Gaschnig, H., Stavrakas, V., Flamos, A., Giannakidis, G. and Lilliestam, J. (2021) Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact, *Energy Research & Social Science*, 75, 101984. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101984>.
21. Tovar-Facio, J., Martin, M. and Ponce-Ortega, J.M. (2021) Sustainable energy transition: Modeling and optimization, *Current Opinion in Chemical Engineering*, 31, 100661. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2020.100661>.
22. Yazdanie, M. and Orehounig, K. (2021) Advancing urban energy system planning and modeling approaches: Gaps and solutions in perspective, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110607. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110607>.
23. Zlatanović, D. (2012) Modeli sistemске dinamike u rešavanju upravljачkih problema, *Ekonomski horizonti*, 14 (1), pp. 23–36. <https://doi.org/10.5937/ekon-hor1201023Z>.

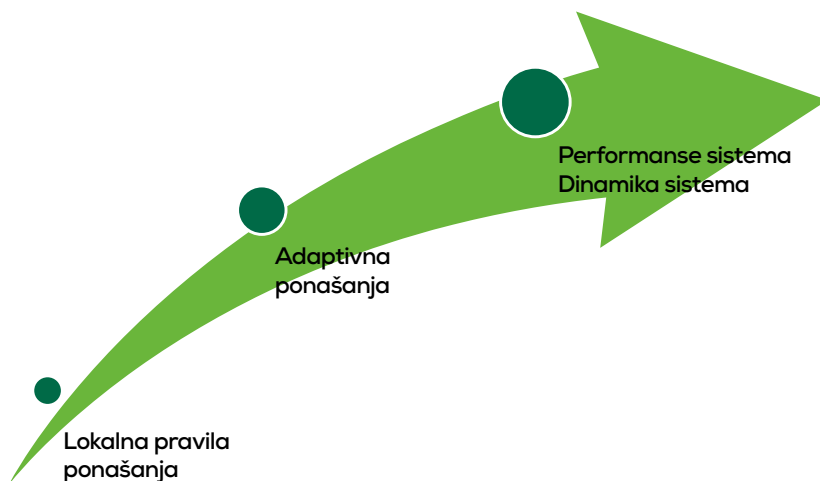


5. MODELIRANJE ZASNOVANO NA AGENTIMA



Modeliranje zasnovano na agentima (ABM) (engl. „agent based modeling“) predstavljaju jedan od novijih pristupa u simulacionom modelovanju kompleksnih sistema. Pristup je bazično zasnovan na autonomnim agentima (entitetima) i njihovim međusobnim interakcijama. Simulacija zasnovana na agentima vodi poreklo iz tzv. multi-agentnih sistema (engl. Multi-agent systems), robotike i veštačke inteligencije. Danas se ovi modeli sve više primenjuju, kako u naučno-istraživačkim projektima, tako i u komercijalnim simulacionim modelima. Razlog za sve veću upotrebu ovih modela, pre svega, leži u sve većoj povezanosti posmatranih društvenih i prirodnih fenomena i procesa, ali i u mogućnosti današnjih računara da procesiraju ovakve modele.

Računarsko modeliranje i simulacije zasnovano na agentima je metoda koja je svoju primenu našla u ispitivanju različitih društvenih, tehničkih i prirodnih fenomena u poslednjih nekoliko decenija. U ABM-u, agenti su predstavljeni kao autonomni entiteti u programiranom sistemu. U okviru sistema koji se razmatra postavljaju se pravila koja regulišu njihovo ponašanje, definiše se početna konfiguracija sistema i uvode se pretpostavke o ponašanju, prilagođavanju i interakciji agenata međusobno i sa okruženjem tokom vremena. ABM na taj način omogućava tzv. „modeliranje odozdo na gore“ i simulaciju ponašanja individualnih entiteta pomoću koje se mogu pratiti obrasci, dinamika, ili krajni ishodi na nivou celog sistema, tj. populacije (Slika 5.1).



Slika 5.1: Pristup „odozdo na gore“ u ABM modelima u procesu modelovanja realnih sistema (Čavoški, 2016)

Glavna pretpostavka za sve veću primenu se ogleda u tome da se ljudi i njihove socijalne interakcije mogu verodostojno modelovati, ako ne u potpunosti, onda na razumnom nivou apstrakcije. ABM pruža mogućnost da se direktno analizira sam proces donošenja odluka pojedinaca i praćenje efekata tog ponašanja. Ova

metoda omogućava da svaki entitet deluje na osnovu svojih vlastitih pravila, u zavisnosti od trenutne situacije u njegovom okruženju.

Ulazni podaci o modelovanom sistemu mogu se zasnivati na različitim bazama podataka, pretpostavkama i teorijama, a rezultati na nivou pojedinca i na nivou populacije mogu se statistički obrađivati.

Primena ABM-a u modeliranju i simulaciji energetske tranzicije jako je aktuelna. Posebno vredna oblast primene ABM u domenu energetske tranzicije može biti u analizama politike i kao podrška procesu energetskog planiranja. Sve veća primena ABM simulacionih modela u politici i planiranju doprinosi dubljoj analizi mikro nivoa i perspektive individualnog potrošača tokom tranzicionog procesa.

Potencijal ABM-a da unapredi razumevanje energetske tranzicije leži pre svega u omogućavanju da se uzmu u obzir društvene, bihevioralne, ekonomske, tehnološke, tržišne i političke faktore koji utiču na krajnu strukturu potrošnje i sve druge posledice koje iz toga proizilaze. Pitanja koja zanimaju kreatore politike su kako potrošači usvajaju energetski efikasnu tehnologiju i kako ih ohrabriti. Jedan od glavnih razloga za izbor ABM-a u odnosu na tradicionalne pristupe modeliranju je njegova sposobnost da ugradi heterogenost i prilagodljivost potrošača energije. U istraživanju energetske tranzicije i definisanju buduće politike, ova prednost se može iskoristiti na različitim poljima, kao npr. za analizu potražnje za energijom, analizu prihvatanja inovativnih tehnologija, kvantifikaciju prepreka, ocenu instrumenata podrške, informisanosti potrošača. Informacije koje proizilaze iz ABM modela su jedinstvene i one autorima modela i zainteresovanim stranama mogu preciznije i detaljnije ukazati na domete konkretnih politika.

Glavna karakteristika koja ABM razlikuje od drugih tehnika ili metoda za modeliranje i simulaciju jeste sposobnost da se modelira proces individualnog odlučivanja. Alati za podršku odlučivanju započinju proces modeliranja, obrađuju podatke i ispostavljaju rezultata bez saznanja o načinu odlučivanja potrošača i korisnika energije. Individualni nivo odlučivanja nije nešto što je često zastupljeno u energetskim modelima na lokalnom, nacionalnom ili regionalnom nivou. Istine radi, za određene aspekte energetske politike, to i nije presudno, ali kod modeliranja energetske tranzicije, sama njena putanja i konačno odredište će najviše zavisiti od odluka individualnih potrošača.

Da bi modeliranje procesa donošenja odluka u domaćinstvu bilo što realističnije, autori obično koriste dostupna istraživanja ili sprovode ad hoc istraživanja u cilju prikupljanja empirijskih podataka za konkretne slučajeve. Takođe, prilikom analize instrumenata za podršku energetskoj tranziciji koriste se najbolje dostupne prakse iz energetske politike na lokalnom, nacionalnom i međunarodnom nivou.

Kao komparativna prednost ABM metode najčešće se ističe fleksibilnost. Ova prednost pomaže kreatorima modela i korisnicima da upravljaju sa tri posebna izazova koja kompleksni sistemi postavljaju pred istraživanje:



- heterogenost,
- prostorna struktura,
- prilagođavanje.

Uzimanje u obzir heterogenosti može biti od velikog značaja kod istraživanja određenih pojava koje imaju izraženo „bogatstvo različitosti“. Složene sisteme u stvarnom svetu često karakteriše heterogenost među individualnim entitetima (agentima). Tipovi agenata mogu se značajno razlikovati po skupovima informacija, ciljevima, strukturi podsticaja, ograničenjima itd. Eksplicitnim modeliranjem svakog pojedinačnog agenta, ABM omogućava veoma sadržajno i fleksibilno predstavljanje heterogenosti.

Važna prednost ABM-a je i mogućnost uključivanja strukturno bogatih, dinamičnih i detaljnih struktura društvenih mreža. Direktnim ugrađivanjem sofisticiranih prostornih elemenata, ABM može efikasno da modelira dinamiku koja je rezultat izloženosti u prostoru i vremenu, kontakata između pojedinaca, uticaja lokalnog ambijenta na donošenje odluka i geografskih ograničenja.

ABM metoda je posebno korisna u modeliranju prilagođavanja agenata. Modeliranjem na individualnom nivou, ABM dozvoljava razmatranje više međusobno zavisnih činilaca koji utiču na ishod odluke. Pošto su ABM modeli dinamični, prilagođavanje na individualnom nivou takođe može biti posmatrano u simulaciji, bilo da je u obliku biološke adaptacije ili prilagođavanja ponašanja. Dinamičnost na individualnom nivou takođe omogućava da se kroz ABM modele razmotri fenomen kao što je zavisnost krajnjeg ishoda od putanje, što je važno za modele koji se fokusiraju na ključne razvojne momente i ključne pokretače za određene obrasce ponašanja. Obrasci ponašanja na individualnom nivou se akumuliraju u kolektivne obrasce, odnosno društvene procese.

Namena i broj ABM modela iz godine u godinu rastu. Spektar primene je različit i broj novih modela nije jednostavno registrovati. Dosadašnja praksa ipak razlikuje osnovne namene primene ABM modela, odnosno u koje svrhe se kreiraju ABM modeli. Najmanje pet osnovnih namena se može identifikovati:

1. Teorijsko izlaganje – Ukoliko je potrebno određenu teoriju vizualizovati i intuitivno predstaviti, ABM se može koristiti da predstavi tu teoriju i istraži njene posledice.
2. Identifikacija agenata – može se koristiti za formalizovanje određene hipoteze o tome šta je agent, kako agent razmišlja i može se testirati hipoteza tako što će se uočeni obrasci upoređivati sa posmatranom stvarnošću.
3. Objašnjenje – ABM se može koristiti da pruži konzistentan, realističan opis onoga što se dešava u određenoj situaciji, bez obzira da li je opis zasnovan na teorijskim konceptima, posmatranju ili empirijskim podacima.
4. Predviđanje – U situacijama u kojima su pravila ponašanja agenata, interakcije i okruženje poznati, ABM se može koristiti za predviđanje budućih stanja sistema.

5. Istraživanje i otkriće - ABM metod je na kraju pogodan za istraživačke svrhe. Postavljanje pitanja „šta ako“ se svodi na ponavljanje pokretanja modela pod velikim brojem različitih početnih uslova i mapiranje mogućih ishoda.

Osim prednosti koje ABM metoda donosi po sebi, u cilju osiguranja objektivnog tumačenja rezultata primene simulacija u ABM-u, neophodno je biti svestan osnovnih slabosti svakog metodološkog pristupa i naknadno analizirati njihov uticaj na rezultate. Analiza prethodnih publikacija u oblasti ABM-a pokazala je da su postojeći ABM modeli često orijentisani na specifične slučajeve, što otežava poređenje studija modeliranja u literaturi kroz zajedničke kriterijume i teorijske koncepte.

Takođe, ABM simulacije imaju određene izazove kada je u pitanju validacija dobijenih projekcija, budući da modeli često nisu u mogućnosti da u potpunosti reprodukuju istorijske podatke, niti se rezultati projekcija mogu direktno verifikovati u odnosu na buduće podatke iz stvarnog sveta. Dodatno ograničenje predstavlja činjenica da je pojedine karakteristike agenata teško precizno kvantifikovati, usled složenosti ljudskog ponašanja, društvenih interakcija i subjektivnih procesa donošenja odluka.

Uzimanje u obzir velikog broja poznatih i nepoznatih činilaca koji utiču na društvene pojave predstavlja jedan od ključnih izazova primene ABM pristupa. Zbog toga se preporučuje sprovođenje većeg broja simulacija i analiza osetljivosti modela, kako bi se kroz aproksimaciju izlaznih rezultata umanjio uticaj slučajnosti i neizvesnosti pojedinačnih simulacija. I pored toga, rezultate ABM simulacija ne treba tumačiti kao apsolutno precizne projekcije budućih događaja, već kao moguće razvojne pravce i procene koje su uslovljene kvalitetom ulaznih podataka, definisanim pretpostavkama i strukturom samog modela.

5.1. TIPOVI SIMULACIJA

Simulacija je imitacija dinamike procesa ili sistema u stvarnom svetu tokom vremena. Simulacije kao takve, predstavljaju alternativu direktnim eksperimentima za prikupljanje podataka. Osim toga, eksperimenti često nisu odgovarajuća metoda za ispitivanje socioloških fenomena, zbog teškoće u ostvarivanju uslova kontrolisanosti pojave. Danas je ustaljena praksa korišćenje računara za kreiranje veštačkog (virtualnog) sistema da bi se izvukli zaključci o karakteristikama i funkcionisanju realnog sistema ili procesa.

Ponašanje sistema se proučava konstruisanjem simulacionog modela, koji obično ima oblik skupa pretpostavki o funkcionisanju sistema. Jednom razvijen, simulacioni model se može koristiti za različite zadatke, kao npr. za istraživanje ponašanja sistema po različitim scenarijima (tzv. analize „šta ako?“), za testiranje promena u sistemu pre implementacije u stvarnom svetu, za praćenje razvoja sistema u



toku samog kreiranja i dr. Glavni i najteže ostvarljiv izazov za razvoj simulacije je osiguranje da su svi relevantni činioci sistema uključeni u simulaciju. Kada to nije moguće, važno je da su autori simulacije upoznati sa time i da se ograničenosti na pravi način registruju.

Kao prednosti simulacija, uobičajeno se navodi:

- Jeftinije su za implementaciju i ne zahtevaju narušavanje realnog sistema;
- Brže su za implementaciju i vremenski period koji se simulira može se komprimovati ili proširiti kako bi se omogućilo ubrzanje ili usporavanje u praćenju sistema koji je predmet istraživanja;
- Mogu se ponavljati neograničen broj puta i rad sistema se može posmatrati iznova;
- Simulacije nisu etički i politički sporne.

Klasifikacija tipova simulacionih modela se može izvršiti na osnovu više različitih kriterijuma:

- Na osnovu kriterijuma prediktivnosti, simulacije mogu biti stohastičke ili determinističke. Kada u modelu postoje slučajne promenljive, onda su i izlazi iz modela takvi, a kada je set ulaznih podataka kontrolisan i fiksna, izlazi iz modela će biti uniformni.
- Simulacioni modeli koji predstavljaju sistem samo u određenom trenutku nazivaju se statički. Monte Karlo simulacije su najpoznatija vrsta ovog tipa simulacija. Sa druge strane, dinamički simulacioni modeli predstavljaju sisteme kako se razvijaju tokom vremena.
- Simulacije se takođe klasifikuju kao kontinuirane ili diskretne. Kontinuirani simulacioni modeli imaju oblik jednačina sa promenljivima koje odgovaraju realnim vrednostima. Rešavanjem jednačina može se izračunati stanje modela u bilo kojoj tački simulacije. Diskretne simulacije predstavljaju stvarnost modelovanjem stanja sistema i promena njegovog stanja nakon određenog vremenskog intervala ili događaja. Otuda postoje dve vrste diskretnih simulacionih modela - modeli diskretnog vremena i modeli diskretnih događaja. Modeli diskretnog vremena su oni koji dele simulaciju na fiksne vremenske intervale. U svakom intervalu, stanje modela se ažurira korišćenjem funkcija koje opisuju interakcije. Modeli diskretnih događaja su oni koji održavaju red događaja planiranih da se dogode po vremenskom redu, pri čemu svaki događaj predstavlja promenu stanja elementa u modelu.

Uvažavajući navedenu tipologiju simulacionih modela, ABM simulacioni modeli mogu biti **stohastički** ili **deterministički**, u zavisnosti od prirode problema, dostupnosti podataka i načina definisanja ponašanja agenata. Međutim, u praksi su najčešće kombinacija oba pristupa, kako bi se što realističnije obuhvatili složeni procesi, heterogenost aktera i neizvesnosti koje postoje u realnim društvenim, ekonomskim i energetskim sistemima. Na taj način omogućava se simulacija različitih mogućih razvojnih puteva sistema, pri čemu isti početni uslovi ne moraju nužno dovesti do identičnih ishoda simulacije.

ABM modeli predstavljaju **dinamičke simulacione modele**, jer omogućavaju praćenje razvoja sistema kroz vreme i analizu promena koje nastaju kao posledica međusobnih interakcija agenata i promena uslova u okruženju. Ovakav pristup je posebno značajan kod modeliranja energetske tranzicije, gde odluke pojedinačnih domaćinstava, kompanija ili drugih aktera tokom vremena mogu dovesti do promena na nivou čitavog sistema. Na primer, ABM omogućava simulaciju procesa usvajanja novih tehnologija, promene ponašanja potrošača, efekata subvencija, zabrana ili drugih političkih instrumenata, kao i širenja uticaja kroz društvene mreže i lokalno okruženje agenata.

Pored toga, ABM modeli pripadaju grupi **diskretnih simulacija**, jer se promene u sistemu realizuju kroz diskretne vremenske korake ili događaje. U praksi to znači da se stanje sistema ažurira u unapred definisanim vremenskim intervalima, kao što su dani, meseci ili godine, ili nakon pojave određenih događaja koji utiču na ponašanje agenata. Takav pristup omogućava detaljno praćenje evolucije sistema i analizu načina na koji pojedinačne odluke i interakcije tokom vremena dovode do pojave složenih obrazaca ponašanja na nivou celog sistema.

5.2. POJAM AGENTA I OSNOVNE KARAKTERISTIKE

U smislu ABM modeliranja, agent se može definisati kao entitet u virtuelno konstruisanom sistemu (virtuelnom svetu) koji može uticati na promene u tom sistemu kroz akcije. Agenti mogu predstavljati širok spektar entiteta, na primer, individualne oblike života, društvene grupe, institucije ili fizičke pojave. Agenti se mogu kretati od sofisticiranih entiteta za donošenje odluka (npr. „ljudi“) do fizičkih fenomena bez kognitivne funkcije (npr. „vremenske prilike“).

Agenti su entiteti koji su opremljeni atributima i pravilima ponašanja. Složeni međusobni odnosi entiteta se mogu opisati eksplicitnim modeliranjem svojstava i pravila ponašanja, u zavisnosti od interakcija i promenljivog okruženja. Agenti imaju definisano „osnovno ponašanje“, kao i „ponašanje višeg nivoa“. Osnovna pravila ponašanja odgovaraju na promene iz okruženja, dok ponašanje višeg nivoa ima osobinu prilagođavanja na promene u sistemu.

Kao tipične karakteristike agenata ističu se sledeće:

- Agent poseduje skup karakteristika i pravila koja upravljaju njegovim ponašanjem i pružaju mu mogućnost da samostalno donosi odluke.
- Svaki agent ima ugrađene ciljeve koje treba da postigne u skladu sa svojim ponašanjem. Ovo omogućava agentima da uporede efekte svog ponašanja i u skladu sa tim da prilagode svoje ponašanje.
- Agent je nezavisan. Agent može funkcionisati nezavisno od drugih agenata u svom okruženju.
- Agent je adaptivan i poseduje sposobnost da uči i menja svoja ponašanja tokom vremena u skladu sa prethodnim iskustvom.



Iz prethodne podele može se zaključiti da je glavna osobina agenata njihova sposobnost da donose odluke i reaguju na promene u okruženju. Veoma često u modelima agenti neće imati sve pobrojane karakteristike. To zavisi od svrhe i složenosti sistema koji se ispituje. Pravila ponašanja agenta mogu da budu manje ili više kompleksna, što zavisi od toga sa koliko informacija agent donosi odluku. Kompleksniji modeli mogu uključiti i varijable iz okruženja, uključujući i interakcije između agenata (Slika 5.2).



Slika 5.2: Tipičan agent u ABM modelu (Macal, 2018)

5.3. PROGRAMSKI JEZICI I ALATI ZA RAZVOJ MODELA ZASNOVANIH NA AGENTIMA

Kada je u pitanju računarsko modeliranje, programski jezici i alati predstavljaju okruženje za razvoj ABM modela. ABM modeli se najčešće razvijaju pomoću standardnih softverskih jezika ili specijalizovanih alata koji pružaju okruženje posebno namenjeno za ovu vrstu modelovanja. Modeliranje simulacionih modela zasnovanih na agentima u namenskim programskim platformama i alatima (**NetLogo**, **Swarm**, **MASON**, **Repast** i dr.) razvijeno je kako bi pojednostavila izgradnja simulacionih modela zasnovanih na agentima. Prednost platformi specijalizovanih za ovu svrhu je jedinstven konceptualni pristup. Autor modela ima mogućnost da razvija model u posebnom programskom jeziku, ima obezbeđen grafički interfejs za vizuelizaciju rezultata, a platforma pruža i mogućnosti izvođenja automatizovanih

vanih simulacionih eksperimenata. Na raspolaganju su i specijalizovane funkcije, uključujući i mogućnost vremenskog zakazivanja, dostupnost komunikacionih mehanizama, niz opcija vezanih za arhitekturu, funkciju čuvanja i prikazivanja stanja agenata.

Programske platforme i alati se uslovno mogu podeliti u dve kategorije. Alati koji spadaju u prvu kategoriju izgledaju kao klasične softverske platforme. U njih, na primer, spadaju alati kao što su **Swarm, Repast i MASON**. Drugu kategoriju predstavljaju platforme koje omogućavaju direktnu izgradnju simulacionih modela kroz jedinstvenu paradigmu. **NetLogo** je predstavnik ove kategorije.

5.4. ABM ALAT ZA PODRŠKU ANALIZI ENERGETSKE TRANZICIJE U REPUBLICI SRBIJI KROZ EVALUACIJU MERA POLITIKE RAZVIJEN U OKVIRU PROJEKTA FF GREEN

Za potrebe projekta FF GreEN korišćena je NetLogo platforma i kreiran je alat za energetska simulaciju energetske tranzicije u sektoru grejanja domaćinstava u Republici Srbiji do 2050. godine³. Model je fokusiran je na individualne entitete, odnosno domaćinstva. Ovakav pristup, u literaturi poznat je i kao „bottom-up“ (odozdo na gore), tretira sva domaćinstva kao posebne potrošače i usmeren je na ispitivanje njih i njihovog ponašanja i donošenje odluka o grejanju. Fokus alata stavljen je na grejanje stambenog prostora, s obzirom na to da ono predstavlja dominantan vid potrošnje energije u sektoru domaćinstava.

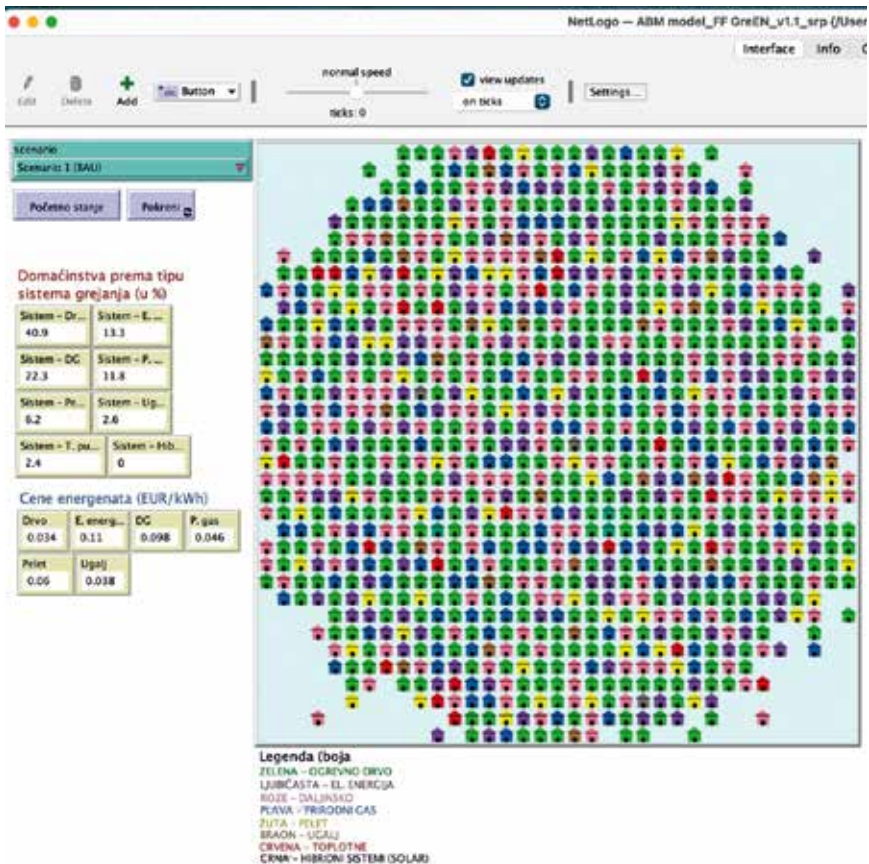
Osnovna logika na kojoj razvijeni alat počiva jeste pretpostavka da svako domaćinstvo, u skladu sa sopstvenim potrebama, mogućnostima i spoljnim uslovima, nastoji da dugoročno obezbedi grejanje tokom zimskog perioda kako bi osiguralo osnovne životne uslove.

Temeljni podaci za inicijalnu simulaciju tranzicije domaćinstava i testiranje ABM alata razvijenog u okviru projekta FF GreEN dobijeni su kroz anketu sprovedenu 2024. godine, koja je obuhvatila 1033 domaćinstva u Srbiji. Na osnovu tih podataka, u modelu je kreirano 1033 domaćinstva sa specifičnim karakteristikama⁴. Njihova grafička interpretacija u modelu napravljenom na NetLogo platformi, a prema sistemu grejanja koji koriste, prikazana je na slici 5.3.

³ Softver i uputstvo za instalaciju se nalaze na web stranici projekta FF GreEN, radni paket 5 (Deliverables, WP 5) https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204

⁴ Detaljne informacije o anketi i statističkom istraživanju se nalaze na web stranici projekta sa rezultatima radnog paketa 3 (WP3) https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204





Slika 5.3: Izgled NETLogo korisničkog interfejsa – početno stanje

Ulazni podaci za tržište energenata Republike Srbije, sisteme grejanja i emisione faktore preuzeti su iz relevantnih izvora. U odnosu na polazne pretpostavke i ulazne podatke, model se bavi sledećim pitanjima:

- Kako će izgledati energetska tranzicija u grejanju domaćinstava u Republici Srbiji do 2050. godine i kakva će biti struktura sistema grejanja?
- Koji instrumenti energetske politike najviše doprinose masovnijoj primeni održivijih sistema grejanja?
- Kako instrumenti, odnosno struktura sistema grejanja u domaćinstvima utiču na lokalne emisije CO₂, CO i NO_x?

Razvijeni ABM alat za simulaciju energetske tranzicije u sektoru domaćinstava predstavlja fleksibilan okvir koji se prilagođava ciljevima istraživanja, prostornom obuhvatu i dostupnosti podataka. Zbog toga nijedna implementacija modela nije u potpunosti uniformisana. Struktura modela, nivo detaljnosti i skup promenljivih mogu se razlikovati u zavisnosti od toga da li se analiza sprovodi na lokalnom, re-

gionalnom ili širem nivou, kao i od specifičnosti energetske infrastrukture i karakteristika posmatrane populacije. Ipak, bez obzira na konkretnu primenu, moguće je identifikovati univerzalne kategorije promenljivih koje opisuju domaćinstva kao agente i utiču na njihove odluke o izboru sistema grejanja i energetske tranziciju, kao i sredinu u kojoj se nalaze i koja na njih utiče. Tabela 5.1 prikazuje univerzalne kategorije činilaca karakteristične za ABM alate za simulaciju energetske tranzicije u domaćinstvima, zajedno sa promenljivama korišćenim u konkretnom slučaju simulacije razvijenom na osnovu podataka prikupljenih anketom na nivou Republike Srbije tokom 2024. godine.

Tabela 5.1: Struktura ulaznih promenljivih za ABM alat energetske tranzicije prema kategorijama

Kategorija	Promenljive
Prostorne karakteristike domaćinstava	Administrativna oblast (opština); Tip naselja; Postojanje sistema daljinskog grejanja i gasne distributivne mreže u opštini; Tip objekta; Grejna površina
Sistem grejanja i tehničke karakteristike	Trenutni energent za grejanje; Trenutni sistem grejanja; Efikasnost sistema grejanja; Starost sistema grejanja
Potrošnja energije i energetska efikasnost	Ukupna potrošnja energije; Sprovedene mere energetske efikasnosti
Ekonomski činioci	Trenutni prihodi i životni standard
Bihejvioralni činioci (stavovi i preferencije)	Volja domaćinstava da investiraju u održivije grejanje; Ekološka svest; Kolektivizam
Društveni uticaj i umreženost	Povezana domaćinstva iz okruženja; Broj domaćinstava sa modernim sistemima grejanja u okruženju; Efekat komšiluka
Mere i instrumenti za ubrzanje energetske tranzicije	Subvencije za zamenu grejanja; Širenje sistema daljinskog grejanja, zabrana ložišta na ogrevno drvo i ugalj itd.

Simulacija traje od 2024. godine (bazna godina) do 2050. godine. Korisnik može da bira scenario simulacije (npr. bez subvencija, sa subvencijama, sa zabranom određenih tehnologija itd.), što direktno utiče na ponašanje domaćinstava. Takođe, pre početka simulacije korisnik može da promeni zadate jedinične troškove korišćenja pojedinih goriva ili energenata, kao i cene nabavke određenih sistema grejanja.



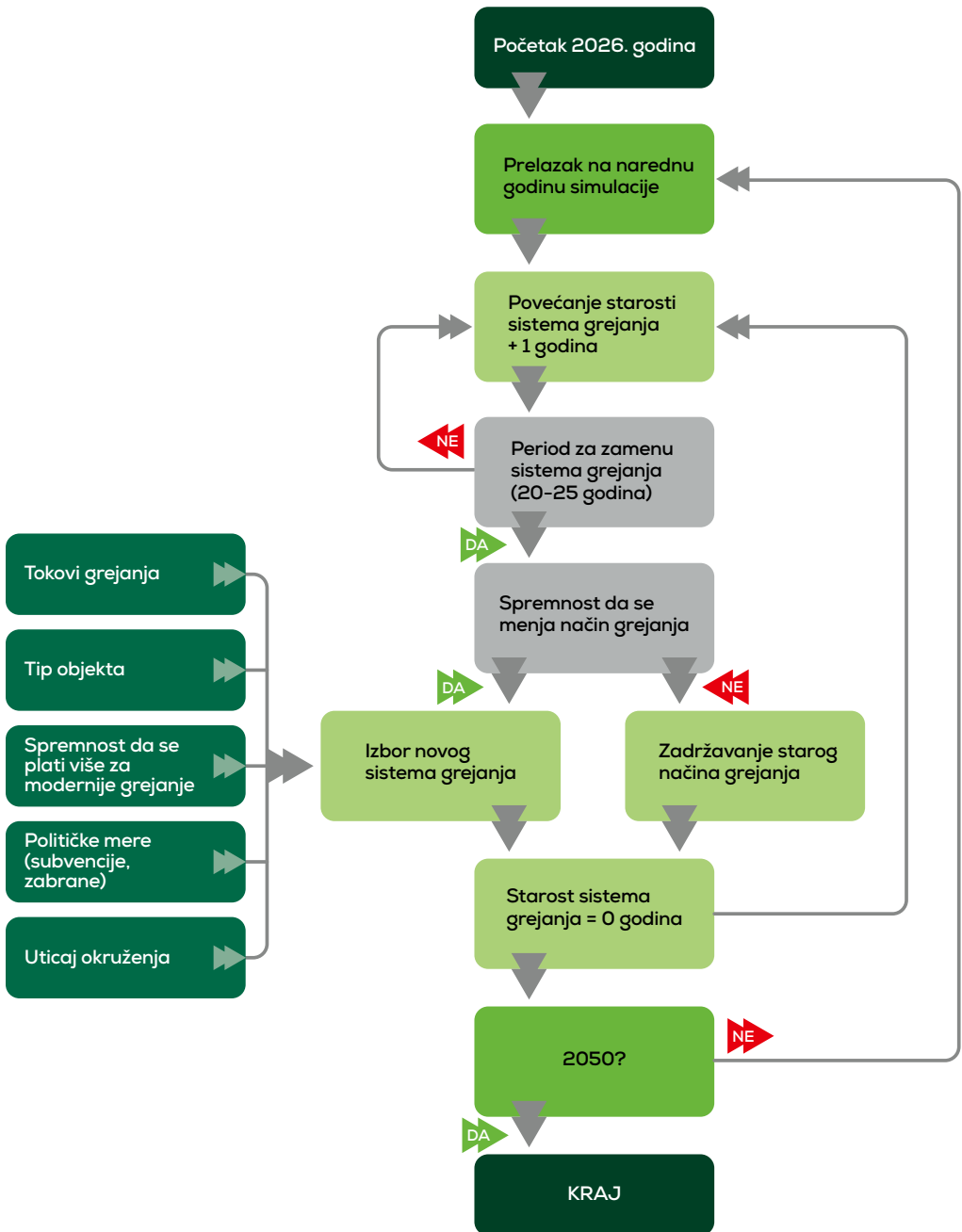
Proces donošenja odluka zasniva se na pretpostavci da domaćinstva racionalno procenjuju dostupne opcije grejanja u skladu sa sopstvenim karakteristikama, finansijskim mogućnostima, spoljnim uslovima i interakcijama sa drugim agentima. Na taj način model omogućava detaljniji prikaz bihevioralnih odgovora i dinamike energetske tranzicije u sektoru grejanja domaćinstava.

Glavni inicijator zamene postojećeg sistema grejanja za svako domaćinstvo jeste dotrajalost sistema, odnosno kraj njegovog životnog veka. Pretpostavka modela je da će domaćinstva menjati postojeći sistem grejanja nasumično u periodu kada starost sistema dostigne između 20 i 25 godina. Dodatni inicijator zamene postojećeg sistema za moderniji način grejanja može biti i uvođenje subvencija kao mere za ubrzanje energetske tranzicije, za ona domaćinstva koja su se izjasnila da su voljna da prihvate ovu vrstu podrške za zamenu postojećeg sistema grejanja.



U trenutku zamene, domaćinstva se opredeljuju za najisplativiji način grejanja, uzimajući u obzir cenu novog sistema i cenu energenta. Međutim, izbor je ograničen karakteristikama koje za svako domaćinstvo pojedinačno predstavljaju određena ograničenja (npr. tip objekta, grejna površina, materijalni status i dr.), kao i pokretačima koji mogu biti unutrašnji (spremnost domaćinstva da investira u moderniji sistem grejanja) i spoljašnji (voljnost da se prihvati subvencija za zamenu sistema i uticaj okruženja, odnosno komšiluka).

Dijagram toka procesa odlučivanja domaćinstava prikazan je na Slici 5.4.



Slika 5.4. Dijagram toka procesa odlučivanja domaćinstava u ABM simulaciji



LOGIKA IZBORA NOVOG SISTEMA GREJANJA

Izbor sistema grejanja u alatu određuje se na osnovu troškovnog izraza prikazanog u jednačini (1). Za svaku dostupnu opciju grejanja izračunava se ukupni trošak koji uključuje investicione i operativne troškove, uz uticaj subvencija i spremnosti domaćinstva da plati više za modernije sisteme grejanja.

Trošak opcije j:

$$C_j = (\text{CAPEX}_j \times (1 - s_j) + p_j \cdot \frac{E \cdot Y}{\eta_j}) \times w_j \quad (1)$$

Gde je:

- **CAPEX_j** – investicioni trošak sistema j,
- **s_j** – stopa subvencije (primenjuje se samo u scenariju sa uvođenjem subvencije),
- **p_j** – cena goriva ili električne energije za opciju j (EUR/kWh),
- **E** – godišnja potreba za toplotnom energijom (kWh/year),
- **Y** – broj godina koje domaćinstvo uzima u obzir pri proceni budućih troškova grejanja (3–5 godina),
- **η_j** – efikasnost sistema j; za toplotne pumpe predstavlja COP,
- **w_j** – "spremnosti domaćinstva da plati više za moderan sistem grejanja".

Domaćinstvo bira opciju sa minimalnim ukupnim troškom:

$$\text{Izbor novog sistema grejanja} = \arg \min_j C_j \quad (2)$$

Za razliku od pristupa zasnovanih na proceni ukupnih operativnih troškova tokom celog životnog veka sistema uz primenu diskontovanja budućih troškova, razvijeni ABM alat polazi od pretpostavke da domaćinstva prilikom donošenja odluke o zameni sistema grejanja dominantno razmatraju troškove u okviru kratkoročnog planskog horizonta. U skladu sa tim, operativni troškovi se u modelu procenjuju za nasumično dodeljeni period od 3 do 5 narednih godina. Ovakav pristup omogućava realističnije predstavljanje procesa odlučivanja domaćinstava, budući da se odluke u praksi često donose na osnovu neposrednih i kratkoročnih finansijskih efekata, a ne na osnovu optimizacije troškova tokom celokupnog životnog veka sistema. Istovremeno, ovakav koncept je u skladu sa teorijskim i empirijskim pristupima u literaturi koji ukazuju na ograničenu racionalnost i kratkoročno planiranje potrošača prilikom ulaganja u energetske tehnologije.

Pored troškovnog kriterijuma, alat uvodi i finansijsko ograničenje koje može odložiti ili onemogućiti zamenu postojećeg sistema. Zamena sistema smatra se mogućom samo ukoliko domaćinstvo raspolaže dovoljnim budžetom za investiciju:

$$\text{Priuštivo ako: } B \notin \{\text{domaćinstva sa niskim prihodima}\} \quad (3)$$

Gde je:

- **B** – subjektivna procena materijalnog standarda domaćinstva.

UTICAJ OKRUŽENJA

Početna vrednost spremnosti domaćinstva da plati više za modernije i efikasnije sisteme grejanja (w_j) preuzima se iz ankete domaćinstava gde su se domaćinstva izjašnjavala koliko procenata (%) su spremne da plate više sisteme grejanja koji su identifikovani kao takvi - toplotne pumpe, hibridni sistemi toplotne pumpe i solarna energija ili povezivanje na daljinsko grejanje, u odnosu na najjeftinije opcije na tržištu.

Manje vrednosti faktora w_j označavaju veću spremnost domaćinstva za prihvatanje modernih i efikasnijih sistema grejanja, jer dovode do smanjenja efektivnog troška tih opcija u modelu. Međutim, alat pretpostavlja da vrednost w_j nije statična, već da se menja tokom vremena pod uticajem društvenog okruženja. Konkretno, domaćinstva mogu postati sklonija prelasku na moderne sisteme grejanja ukoliko u svom okruženju primećuju veći broj domaćinstava koja već koriste takve sisteme.

Kako podaci o stvarnoj umreženosti domaćinstava i njihovim socijalnim interakcijama nisu dostupni, a teorijski i metodološki okviri za modeliranje društvenih fenomena na nivou velikih populacija ne pružaju jedinstven pristup definisanju ovih veza, u agent-baziranim modelima se socijalne mreže najčešće formiraju na nasumičan način. U ovom alatu primenjena je metoda umrežavanja poznata kao „kreiranje malih svetova“ (engl. small-world networks), pri čemu se svako domaćinstvo nasumično povezuje sa 5 do 10 drugih domaćinstava iz populacije.

Ovako definisano umrežavanje zasniva se na dve osnovne pretpostavke. Prva pretpostavka jeste da većina pojedinaca razmenjuje informacije i formira stavove unutar relativno malih socijalnih mreža, odnosno kroz tzv. „efekat komšiluka“, koji obuhvata interakcije sa komšijama, prijateljima, kolegama, članovima porodice i drugim bliskim kontaktima. Druga pretpostavka podrazumeva da je proces povezivanja domaćinstava slučajan, čime se izbegava uvođenje unapred definisanih ili subjektivno određenih uticaja od strane kreatora modela.

Početna osetljivost na društveni uticaj određena je na osnovu odgovora domaćinstava u anketi na tvrdnju: „Nema svrhe da činim ono što mogu za životnu sredinu ukoliko i drugi ne čine to isto“. Na osnovu stepena slaganja sa ovom tvrdnjom, domaćinstva su razvrstana u pet kategorija: od proaktivnih domaćinstava, kod kojih je dovoljan mali broj modernih sistema u okruženju da bi se aktivirala promena, do domaćinstava kod kojih je potrebno da većina povezanih domaćinstava poseduje moderne sisteme kako bi došlo do povećanja njihove spremnosti za investiranje.

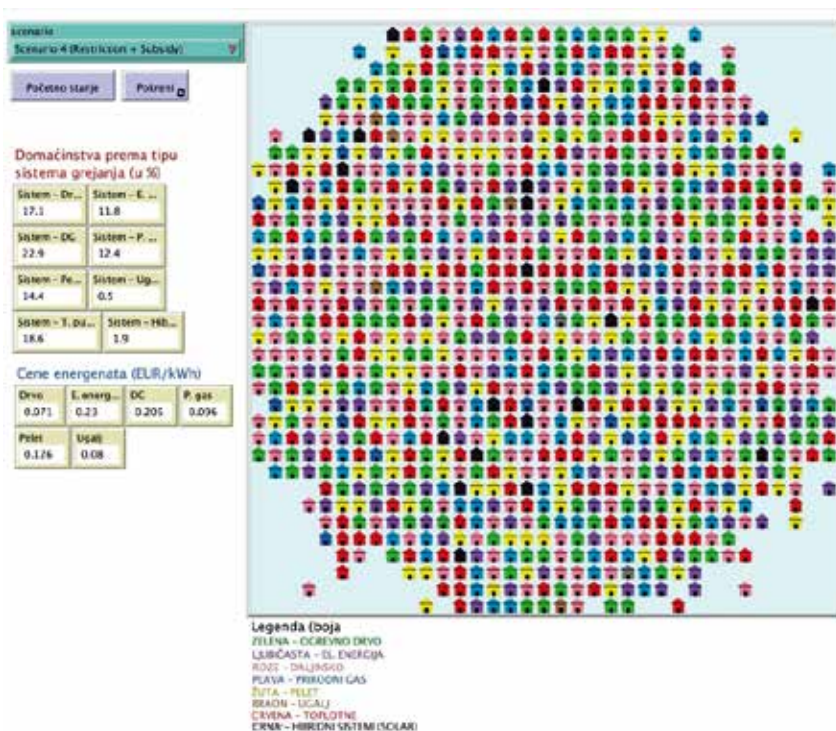
Prag broja modernih sistema logično je niži kod proaktivnih i društveno osetljivijih domaćinstava, dok je viši kod domaćinstava koja promenu uslovljavaju ponašanjem većeg broja drugih domaćinstava. Konkretno, prag se kreće od najmanje jednog modernog sistema u okruženju kod proaktivnih domaćinstava, do više od tri četvrtine modernih sistema među povezanim domaćinstvima kod onih domaćinstava koja ne žele da preduzmu akciju ukoliko većina njihovog okruženja to prethodno ne učini.



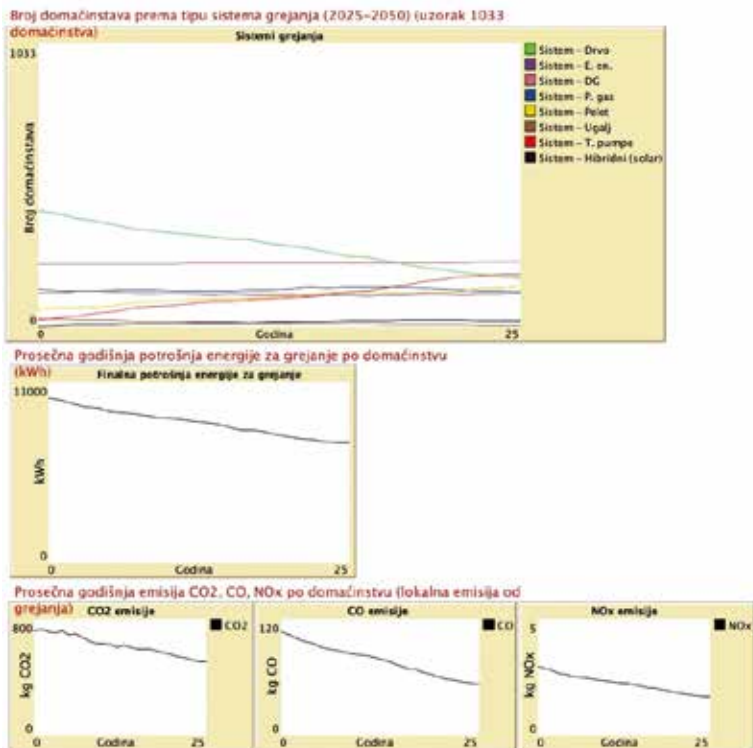
Na taj način, spremnost domaćinstva za investiranje postepeno se približava prosečnoj referentnoj vrednosti u njegovom okruženju, pri čemu se promena ne aktivira automatski, već zavisi od početne osetljivosti domaćinstva na društveni uticaj i broja modernih sistema među povezanim domaćinstvima.

Kako je iz prethodno navedenog evidentno da simulacija ponašanja domaćinstava uključuje i stohastičke varijable, proces simulacije ponavlja se više desetina puta. Pri tome se prate dominantni trendovi, dok se u dalju analizu uključuju prosečne vrednosti dobijenih rezultata.

Ovakav definisan ABM simulacioni model može biti koristan alat za testiranje efekata različitih instrumenata energetske politike za ubrzanje energetske tranzicije u sektoru grejanja. Kao primer primene, na slikama 5.5 i 5.6 su prikazani rezultati simulacije za Scenario sa subvencijom 50% za kupovinu modernih i efikasnijih sistema grejanja – toplotne pumpe, uvođenje daljinskog grejanja ili sistemi na pelet i zabranom prodaje peći i kotlova na ogrevno drvo i ugalj od 2030. godine. Na Slici 5.5 je prikazana raspodela korišćenih sistema grejanja u domaćinstvima u Republici Srbiji 2050. godine, a na Slici 5.6 promena udela domaćinstava prema sistemima grejanja, promena specifične potrošnje energije i emisija (CO₂, CO i NOx) u periodu od 25 godina (2025–2050. godina).



Slika 5.5: Sistemi grejanja u Republici Srbiji u 2050. godini – Scenario 4



Slika 5.6: Promena u sistemima grejanja u Republici Srbiji u periodu 2025-2050. godina – Scenario 4 (raspodela, efikasnost, emisija)



LITERATURA:

1. Čavoški, S.K. (2016) Simulacioni modeli zasnovani na agentima kao podrška odlučivanju u elektronskom poslovanju. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka.
2. Chappin, E., Nikolic, I. and Yorke-Smith, N. (2020) Agent-based modelling of the social dynamics of energy end use, in *Energy and Behaviour*, [eds.] Lopes, M., Henggeler, C., Janda, K., Academic Press, pp. 321–351. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818567-4.00029-6>.
3. Hammond, R.A. (2015) *Considerations and Best Practices in Agent-Based Modeling to Inform Policy*. Washington, D.C.: National Academies Press.
4. Klein, M. (2020) *Agent-Based Modeling and Simulation of Renewable Energy Market Integration – The Case of PV-Battery Systems*. PhD thesis. Stuttgart: Universität Stuttgart.
5. Leonelli, M. (2021) *Simulation and Modelling to Understand Change*. Madrid: School of Human Sciences and Technology, IE University.
6. Macal, C.M. (2018) Tutorial on agent-based modeling and simulation: ABM design for the zombie apocalypse, in *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*, pp. 207–221.
7. Pavlović, B. (2023) *Modeliranje i simulacija energetske tranzicije u sektoru domaćinstava*. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet.
8. Tesfatsion, L. (2003) *Agent-Based Computational Economics*, ISU Economics Working Paper No. 1.
9. Malik, C. and Singhal, N. (2017) Consumer environmental attitude and willingness to purchase environmentally friendly products: An SEM approach, *Vision: The Journal of Business Perspective*, 21(2), pp. 152–161. <https://doi.org/10.1177/0972262917700991>.
10. Sopha, B.M., Klöckner, C.A. and Hertwich, E.G. (2013) Adoption and diffusion of heating systems in Norway: Coupling agent-based modeling with empirical research, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 8, pp. 42–61. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2013.06.001>.
11. Park, J. and Woo, J. (2023) Analyzing consumers' willingness to purchase energy-efficient appliances in response to energy price changes: Case study of South Korea, *Energy Economics*, 127, 107088. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107088>.



6. FF GREEN METODA PLANIRANJA ENERGETSKE TRANZICIJE U DOMAĆINSTVIMA



Prelazak ka održivijem energetsom sistemu domaćinstava, pored uvođenja tehnologija, podrazumeva promene u različitim aspektima: organizacionim, ekonomskim, društvenim, pravnim, obrazovnim itd. Tranzicije energetskih sistema predstavljaju dugotrajne transformacije i mogu se postići samo akumulacijom više integriranih akcija, inicijativa i programa koji imaju za cilj da obuhvate različite faktore koji utiču na ukupnu finalnu potrošnju energije, kao i na njenu strukturu prema aktivnosti i prema vrsti goriva/energetskog izvora.

Lokalni energetske razvoj predstavlja veoma osetljivo pitanje, tesno povezano sa ukupnim urbanim razvojem. Pored energetskih i inženjerskih aspekata, obuhvata i izazove u vezi sa klimatskim promenama, zaštitom životne sredine i društvenim pitanjima. Sektor domaćinstava je najčešće najveći potrošač energije na lokalnom nivou. Zbog heterogenosti pojedinaca u domaćinstvima i njihovih društvenih interakcija, veoma je teško regulisati potrošnju energije u domaćinstvima bez dubokog razumevanja njihovog ponašanja i načina odlučivanja u vezi sa potrošnjom energije.

Ambicija FF GreEN projekta je da olakša proces tranzicije domaćinstava, zasnovan na integraciji tri različita pristupa, sa ciljem dobijanja preciznog i aktuelnog okvira za energetske planiranje. FF GreEN metodologija uspostavlja integraciju i interakciju stručnog znanja iz oblasti analize i modelovanja energetskih sistema, participativnog normativnog pristupa zasnovanog na uključivanju širokog spektra zainteresovanih strana i simulacije ponašanja domaćinstava korišćenjem naprednih softverskih rešenja.

Već je rečeno da studije budućnosti imaju normativni, ciljno orijentisan i problem-ski karakter. Poželjna putanja ka željenoj budućnosti istražuje se metodom „backcasting“, radeći unazad kroz vreme – od budućnosti ka sadašnjosti – uz razmatranje šta bi trebalo da se desi u svakoj fazi kroz analizirane vremenske horizonte. Takav pristup podržan je nizom povezanih kvalitativnih scenarija koji razmatraju koje su promene potrebne u tehnološkoj, pravnoj, društvenoj i obrazovnoj sferi. Proces participativnog backcastinga (PB) podrazumeva učešće različitih zainteresovanih strana u formulisanju kvalitativnih scenarija. Scenariji razvijeni u PB procesu unapređuju razumevanje mehanizama koji pokreću promene i jačaju strateško planiranje, ali ne mogu pružiti kvantitativan opis niti vizualizaciju putanje kroz vreme.

S druge strane, energetske scenariji razvijeni u tradicionalnim alatima za energetske modeliranje (LEAP, TIMES/MARKAL, MESSAGE...) najčešće nastaju od strane eksperata koji se oslanjaju na sopstvene procene, pretpostavke i dostupne setove podataka. Ovaj pristup obično isključuje učešće drugih aktera u procesu donošenja odluka i ne može obezbediti dublje razumevanje mikro ponašanja potrošača (uključujući njihovu heterogenost, ograničenu racionalnost i netržišne interakcije unutar društvenih mreža).

Agent-based model (ABM) ima za cilj da opiše i simulira usvajanje ili širenje određene tehnologije i/ili izvora energije kroz vreme u nehomogenoj populaciji domaćinstava kao agenata. Ovaj „bottom-up“ alat za simulaciju energetske tranzicije, zasnovan na empirijskim podacima prikupljenim na reprezentativnom uzorku domaćinstava, pruža realističniji prikaz celokupnog sektora potrošača (u ovom slučaju domaćinstava) u odnosu na tradicionalne energetske modele, nastojeći da što vernije oslika karakteristike i ponašanje istraživane populacije domaćinstava. Model eksplicitno uzima u obzir heterogenu prirodu domaćinstava, njihove različite preferencije i izbore, kao i međusobne interakcije tokom vremena..

Sušтина FF Green metode planiranja procesa energetske tranzicije je u obezbeđenju interakciju između ovih pristupa. Njihova međusobna integracija vodi ka transdisciplinarnosti, istražujući različite vrste znanja svih aktera uključenih u procese energetske planiranja, koristeći prednosti svakog pristupa, sagledavajući različite aspekte proizvodnje i potrošnje energije, i na taj način obezbeđujući izvodljivije i održivije rezultate procesa energetske planiranja.

6.1. KONCEPT I METODOLOGIJA

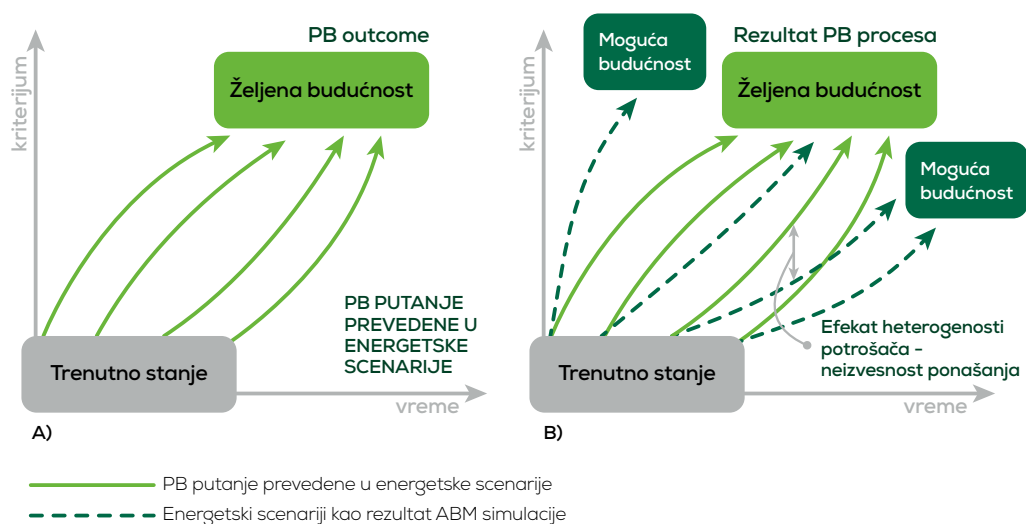
Studije budućnosti prepoznate su kao poželjna opcija za planiranje tranzicije ka održivosti. „Backcasting“ ima za cilj da istraži i formuliše poželjnu budućnost, a ne da je predvidi. U okviru strateškog okvira za rešavanje problema, „backcasting“ traga za odgovorima na pitanje kako postići unapred definisani ishod. Rezultat „backcasting“ procesa je analitički okvir za donošenje politika i identifikaciju prilika. Scenariji razvijeni u okviru „backcasting“-a predstavljaju priče o budućnosti, tako da se posmatraju kao kvalitativni izlaz.

Pored toga što su odgovorna za najveći udeo potrošnje energije u izgrađenom okruženju, domaćinstva karakteriše velika raznolikost postojećih tehničkih konfiguracija i brojnih potencijalnih rešenja, pa je prilagodljivost okvira za dugoročno planiranje od velike važnosti. Nepotpuna adekvatnost primene samo participativnih metoda, bez šireg usmeravajućeg okvira, pokazana je u studijama socio-tehničkih tranzicija ka održivosti.

Razvijen u okviru PB-a, modularni PB pristup, primenjen na domaćinstva, promovise transdisciplinarnost, tj. potrebu za integracijom i diferencijacijom znanja iz različitih oblasti. Modularni PB pristup omogućava uključivanje formalnog i konceptualnog modelovanja u „back casting“ proces. Scenariji razvijeni PB procesom korišćenjem morfološkog pristupa predstavljaju priče o budućnosti. Važno je napomenuti da su scenariji u studijama budućnosti krajnje tačke scenarija razvijenih u klasičnim alatima za energetske modelovanje. Ovo omogućava interakciju između kvalitativnih i kvantitativnih pristupa energetske planiranju.

Za razliku od „backcasting“-a, istraživački (engl. „exploratory“) pristup energetske planiranju (zasnovan na razvoju energetske scenarija) istražuje moguća

očekivana buduća stanja sistema, uglavnom na osnovu pretpostavki eksperata. Planiranje počinje od trenutnog stanja i istražuje trendove, uticaje ključnih parametara i pokretača, definisanjem različitih putanji/scenarija u analiziranom vremenskom periodu. Izlaz je kvantitativan i najčešće se koristi kao podrška dugoročnom planiranju u energetske sektoru. Ovaj „top-down“ pristup proučava odnos između agregirane potrošnje energije domaćinstava i energetske varijabli, kao što su makroekonomski i demografski pokazatelji, ekološka ograničenja, klimatski uslovi itd. Integracija istraživačkih scenarija razvijenih u alatima za energetske modelovanje u „backcasting“ proces podržava donošenje odluka i omogućava bolje razumevanje efekata predloženih mera i aktivnosti iz PB procesa. Kvalitativni ishodi iz „backcasting“ procesa se koriste za definisanje glavnih pretpostavki u razvoju istraživačkih scenarija u alatu za energetske modelovanje. Drugim rečima, putanje od sadašnjosti ka budućnosti se prevodi u scenarije razvijene u modelu (Slika 6.1a), čime se obezbeđuje kvantitativni izlaz, vizualizacija i indikatori povezani sa različitim scenarijima.



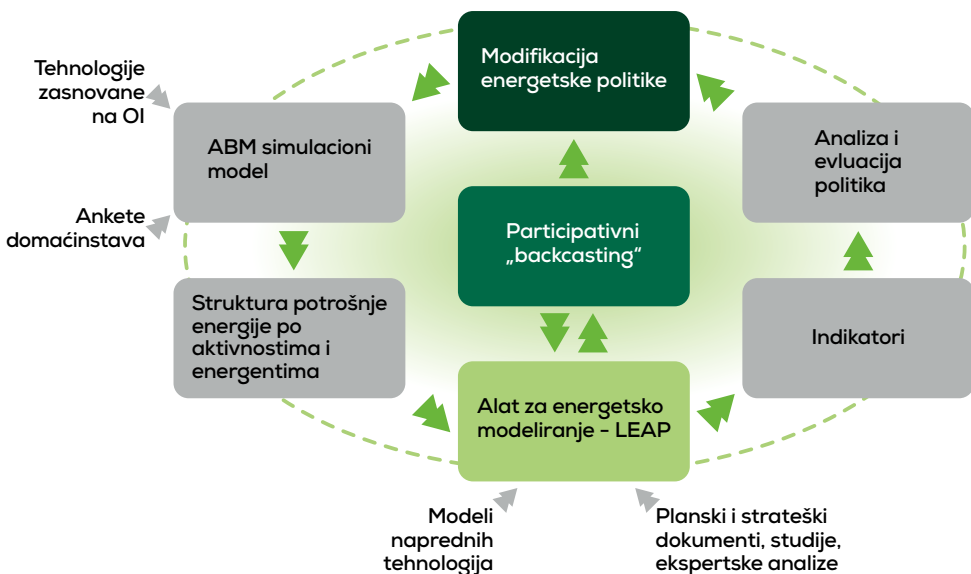
Slika 6.1: a) Integracija PB i ekspertskog znanja b) Integracija PB, ekspertskog znanja i ABM-a

Transformacija energetske sektora domaćinstava pokreće se ponašanjem, navikama i stavovima brojnih heterogenih grupa potrošača. Energetski sektor domaćinstava, kao i mnogi drugi složeni sistemi iz realnog života, sastavljen je od elemenata koji su takođe složeni sistemi. Zbog toga je proces modelovanja ovih sistema znatno komplikovaniji. Modelovanje zasnovano na agentima (ABM) veoma je pogodno za istraživanje složenih sistema jer nudi platformu za proučavanje ponašanja sistema zasnovanog na individualnim akcijama i interakcijama agenata. Jedna od glavnih prednosti primene ABM u istraživanju energetske tranzicije, u odnosu na tradicionalne pristupe sistemске dinamike, jeste mogućnost modelovanja i simulacije individualnih karakteristika konstitutivnih elemenata sistema, umesto pretpostavke o njihovoj homogenosti.

Da bi se izbegle restriktivne pretpostavke u vezi sa energetske ponašanjem domaćinstava (sistemska dinamika), u gore opisani okvir uvodi se i ABM alat zasnovan na agentima definisanim empirijskim podacima (anketom). Ambicija integrisanja ABM u dugoročno planiranje procesa energetske tranzicije u sektoru domaćinstava jeste ispitivanje kapaciteta i granica usvajanja inovativnih tehnologija u domaćinstvima (PV sistemi, solarno-termalni sistemi, toplotne pumpe, efikasniji kućni aparati itd.). Anкета i istraživanje društvenih i ponašajnih aspekata energetske tranzicije u domaćinstvima rezultira stvaranjem stabla odlučivanja domaćinstava, kao autonomnih entiteta koji donose odluke na mikro nivou. Ovo obezbeđuje precizniji odgovora na pitanja kako različita domaćinstva (npr. inovatori, rani usvajači, konzervativna ili ambivalentna domaćinstva) utiču jedni na druge, i koji instrumenti energetske politike, predloženi od strane eksperata i prepoznati od strane stejkholdera kao obećavajući, mogu dovesti do viših stopa prihvatanja inovativnih tehnologija i efikasnijeg korišćenja energije u sektoru domaćinstava.

Simulacija ponašanja/navika domaćinstava rezultira ishodima (putanjama) koja se razlikuju od onih inicijalno razvijenih u interakciji PB okvira i top-down modelovanja (Slika 6.1b). Uočena razlika u dobijenim putanjama se pripisuje netehničkim aspektima energetske tranzicije. Na ovaj način se obezbeđuje kvantifikacija njihovih efekata, razumevanje njihovog uticaja i razvoj instrumenata politike za njihovo ublažavanje.

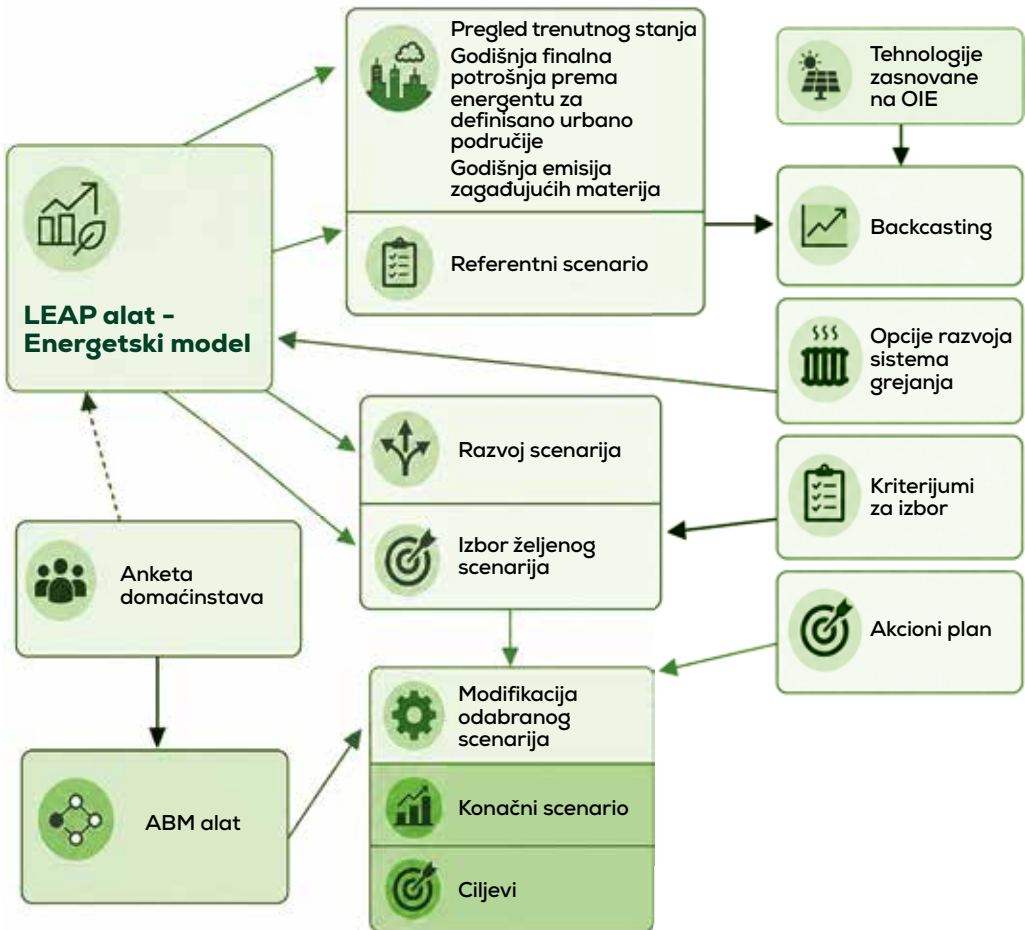
Dinamički okvir za kreiranje, praćenje, analizu i evaluaciju instrumenata energetske politike, odnosno metoda za planiranja i sprovođenje procesa energetske tranzicije u domaćinstvima, razvijena u okviru projekta FF GreEN prikazan je na slici 6.2.



Slika 6.2: FF GreEN metodologija za planiranja i sprovođenje procesa energetske tranzicije u domaćinstvima – šematski prikaz

6.2. ALGORITAM SPROVOĐENJA NA NIVOU LOKALNE ZAJEDNICE

Algoritam sprovođenja prethodno opisane metodologije obuhvata participativni backcasting, izradu ekspertskih energetskegih modela, simulaciju ponašanja domaćinstava zasnovanu na agentima (ABM) koja kao set ulaznih podataka uzima rezultate ciljano sprovedenih anketa u konkretnoj lokalnoj zajednici (Slika 6.3).



Slika 6.3: Algoritam sprovođenja FF GreEN metodologije

Prikazani algoritam detaljnije prikazuje ključne faze procesa energetskeg planiranja, kao i način interakcije različitih metoda uz jasan prikaz kombinacija pristupa energetskeg planiranju u svakoj od faza procesa. Namera je bila da se korišćenjem raspoloživih alata i metoda dobiju što realniji opisi budućnosti, procene

stvarni dometi predloženih mera, formuliše jasna mapa puta i predlože odgovarajuće targetirane mere i aktivnosti. Detaljni opis primene navedene metodologije kao i dobijeni rezultati detaljno su prikazani i analizirani u Poglavlju 7.

Primarna svrha ovog algoritma jeste podrška procesu energetske planiranja procenom potencijalnih instrumenata politike u fazi njihovog formuliranja, odabira i upravljanja. Integrativni pristup treba da usmeri i unapredi ceo proces planiranja tako što će kroz metodologiju ukazati da li je, i u kom obimu, neophodna revizija izvornih politika pre njihove primene u realnom sistemu.

Predloženi algoritam omogućava nova testiranja i ažuriranja, imajući u vidu da će se ulazni parametri modela vremenom menjati zbog svoje stohastičke prirode. Osnovni elementi novog pristupa su dva pojedinačno razvijena modela (ABM model individualnog grejanja i ekspertske LEAP model), koja su povezana kroz proces participativnog „backcasting“ energetske planiranja (Slika 6.3).

U procesu participativnog „backcasting“ energetske planiranja, najširi krug zainteresovanih strana promišlja i planira energetske politiku lokalne zajednice. Kroz prethodno detaljno opisanu proceduru, konsenzusom se dolazi stanja lokalnog energetske sistema koji se u budućnosti želi i do mera i aktivnosti koje obezbeđuju njegovo postizanje. Definišu se indikatori koje je potrebno pratiti u toku sprovođenja predloženih politika.

ABM model domaćinstava se formira na osnovu lokalno sprovedene ankete kako bi se opisalo ponašanje domaćinstava i njihov odgovor na različite instrumente politike u vezi sa cenama tehnologija i energenata, subvencijama/zabranama primene određenih tehnologija, promocijom mera energetske efikasnosti itd. Istovremeno, korišćenjem nekih od tradicionalnih alata za energetske modeliranje kreira se ekspertske model lokalnog energetske sistema.

Analiza mikro ponašanja i reakcija na lokalne energetske politike dobijena u ABM modelu, unosi se u ekspertske energetske model kako bi se sagledali efekti na makro nivou. U složenom procesu donošenja odluka, ova makro analiza služi za procenu i modifikaciju instrumenata lokalne politike.

Na ovaj način, pristup integriše trenutnu strukturu grejanja u domaćinstvima, stavove i percepcije potrošača (dobijene iz ankete), energetske planove i energetske politike dobijene u postupku participativnog odlučivanja, simulaciju energetske ponašanja svakog domaćinstva baziranog na agentima, energetske bilanse i ekspertske znanja.

6.2.1. Prikupljanje podataka o domaćinstvima

Za pokretanje energetske tranzicije u domaćinstvima neophodno je obezbediti podatke o primenjenim tehnologijama – potrošačima energije u domaćinstvima (grejanje/hlađenje prostora, priprema sanitarne tople vode, osvetljenje itd.), kao

i dobro razumevanje ponašanja, navika i stavova domaćinstava u vezi sa energetikom. U cilju formiranja kvalitetnih baza podataka o domaćinstvima, neophodno je sprovesti ad hoc empirijska istraživanja za prikupljanje potrebnih podataka. Proverena metoda prikupljanja podataka o fragmentisanoj i heterogenoj populaciji je anketa.

U okviru projekta FF GrEN je izvršeno i prikupljanje podataka pomoću anketiranja i statističko istraživanje kako bi se stvorila čvrsta baza znanja o svim aspektima potrošnje energije u domaćinstvima u Republici Srbiji (videti poglavlje 6.5). Uzorak je obuhvatio 1,200 domaćinstava, a cilj je bio da se dođe do socio-ekonomskih i kulturnih parametara (ponašanja, navika i stavova) povezanih sa potrošnjom energije u domaćinstvima⁵. Urađena anketa i prateća statistička obrada prikupljenih podataka predstavljaju (makro) obrazac koji je potrebno ponoviti u (mikro) sredini od interesa (opština, grad, druga društvena zajednica) da bi se došlo do karakteristika te sredine neophodnih za dobro planiranje procesa tranzicije.

Obe ankete se dizajniraju tako da obezbede podatke o primenjenim tehnologijama i njihovim operativnim karakteristikama, kao i sveobuhvatno saznanje o svim aspektima energetskog ponašanja domaćinstava (potrošnja energije, spremnost na štednju i/ili efikasnije korišćenje energije, ekološka svest, spremnost za preuzimanje uloge proizvođača-potrošača – „prosumer“, itd.). Pored toga, prikupljaju se i podaci o načelnim stavovima domaćinstava u vezi sa energetskom tranzicijom, radi mapiranja i procene društvenih, ekonomskih, kulturnih i obrazovnih barijera koje bi mogle da utiču na uspešnost energetske tranzicije u domaćinstvima.

Da bi se obezbedila puna svrsishodnost primene ankete na nivou lokalne zajednice koja se analizira, sadržaj ankete se usaglašava sa merama i aktivnostima koje se razmatraju u okviru procesa participativnog „backcasinga“ (tačka 7.2.5 ovog algoritma). Drugim rečima, predložene mere i aktivnosti buduće lokalne energetske politike, već u fazi definisanja, dobijaju ocenu domaćinstava kojima su namenjena, tako da je već u inicijalnoj fazi moguća njihova modifikacija da bi se postigli optimalni efekti primene.

6.2.2. Analiza zakonodavnog i regulatornog okvira

Prikupljanje podataka obuhvata i istraživanje konteksta u kome se energetska tranzicija odvija. Desk analiza postojećih strateških planova na nacionalnom i lokalnom nivou, međunarodnih sporazuma, nacionalnog zakonodavstva i regulative, zajedno sa javno dostupnim statističkim podacima o demografiji, ekonomskom rastu, prihodima, razvoju energetskog tržišta i projekcijama cena energije, pruža širu sliku energetskog sistema koji se razmatra i mesta i značaja domaćinstava u ukupnom procesu energetske tranzicije. U okviru FF GrEN projekta ova aktivnost je načelno izvršena na nivou Republike Srbije i EU. Dokument „Energet-

⁵ Detaljne informacije o anketi i statističkom istraživanju se nalaze na web stranici projekta sa rezultatima radnog paketa 3 (WP3) https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204

ska tranzicija u domaćinstvima: Pregled politika u Evropskoj uniji i Republici Srbiji“ je dostupan na web sajtu projekta⁶, a prilikom implementacije metodologije na manjim urbanim celinama, potrebno je razmotriti i lokalne propise koji bi mogli da budu od značaja u procesu planiranja i implementacije planova energetskeg razvoja, a iz oblasti:

- energetike (npr. odluke o proizvodnji i distribuciji toplotne energije, odluke o cenama toplotne energije, lokalni energetski plan / plan energetske efikasnosti, odluku o korišćenju obnovljivih izvora energije (biomasa, solarna energija na javnim objektima), program energetske sanacije zgrada, SEAP i sl.),
- urbanizma (prostorni plan jedinice lokalne samouprave, generalni urbanistički plan, plan generalne regulacije, plan detaljne regulacije, pravila gradnje i uređenja prostora i dr.)
- ekologije (npr. lokalni plan zaštite životne sredine, program upravljanja otpadom, akcioni plan kvaliteta vazduha i sl.) i dr.

6.2.3. Analiza raspoloživih tehnologije za energetskeg tranziciju u domaćinstvima

Treći skup aktivnosti u ovoj fazi obuhvata prikupljanje podataka o dostupnim tehnologijama za korišćenje OIE (za grejanje/hlađenje i proizvodnju električne energije), kao i o merama energetske efikasnosti i njihovim efektima u domaćinstvima.

Stanovište projekta FF GreEN jeste da uvođenje sistema koji koriste obnovljive izvore energije, naprednih sistema toplotnih pumpi i hibridnih sistema u stambene objekte može biti razmatrano tek nakon prethodne energetske sanacije, ukoliko je potrebna, objekata do prihvatljivog energetskeg razreda. Smatra se da taj energetski razred ne sme da bude ispod razreda „C“ što znači da specifična godišnja potrošnja energije za grejanje, za postojeće zgrade sa više stanova, mora da bude niža od 70 kWh/m², a ukoliko se radi o novoizgrađenim objektima niža od 60 kWh/m². Za postojeće individualne kuće (jednoporodične stambene zgrade), specifična godišnje potrošnja energije za grejanje mora da bude niža od 75 kWh/m², a ukoliko se radi o novoizgrađenim objektima, niža od 65 kWh/m². Kod zgrada nestambene i mešovite namene (u koje spadaju: upravne i poslovne zgrade, zgrade namenjene obrazovanju i kulturi, zgrade namenjene zdravstvu i socijalnoj zaštiti, zgrade namenjene turizmu i ugostiteljstvu, zgrade namenjene sportu i rekreaciji i zgrade namenjene trgovini i uslužnim delatnostima), takođe treba ispoštovati preporuku da se supstitucija energetskeg sistema koji koriste fosilna goriva, sistemima koji koriste obnovljive izvore energije, razmatra tek kada predmetni objekat zadovoljava energetski razred „C“ u svojoj kategoriji, prema Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada.

⁶ https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/03/Politike-i-instrumenti-EU-i-RS_260324.pdf

Razmatrane mere poboljšanja energetske efikasnosti postojećeg građevinskog fonda su:

- zamena stolarije (primena visokokvalitetnih višekomornih niskoemisionih prozora i vrata),
- termička izolacija spoljašnjih i unutrašnjih površina objekta, posebno međuspratne konstrukcije prema negrejanim podrumima i tavanima,
- eliminacija toplotnih mostova,
- primena pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja,
- intervencije na krovnoj konstrukciji i dr.

U okviru projekta FF GreEN urađena je analiza trenutno korišćenih tehnologija u domaćinstvima i mapirane su energetske efikasne tehnologije koje mogu da povećaju učešće obnovljivih izvora energije (OIE) u domaćinstvima. Rezultati ove analize su poslužili za modeliranje naprednih tehnologija zasnovanih na OIE, kao i optimizaciju opcija rekonstrukcije. Svi ovi podaci su javno dostupni i mogu se koristiti u procesu planiranja⁷. U fokusu su bile tehnologije kao što su:

- toplotne pumpe,
- kotlovi na biomasu,
- solarni PVT sistemi,
- rekuperaciju i regeneraciju toplote iz otpadnog vazduha iz različitih procesa,
- akumulatori toplotne energije,
- sistemi za nadzor i upravljanje.

Razmotreni su i hibridni sistemi za grejanje su kombinacija dva ili više različitih izvora energije koji rade zajedno kako bi obezbedili efikasno i pouzdano grejanje / hlađenje. Ovi sistemi koriste prednosti različitih izvora energije kako bi optimizovali potrošnju i smanjili troškove, kao i uticaj na životnu sredinu.

Tehnologije i mere su grupisane prema njihovoj efikasnosti, stepenu zrelosti, uticaju na životnu sredinu i klimatske promene, dostupnosti na tržištu, ceni i drugim kriterijumima. Sve tehnologije i mere su razmatrane i vrednovane pojedinačno, uz analizu njihove pogodnosti za integraciju.

Razvoj tehnologija u ovoj oblasti je brz i neprekidan. Zbog toga je pri planiranju uvek dobro konsultovati eksperte o najboljim trenutno raspoloživim tehnologijama.

6.2.4. Virtuelna simulacija korišćenjem ABM alata

U odnosu na klasičan pristup energetskom planiranju, virtuelna simulacija korišćenjem ABM alata, predstavlja originalni doprinos FF GreEN projekta metodologiji energetskog planiranja.

⁷ Više informacija u PRIRUČNIKU ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI OBJEKATA (<https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/01/prirucnik-EE-FFgren-WEB.pdf>) i web stranici sa rezultatima radnog paketa 2 (WP2) i 4 (WP4) https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204

Razvoj ABM alata neizbežno podrazumeva identifikaciju i isticanje određenih delova realnosti, kako bi se fokus usmerio na najvažnije aspekte u odnosu na konkretnu svrhu modeliranja. U slučaju modeliranja tranzicije individualnog grejanja u domaćinstvima, potrebno je identifikovati i uključiti veliki broj aspekata individualnog grejanja. U FF GreEN algoritmu za planiranje lokalne energetske tranzicije, alat za simulaciju ponašanja domaćinstava karakterističan za lokalnu sredinu koja se analizira zasnovan na agentima (ABM) koji će simulirati ponašanje i potrošnju domaćinstava tokom analiziranog perioda se formira korišćenjem svih prethodno prikupljenih podataka (7.2.1 - 7.2.4). Alat uzima u obzir ključne tehničke aspekte korišćenja energije u domaćinstvima (tip objekta, tip grejnog sistema, korišćeni energent, i dr.), sve karakteristike analiziranih uređaja i sistema koji utiču na potrošnju energije u domaćinstvima, kao i sve netehničke aspekte ponašanja domaćinstava, njihovu heterogenost, različite preferencije i izbore, kao i društvenu interakciju tokom vremena.

ABM simulacija treba da odgovori na pitanje: „Kako će izgledati put energetske tranzicije u sektoru individualnog grejanja domaćinstava do 2050. godine?“ Glavni izlaz ovog simulacionog modela jeste projekcija strukture grejanja domaćinstava po tehnologijama, za različite tipove naselja, počev od bazne godine za koju su prikupljeni podaci, pa do 2050. godine. Na taj način, ABM model predstavlja „virtuelni svet“ – simulaciju u realnom vremenu energetske tranzicije domaćinstava tokom godina/decenija.

Dobijeni rezultati će se razlikovati u zavisnosti od karakteristika okruženja, a sa stanovišta ovog algoritma, ključnu karakteristiku čine različite mere i aktivnosti u okviru lokalne energetske politike. Ti rezultati koristiće se u „backcasting“ postupku, kako za formiranje inicijalnog sadržaja (mera i aktivnosti) energetske politike, tako i za modifikaciju prethodno predloženih politika kako bi se proces usmerio ka poželjnom budućem stanju celokupnog sistema. Donosioci odluka moći će da vide očekivane višegodišnje (pa čak i višedecenijske) efekte u realnom vremenu, da razmotre i testiraju izmene i na kraju, izaberu optimalan scenario/putanju (prema odabranim kriterijumima) i povezane instrumente politike ili kombinacije politika. Pošto se novi alat može koristiti ne samo u fazi planiranja već i tokom implementacije mera i aktivnosti, on može značajno doprineti upravljanju energetskom tranzicijom domaćinstava.

6.2.5. Sprovođenje procesa participativnog planiranja zasnovanog na „backcastingu“

Prethodno navedene aktivnosti definišu ulazne veličine za sam proces energetskog planiranja u čijem je srcu proces participativnog „backcasinga“. Sam algoritam sprovođenja ovog postupka je detaljno prikazan u poglavlju 3.2.

Za uspešno sprovođenje participativnog planiranja zasnovanog na „backcastingu“ neophodno je na nivou lokalne samouprave uključiti što je moguće veći broj

zainteresovanih učesnika. Načelno, u procesu planiranja bi trebalo da uzme učešće što veći broj zainteresovanih strana i to:

zaposleni u lokalnoj samoupravi:

- energetski menadžer,
- zaposleni u gradskoj upravi koji se direktno ili indirektno bave energetski srodnim temama - zaštita životne sredine, stambena i socijalna pitanja, itd.,

predstavnici potrošača:

- upravnici stambenih zajednica,
- udruženja potrošača,
- nevladin sektor,

proizvođači i distributeri energije:

- sistem daljinskog grejanja,
- distribucija električne energije,
- distribucija prirodnog gasa),

komunalnih službi direktno ili indirektno vezanih za energetski sektor:

- vodovod i kanalizacija,
- gradska čistoće,
- urbanizam i izgradnja,

proizvođači i prodavaca opreme za korišćenje energije u domaćinstvima.

S obzirom da je energetska tranzicija deo društvenog razvoja u ovom procesu mora da bude mesta i za predstavnike obrazovnih institucija, organizacija civilnog društva i dr.

Poseban izazov u planiranju energetske tranzicije u sektoru domaćinstava jeste procena energetske potražnje i dinamike individualnih izbora u pogledu zamene postojećih sistema grejanja tokom narednih 30 godina. Uz to, postoje i lokalne specifičnosti povezane sa energetskom politikom, ekonomskim i demografskim trendovima, trendovima u stambenoj izgradnji, stopama energetske sanacije stambenih objekata, tehnološkim razvojem i ekološkim pitanjima.

Specifičnost FF GreEN participativnog „backcasting“-a je i što obezbeđuje da svi učesnici u procesu imaju podršku u smislu primene alata klasičnog energetskog modeliranja (LEAP-a) za kreiranje energetskih scenarija koji se razmatraju. LEAP omogućava energetsko modeliranje različitih nivoa složenosti i može se prilagoditi u skladu sa obimom dostupnih podataka. U ovom slučaju izabran je za modeliranje tranzicije individualnog grejanja iz više razloga:

- softver je besplatan za korišćenje u edukativne svrhe (uz registraciju);
- najčešće se koristi za izradu studija u vremenskim intervalima od 20 do 50 godina;
- fleksibilan je i omogućava izradu modela na osnovu različitih setova podataka;
- omogućava definisanje alternativnih scenarija, poređenje po intenzitetu energije, emisijama ili drugim indikatorima.

Još jedna prednost LEAP a je relativno nizak nivo početnih zahteva za podacima. Mnogi energetske modeli zasnivaju se na specifičnim, često kompleksnim algoritmima i zato mogu biti nefleksibilni, a izrada ulaznih podataka zahteva visok nivo stručnosti i snažnu podršku zvanične statistike. Nasuprot tome, veliki broj parametara u LEAP u je opcioni, pa stoga početni zahtevi mogu biti znatno niži i zasnovani na jednostavnoj obradi statističkih podataka.

Izračunavanje energetske potražnje najčešće se obavlja na godišnjem nivou, što je pogodno za praćenje transformacije strukture individualnog grejanja, koja se u ABM modelu prati sezonski, iz godine u godinu (od 2025. do 2050). Još jedna prednost integracije ABM a i LEAP a jeste jednostavna procedura prenosa podataka: NetLogo (korišćen za simulacije) omogućava izvoz podataka u XLS/XLSX formatu, a LEAP omogućava njihov direktan uvoz.

Za izradu dugoročnih projekcija energetske potražnje za grejanje u sektoru domaćinstava, vremenske serije o strukturi grejanja po tehnologijama i gorivima dobijene iz ABM a koriste se kao jedan od glavnih ulaza u energetske model. Ekspertsko znanje uključeno je u definisanje dodatnih pretpostavki, poput: razvoja elektroenergetskog sektora, projekcija buduće grejane površine, demografskih trendova, energetske efikasnosti različitih sistema grejanja, kalibracije potrošnje energije u domaćinstvima sa individualnim sistemima.

U Tabeli 6.2 prikazani su potrebni ulazni podaci za modeliranje energetske sistema u LEAP u.

Tabela 6.2: Ulazni podaci za energetske model

Ulazni parametri
Udeo domaćinstava po tehnologiji grejanja i po gorivu
Broj domaćinstava
Raspodela domaćinstava po tipovima objekata
Prosečna površina grejanog prostora i trend njenog rasta
Korisna energija za grejanje po domaćinstvu (kWh/m ² godišnje)
Efikasnost sistema grejanja

Kreiranje modela u LEAP u, prema predloženom pristupu, omogućava analizu različitih puteva energetske tranzicije, njihovu vizualizaciju i međusobno poređenje prema projekcijama energetske potražnje i emisijama GHG. Sektor domaćinstava, koji predstavlja predmet istraživanja, posmatra se u širem kontekstu razvoja celokupnog energetskeg sistema.

Dakle, na bazi raspoloživih podataka o lokalnim energetskeg sistemima, energetskeg bilansima iz prethodnog perioda, kao i podacima o domaćinstvima dobijenim iz zvaničnog popisa stanovništva i stanova i urađene ankete, formira se model energetskeg tokova na prostoru razmatrane lokalne sredine karakterističan za trenutno stanje. Tokom primene participativnog „backcasinga“ kreiraju se scenariji energetskeg razvoja koji služe da opišu učesnicima u procesu očekivane ishode koji obuhvataju pored energetskeg i finansijske, ekološke i druge aspekte razvoja. Za svaki od scenarija vezuje se i odgovarajući skup instrumenata energetske politike koji bi trebalo da ih prati. Na promišljanja zainteresovanih strana, ovi se scenariji i prateće energetske politike se modifikuju, sve dok se ne dođe do konsenzusa o scenariju koji se prepoznaje kao poželjan i potrebnim merama i aktivnostima koje je potrebno ostvariti na nivou lokalne zajednice da bi došlo do ostvarenja izabranog scenarija.



LITERATURA:

1. Bibri, S.E. (2018) Backcasting in futures studies: A synthesized scholarly and planning approach to strategic smart sustainable city development, *European Journal of Futures Research*, 6, 13.
2. Halbe, J. (2016) Governance of Transformations towards Sustainable Water, Food and Energy Supply Systems: Facilitating Sustainability Innovations through Multi-Level Learning Processes. PhD thesis. Osnabrück: Universität Osnabrück.
3. Pavlović, B. (2023) Modeliranje i simulacija energetske tranzicije u sektoru domaćinstava. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet.
4. Pavlović, B., Živković, M. and Ivezić, D. (2023) Integrated energy planning approach for accelerating energy transition of households, *Energy Reports*, 10, pp. 4641–4650. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.11.016>.
5. Pavlović, B., Ivezić, D. and Živković, M. (2022) Transition pathways of household heating in Serbia: Analysis based on an agent-based model, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 163, 112506. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112506>.
6. Pereverza, K., Pasichnyi, O. and Kordas, O. (2019) Modular participatory backcasting: A unifying framework for strategic planning in the heating sector, *Energy Policy*, 124, pp. 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.09.027>.
7. Pereverza, K., Pasichnyi, O., Lazarevic, D. and Kordas, O. (2017) Strategic planning for sustainable heating in cities: A morphological method for scenario development and selection, *Applied Energy*, 186, pp. 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.008>.
8. Tian, S., Lu, Y., Ge, X. and Zheng, Y. (2021) An agent-based modeling approach combined with deep learning method in simulating household energy consumption, *Journal of Building Engineering*, 43, 103210. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103210>.
9. Živković, M., Pereverza, K., Pasichnyi, O., Madžarević, A., Ivezić, D. and Kordas, O. (2016) Exploring scenarios for more sustainable heating: The case of Niš, Serbia, *Energy*, 115, pp. 1758–1770. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.06.034>.





7. STUDIJA SLUČAJA - GRAD VRANJE



Grad Vranje je lokalna samouprava koja je kao jedan od osnovnih razvojnih ciljeva usvojila unapređenje energetske efikasnosti i održivo korišćenje obnovljivih izvora energije, zaštitu i poboljšanje životne sredine. U gradskoj upravi je uspostavljen sistem energetske menadžmenta i energetske planiranje je uspostavljeno kao centralna tačka energetske tranzicije i prelazak lokalne energetike na zelene, klimatski otporne, socijalno inkluzivne i ekonomski održive energetske sisteme.

Grad Vranje raspolaže većim brojem strateških i planskih dokumenata iz oblasti energije, energetske efikasnosti i zaštite životne sredine:

- Strategija održivog razvoja Grada Vranja za period 2010 - 2020,
- Plan razvoja Grada Vranja za period 2021 - 2030. godine,
- Program energetske efikasnosti Grada Vranja za period 2021. - 2024. god,
- Plan energetske efikasnosti za period 2021 - 2022. godine,
- Prostorni plan Grada Vranja,
- SECAP - Akcioni plan za održivu energiju i klimu za Vranje.

Ovim dokumentima prioritet je stavljen na energetske sanacije objekata, modernizaciju i zamenu individualnih ložišta i korišćenje obnovljivih izvora energije.

U projekat FF GreEN, grad Vranje je ušao motivisan željom da olakša ostvarenje ciljeva zacrtanih u strateškim dokumentima i ubrza energetske tranziciju u sektoru domaćinstava, a sve to, pre svega zbog smanjenja lokalnog zagađenja vazduha. Merenje emisije suspendovanih PM10 čestica, koje se vrši od sredine 2024. godine, pokazalo je značajna prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti tokom grejne sezone u područjima grada u kojima se za potrebe grejanja dominantno koriste individualna ložišta.

Učešće grada Vranje u projektu FF GreEN je formalizovano potpisivanjem Sporazuma o saradnji kojim je predviđeno da se kroz realizaciju projekta unaprede kapaciteta Grada u oblasti energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije i jača svest građana o značaju održivog razvoja. Konkretan rezultat je pripremljena Mapa puta energetske tranzicije domaćinstava u Vranju do 2050. godine.

7.1. PREGLED I ANALIZA TRENUTNOG STANJA

Podaci o godišnjoj potrošnji energije za grejanje u domaćinstvima u Vranju nisu dostupni. Za potrebe sprovođenja procesa energetske planiranja i primene metodologije koja se oslanja na backcasting i izradu energetske modele i scenarija, potrebno je raspolagati podacima o potrošnji i strukturi potrošnje energije u baznoj (početnoj) godini. Ovakav podatak je ključan za opis i analizu trenutnog stanja. Takođe poznavanje potrošnje energije je i osnova za procenu i analizu efekata primene određenih mera u budućnosti, jer predstavlja početnu tačku na putu transformacije energetske sistema.



U okviru Popisa stanovništva koji je sproveden u Republici Srbiji u toku 2022. godine prikupljeni su podaci o broju i strukturi stanova koji imaju individualne sisteme za snabdevanje toplotnom energijom (stanovi sa etažnim grejanjem i stanovi bez instalacija za centralno grejanje). Struktura stanova koji nisu priključeni na sistem daljinskog grejanja u Vranju, prema vrsti instalacija i korišćenom gorivu/energentu prikazana je u tabelama 1 i 2.

Tabela 7.1: Stanovi sa etažnim grejanjem⁸

	Ukupno	Ugalj	Drvena biogoriva	Mazut i ulje za loženje	Plinsko/gasno gorivo	Električna energije	Druga vrsta energije	Nepoznato
Gradsko naselje	7591	94	6630	36	13	765	5	48
Ostalo	1155	11	1127	1	-	12	-	4

Tabela 7.2: Stanovi bez instalacija za centralno grejanje⁹

	Ukupno	Ugalj	Drvena biogoriva	Mazut i ulje za loženje	Plinsko/gasno gorivo	Električna energije	Druga vrsta energije	Nepoznato
Gradsko naselje	9340	32	7899	4	30	1179	6	190
Ostalo	4658	36	4474	-	2	36	1	109

Prema podacima Udruženja toplana Srbije, u toku 2023. godine na sistem daljinskog grejanja u Vranju bilo je priključeno 1433 domaćinstva¹⁰.

Navedeni podaci iz Popisa stanovništva i Udruženje toplana Srbije korišćeni su kao set ulaznih podataka za model energetskog sistema Republike Srbije koji je izrađen u softverskom alatu LEAP (Low Emission Analyses Platform). Pretpostavljajući da karakteristične varijable (specifična godišnja korisna količina toplote, stepeni korisnosti uređaja) u Vranju odgovaraju prosečnim vrednostima na nivou države, rekonstruisan je bilans potrošnje energije za grejanje. Na osnovu energetskog modela za Vranje koji je postavljen u softverskom alatu LEAP, određena je finalna potrošnja energije za grejanje u gradskom naselju Grada Vranje

⁸ Popis 2022

⁹ Popis 2022

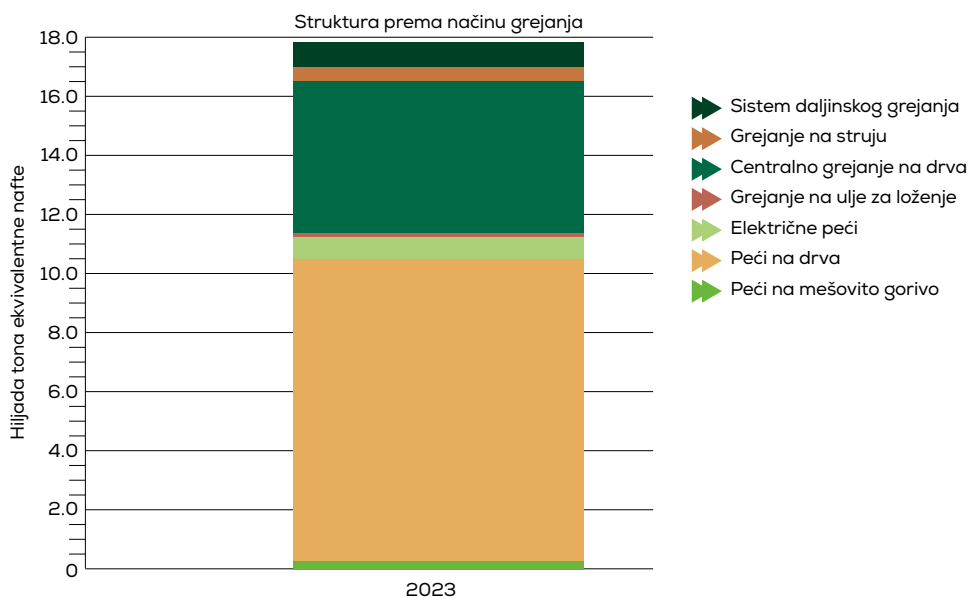
¹⁰ Izveštaj o radu Sistema daljinskog grejanja u Republici Srbiji za 2023. godinu, Udruženje toplana Srbije https://www.toplanesrbije.org.rs/uploads/ck_editor/files/Godisnji%20izvestaj%202023.pdf



u toku 2023. godine. Procenjena vrednost finalne potrošnje energije za grejanje u domaćinstvima u toku 2023. godine je 17.747,2 ten (tona ekvivalentne nafte). Struktura finalne potrošnje energije prema vrsti sistema za grejanje prikazana je na Slici 7.1.

Dobijeni podaci pokazuju da se dominantno korišćen način grejanja oslanja na korišćenje drvene biomase u individualnim pećima (57,1%). Drugi najviše korišćen način grejanja je korišćenje drvene biomase u etažnim sistemima (28,6%), dok je procenat domaćinstava koji se snabdevaju iz sistema daljinskog grejanja (4,5%) značajno manji od proseka u Republici Srbiji.

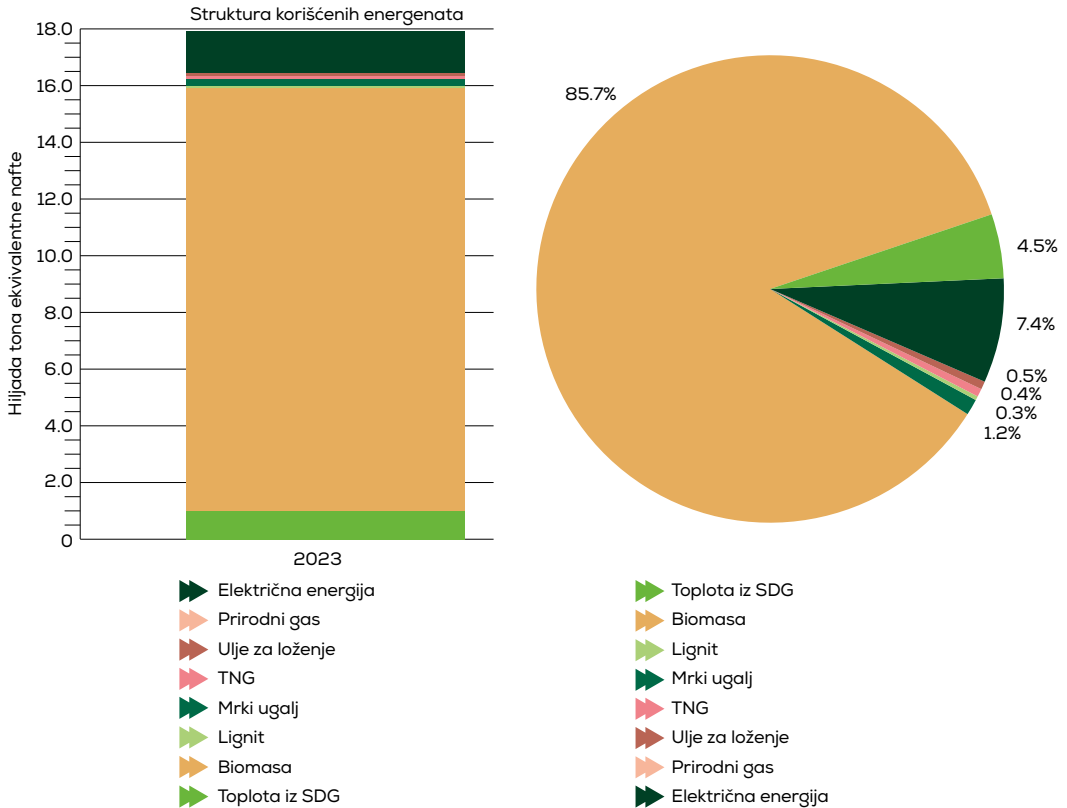
Finalna potrošnja energije za grejanje u vranju



Slika 7.1: Struktura finalne potrošnje energije za grejanje prema vrsti sistema

Struktura finalne potrošnje energije za grejanje prema vrsti korišćenog energenta prikazana je na Slici 7.2.

Finalna potrošnja energija za grejanje u vranju / Final Energy Demand



Slika 7.2: Struktura korišćenih energenata za grejanje

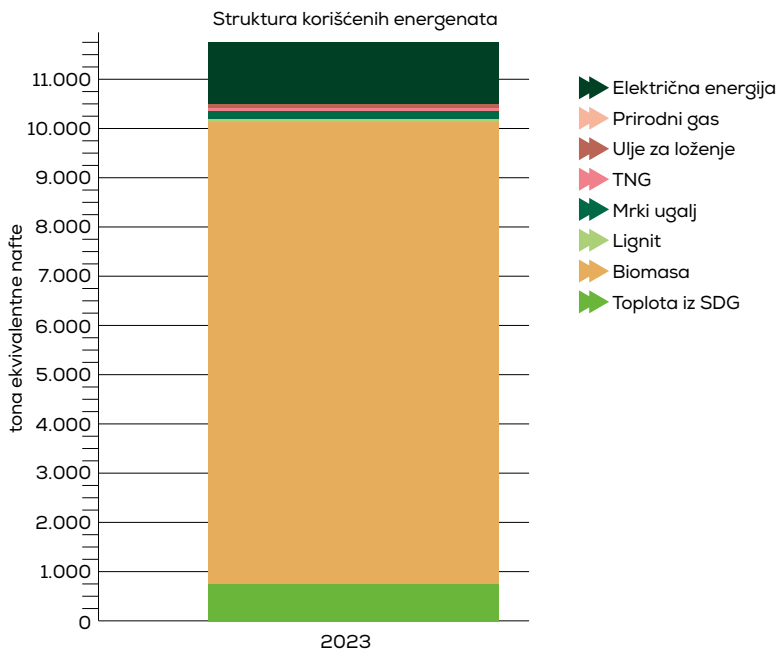
Zaključci analize trenutnog stanja, vezano za strukturu energenata koji se koriste za grejanje, jesu sledeći:

- Veliki udeo korišćenja ogrevnog drveta - obnovljivi izvor energije,
- Jedini korišćeni OIE je drvena biomasa,
- Malo učešće fosilnih goriva,
- Zanemarljivo učešće uvoznih energenata,
- Prirodni gas nije dostupan, ne postoji izgrađena infrastruktura za snabdevanje,
- Energetska nezavisnost,
- Izuzev električne energije i toplotne energije dostavljene iz sistema daljinskog grejanja, sva energija za grejanje dobija se sagorevanjem na mestu potrošnje u individualnim pećima i ložištima.

Prosečna godišnja potrošnja energije za grejanje u Vranju iznosi 0.955 ten/stambenoj jedinici, što odgovara podacima navedenim u Izveštaju za Srbiju prikazanom u „The ODYSSEE-MURE“¹¹ projektu. U toku 2023. godine prosečna specifična potrošnja finalne energije za grejanje iznosila je 140,9 kWh/m². Ova količina energije obuhvata korisnu energiju, kao i gubitke nastale na mestu potrošnje.

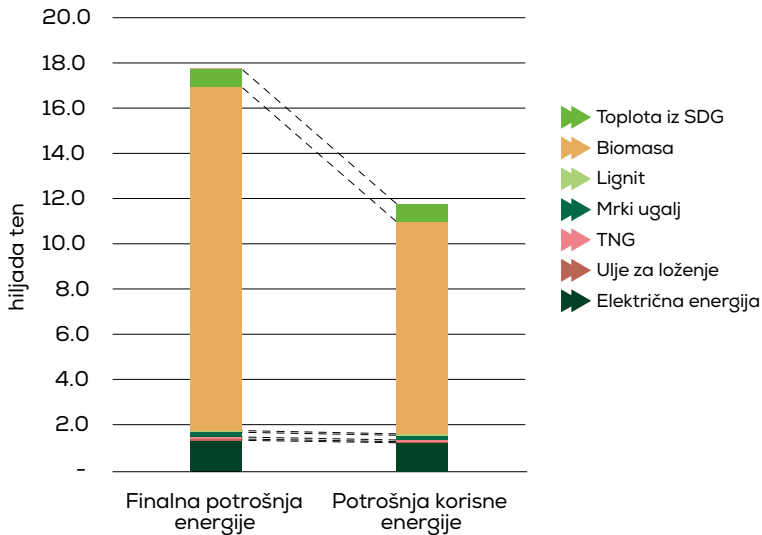
U toku 2023. godine utrošena količina korisne toplote za grejanje iznosila je 11.773,9 ten (Slika 7.3), dok je procenjena specifična godišnja korisna količina toplote za grejanje iznosila 80,3kWh/m². Razlika između finalne i korisne potrošnje energije za grejanje predstavlja gubitke u uređajima za transformaciju energije kod potrošača od kojih su najveći gubici u dimnim gasovima. U toku 2023. godine gubici na mestu potrošnje iznosili su 5.973,2 ten (Slika 7.4). Dominantni gubici nastaju u pećima i kotlovima za sagorevanje drvene biomase zbog niske efikasnosti peći. Zaključak je da gubici finalne energije u toku transformacije kod krajnjih potrošača iznose oko 37,7% uložene energije za grejanje.

Korisna energija za grejanje



Slika 7.3: Korisna količina toplote utrošena za grejanje

¹¹ <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/serbia-country-profile-english.pdf>



Slika 7.4: Gubici energije u na mestu potrošnje (razlika finalne i korisne energije)

Dominantno korišćenje drvene biomase je u direktnoj vezi sa godišnjim troškovima grejanja u toku grejne sezone. Podaci o troškovima grejanja za prosečan stan u Srbiji prikazani su u Tabeli 7.3.

Tabela 7.3: Godišnji trošak za grejanje prosečne stambene jedinice u Srbiji ¹²

Energent	Efikasnost peći (%)	Godišnja količina	Jedinica	Jedinična cena	Godišnji trošak (din.)
Drvo (jeftinije $\eta = 65\%$)	65	8,2	m ³	6.429 din/m ³	53.000
Drvo (cepanice, $\eta = 55\%$)	55	9,7	m ³	8.800 din/m ³	85.700
Pelet	80	2,5	t	25.715 din/t	65.100
Ugalj Vreoci sušeni	55	3,4	t	22.000 din/t	75.300
Ugalj Banovići	55	3,2	t	24.000 din/t	77.700
Prirodni gas	90	11079	kWh	5,4 din/kWh	59.500

¹² https://www.aers.rs/media/g/vesti/file/Dokumenti/2024-10-11_grejanje-cene-okt_2024.pdf

Energent	Efikasnost peći (%)	Godišnja količina	Jedinica	Jedinična cena	Godišnji trošak (din.)
Propan butan	85	829	kg	199,6 din/kg	165.400
Lož ulje	80	1149	l	119,1 din/l	136.800
El. en. TA (punjenje samo noću)	91	9900	kWh	–	81.700
El. en. TA (dopunsko danju)	93	9720	kWh	–	113.600
El. en. – grejna tela i kotlovi	100	9000	kWh	–	198.800

Zaključci vezani za transformaciju energije kod krajnjih potrošača su sledeći:

- Veliki gubici u transformaciji finalne energije kod potrošača (37,7%),
- Ogroman udeo procesa sagorevanja na mestu potrošnje 88,15% dominantno drvena biomasa,
- Izabranim sistemima odgovara najniža godišnja cena grejanja.

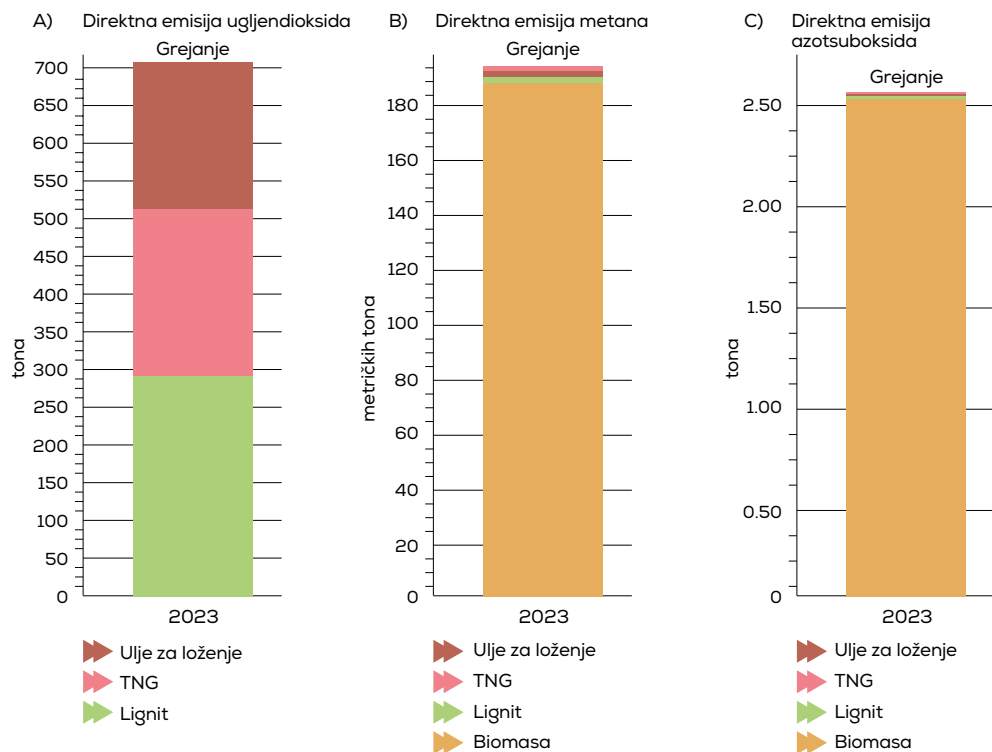
7.1.1. Ekološki efekti grejanja u Gradu Vranju

Direktna emisija GHG gasova

Na osnovu izrađenog bilansa potrošnje energije za grejanje u Vranju u softverskom alatu LEAP, može se odrediti direktna godišnja emisija gasova sa efektom staklene bašte.

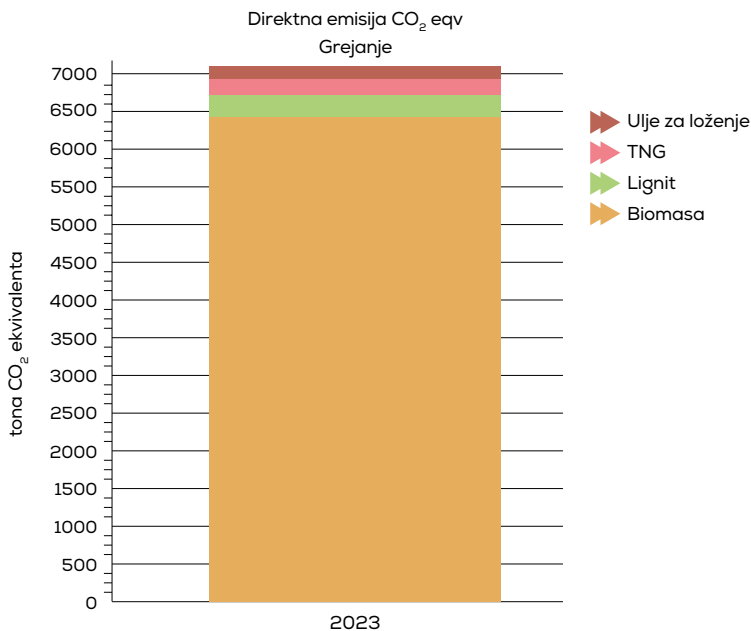


Direktna emisija ugljendioksida iznosi 703,7t (Slika 7.5a), metana 192t (Slika 7.5b), azotsuboksida 2,6t (Slika 7.5c). Emisija ugljendioksida je očekivano veoma mala zahvaljujući veoma velikom udelu drvne biomase u energetskeom miksu. Drvna biomasa je ipak dominantni izvor emisije metana i azot subdioksida.



Slika 7.5: Direktna emisija GHG gasova u toku 2023. godine-grejanje
a) ugljendioksid, b) metan, c) azotsuboksid

Na osnovu globalnog potencijala zagrevanja, određena je emisija CO₂ ekvivalenta na mestu potrošnje od 7.141,9t. Dominantni doprinos navedenoj emisiji potiče od metana koji je posledica sagorevanja drvnih goriva (Slika 7.6).

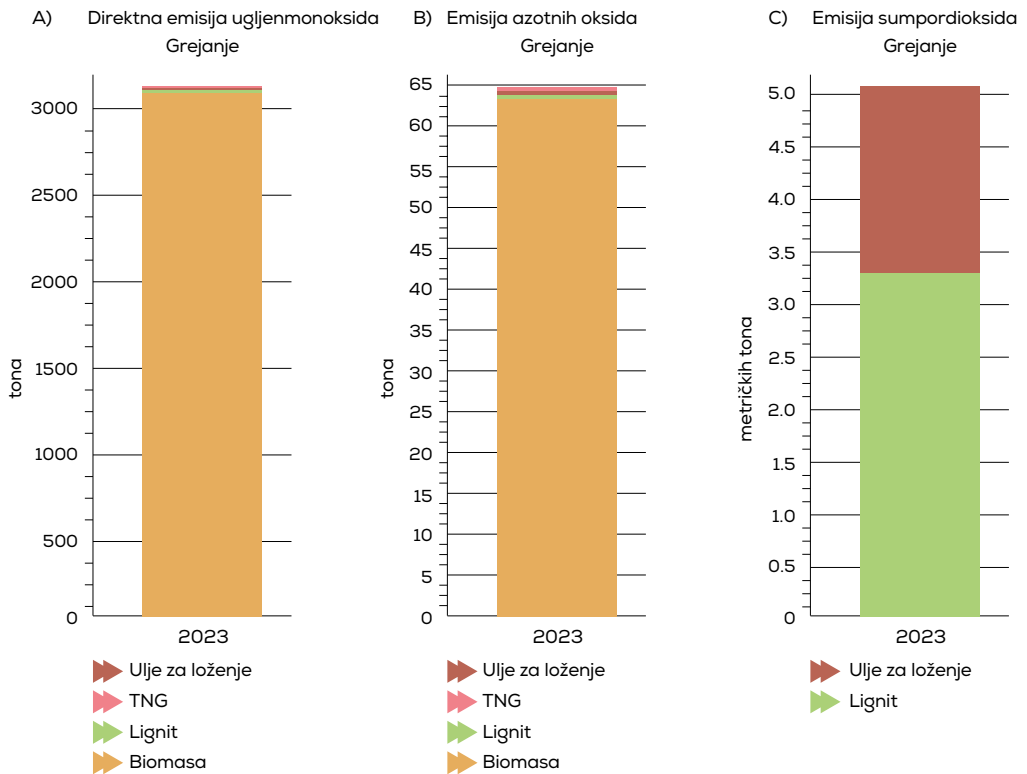


Slika 7.6: Poreklo emisije CO₂ eqv

Emisija ostalih zagađujućih materija u vazduh

Na osnovu rekonstruisanog bilansa finalne potrošnje energije, korišćenjem emisijonih faktora, procenjena je godišnja emisija zagađujućih materija u vazduh za ugljenmonoksid, azotne okside i sumpordioksid. Navedene materije su dominantni polutanti i najviše doprinose lokalnom zagađenju vazduha.

Procenjena godišnja emisija ugljenmonoksida je 3.190,5t (Slika 7.7a), azotnih oksida 64,5t (Slika 7.7b), sumpordioksida 5,2 t (Slika 7.7c). Emisija ugljenmonoksida i azotnih oksida potiče dominantno od sagorevanja ogrevnog drveta, dok su osnovni izvor emisije sumpordioksida sagorevanje uglja i derivate nafte.



Slika 7.7: Struktura emisije zagađujućih materija u vazduh kao posledica grejanja

Zaključci pregleda trenutnog stanja vezano za emisije zagađujućih materija su:

- Mala emisija ugljendioksida kao posledica grejanja domaćinstava,
- Velika godišnja emisija polutanata: ugljenmonoksida i azotnih oksida,
- Dominantan izvor emisije polutanata je sagorevanje drvene biomase.

7.1.2. Sistem daljinskog grejanja u Vranju

Delatnost proizvodnje i distribucije toplotne energije u Vranju obavlja Javno preduzeće „Novi dom“. Pored ove delatnosti, JP „Novi dom“ se bavi i održavanjem stambenih zgrada i poslovnih prostorija. Preduzeće se u potpunosti finansira iz sopstvenih sredstava, najvećim delom (oko 85%) od pruženih usluga grejanja poslovnog i stambenog prostora.

U 2025. godini, na sistemu daljinskog grejanja (SDG) u Vranju je bilo 1.552 domaćinstava sa ukupnom površinom od 89.273 m², odnosno oko 9% od ukupnog broja domaćinstava na gradskom području grada Vranja. Pored toga, na sistemu daljinskog grejanja je i 178 korisnika iz kategorije poslovni prostor sa površinom od

130.195 m². U Tabeli 7.4 prikazana je promena konzuma u periodu 2020-2025. godina. Specifična potrošnja energije za grejanje kod potrošača na SDG u 2024. godini je iznosila¹³ 163,17 kWh/m².

Individualno merenje potrošnje i naplata prema izmerenoj vrednosti prisutno je samo u 9 zgrada sa 206 stanova čija je ukupna površina 12.680 m².

Tabela 7.4: Korisnici SDG u Vranju i meteorološke karakteristike u periodu 2020-2025. god.¹⁴

Godina	Domaćinstva na SDG	Poslovni prostor na SDG	Grejna površina domaćinstva	Grejna površina poslovni prostor	Instalirana snaga grejnih tela - domaćinstva	Instalirana snaga grejnih tela - poslovni prostor	Ukupna grejna površina	Ukupna instalirana snaga konzuma	Prosečna temperatura u grejnom periodu	Broj dana u grejnom periodu
	Br.	Br.								
2020.	1258	164	69.350	97.469	10	27	166.819	37	6	196
2021.	1258	181	65.706	101.362	10	27	167.068	37	6	196
2022.	1258	188	65.706	105.662	11	29	171.368	40	6	196
2023.	1433	190	67.010	112.064	11	29	179.074	40	6,0	195
2024.	1580	191	73.852	114.338	11	29	188.191	40	6,0	195
2025.	1552	178	89.273	130.195	11	29	216.469	40	5,6	192

Sistem daljinskog grejanja u Vranju u ranijem periodu nije imao centralnu toplanu, već se proizvodnja i distribucija toplotne energije vršila preko više blokovskih kotlarnica u gradu¹⁵. Međutim, od januara 2025. godine, u proizvodnji toplotne energije, putem javno-privatnog partnerstva, učestvuje i privatni partner (Construction Biomass VR DOO).

13 Poslovno udruženja „Toplane Srbije”, Izveštaj o radu sistema daljinskog sistema u Srbiji za 2024. godinu, Šabac, 2025. https://www.toplanesrbije.org.rs/uploads/ck_editor/files/Godisnji%20izvestaj%202024.pdf

14 Za period 2020-2024. podaci preuzeti iz Izveštaja o radu sistema daljinskog sistema u Srbiji sa sajta Poslovnog udruženja „Toplane Srbije” <https://www.toplanesrbije.org.rs/sr/informacije>; Za 2025. godinu podatke dostavio JP „Novi dom”.

15 „Program energetske efikasnosti grada Vranja za period od 2021. do 2024. godine”. Dokument je izrađen 2021. godine, a podaci se odnose na 2019. godinu.

Veći deo toplotne energije se sada kupuje od privatnog partnera. Centralna kotlarnica privatnog partnera se sastoji od 3 kotla na biomasu, ukupne snage 3 x 2 MW i jednog kotla na prirodni gas snage 10 MW. Pored toga, JP Novi Dom poseduje kotlarnicu na biomasu sa dva kotla, ukupne snage 2 x 2 MW. Ovi toplotni izvori, toplotnom energijom snabdeavaju glavne termoenergetske podstanice koje se nalaze na lokacijama prethodnih sedam blokovskih kotlarnica koje su koristile mazut.

Na jednoj lokaciji u gradu, u naselje Viktor Bubanji, sa grejnom površinom od 7.043 m², zbog udaljenosti od centralne kotlarnice, grejanje se i dalje vrši korišćenjem kotla na mazut snage 2,2 MW. U planu je i da se ovaj kotao zameni blokovskom kotlarnicom na biomasu snage 2MW.

U Vranjskoj Banji, površina toplotnog konzuma iznosi 20.101 m², a toplotna energija se obezbeđuje iz geotermalnog izvora.

Potrošnja energenata u periodu od 2022. do 2025. godine prikazana je Tabeli 7.5.

Tabela 7.5: Potrošnja energenata u SDG ¹⁶

Godina	Mazut (t)	Drvena sečka (t)*	Kupljena energija (MWh)	
			Sečka	Prirodni gas
2022.	2.344	2.000	-	-
2023.	2.342	4.000	-	-
2024.	2.192	4.000	-	-
2025.	211	2.000	14.934	5.938

* Hd=8.100 kJ/kg

Dužina toplovodne distributivne mreže iznosi 7 km, a njena prosečna starost je 20 godina. Oko 70% mreže čine predizolovane cevi, a prosečni toplotni gubici u mreži iznose oko 10%¹⁷.

U sistemu se nalazi 51 toplotno predajna stanica (TPS), a od tog broja 42 su locirane u stambenim zgradama. Najveći broj (40) TPS je snage u opsegu 100-500 kW, 6 je u opsegu 30-100 kW, a 5 TPS ima snagu veću od 500 kW. Prosečna starost TPS je 15 godina, regulacija rada je ručna, a samo u 10% TPS postoji merenje isporučene toplotne energije.¹⁸

¹⁶ Podatke dostavio JP „Novi dom“, Vranje

¹⁷ Poslovno udruženje „Toplane Srbije“, Izveštaj o radu sistema daljinskog sistema u Srbiji za 2024. godinu, Šabac, 2025. https://www.toplanesrbije.org.rs/uploads/ck_editor/files/Godisnji%20izvestaj%202024.pdf

¹⁸ Podatke dostavio JP „Novi dom“

Procenjeno je da je u toku 2023. godine domaćinstvima je isporučeno oko 9.300MWh, što bi odgovaralo specifičnoj potrošnji toplotne energije od oko 140kWh/m². Ovaj podatak je dobijen iz energetskegog modela za grad Vranje, a u skladu je sa podacima koji su prikazani u SECAP-u.

ANALIZA TRENUTNOG STANJA: MIŠLJENJE UČESNIKA RADIONICE (I RADIONICA, 23. DECEMBAR 2025. GODINE)



I GRUPA POSTOJEĆI SISTEMI (NAČIN GREJANJA) U VRANJU

PREDNOSTI

- Nezavisnost domaćinstava koja se greju na biomasu (ogrevno drvo) od poskupljenja i nestanka struje.
- Veliko učešće biomase u sistemu daljinskog grejanja i u individualnim ložištima kod domaćinstava.
- Određeni broj domaćinstava prelazi na pelet i toplotne pumpe, kao i na ugradnju solarnih elektrana.
- Projekat sufinansiranja mera energetske sanacije porodičnih kuća i stanova.

NEDOSTACI

- Mali broj domaćinstava priključenih na daljinsko grejanje.
- Neefikasni sistemi grejanja.
- Energetski neefikasni objekti.
- Zagađenje vazduha.
- Povećana vlažnost energenata (sečka, drvo...) zbog neadekvatnog skladištenja i neblagovremenog snabdevanja.





II GRUPA

PREDNOSTI

- Korišćenje sistema daljinskog grejanja na biomasu.
- Individualni sistemi na pelet.
- Postojanje dostupnih lokalnih drvnih resursa.
- Priklučenje svih javnih objekata na sistem daljinskog grejanja.
- Postojanje subvencija (energetska efikasnost).
- Veća informisanost građana o prednostima energetske sanacije – toplotne pumpe i solarni paneli.

NEDOSTACI

- Individualni sistemi na drva.
- Visoka cena modernih sistema grejanja.
- Nedovoljna priključenost na sistem daljinskog grejanja.
- Zagađenje.
- Kašnjenje sa nabavkom ogrevnog drveta za narednu sezonu (sirovo drvo).
- Nepostojanje gasifikacije.



III GRUPA

INDIVIDUALNO CENTRALNO GREJANJE NA ČVRSTO GORIVO

PREDNOSTI

- najjeftiniji vid grejanja, komforno rešenje

NEDOSTACI

- zagađenje zbog nekontrolisanog sagorevanja
- neophodan fizički rad
- neophodan prostor za skladištenje

INDIVIDUALNO CENTRALNO GREJANJE SA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

PREDNOSTI

- komforno rešenje
- lak način regulacije

NEDOSTACI

- visoka cena

INDIVIDUALNO CENTRALNO GREJANJE SA TOPLOTNIM PUMPAMA

PREDNOSTI

- komfor, mala potrošnja energije
- mogućnost kombinovanja sa solarnim elektranama (najefikasniji vid grejanja)
- mogućnost hlađenja

NEDOSTACI

- veliko početno ulaganje

DALJINSKO (vezano za kotlarnicu) – CENTRALNO GREJANJE (UGALJ, GAS)

PREDNOSTI

- nema skladišta i izbora ložišta (generator toplote)
- nema potrošnje električne energije – ne iziskuje dodatni finansijski trošak za domaćinstvo
- ne iziskuje fizičko angažovanje stanara domaćinstva
- kotlarnica je na sečku i gas, sa ugrađenim filterima na dimnjacima i ne emituje štetne materije

NEDOSTACI

- nedovoljno razvijena mreža do korisnika
- cena koja je malo iznad cene drugih energenata
- nemogućnost regulisanja nivoa temperature
- nedostatak noćnog grejanja

7.2. ANKETA DOMAĆINSTAVA

U cilju prikupljanja podataka o aspektima potrošnje energije u domaćinstvima koji su prepoznati kao značajni za proces energetske tranzicije, sprovedeno je anketiranje domaćinstava na teritoriji grada Vranja.

Jedinicu posmatranja, odnosno izvor podataka u okviru istraživanja, predstavljalo je svako domaćinstvo na teritoriji grada Vranja. Pod domaćinstvom se podrazumeva:

- a) zajednica lica čiji članovi zajedno stanuju, zajedno se hrane i troše ostvarene prihode;
- b) samac koji samostalno živi, samostalno se hrani i troši ostvarene prihode.

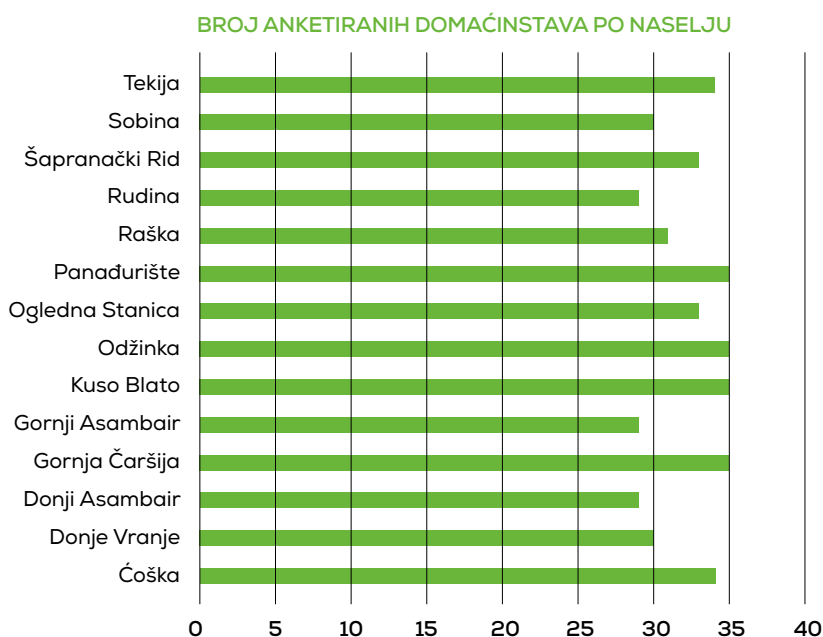
U istraživanju je primenjena metoda telefonskog intervjua uz korišćenje strukturisanog upitnika, kao i „online“ upitnika dostupnog preko platforme „Google Forms“¹⁹. Ispitanici su odgovarali na unapred definisana pitanja prema utvrde-

¹⁹ <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdfXFi-wpUohLhj-qTgvO1ky0NatAfHLj-7ftVlnZqYr35nxA/viewform>

nom redosledu. Upitnik je sadržao ukupno 25 pitanja, od čega su 23 pitanja bila zatvorenog tipa, sa ponuđenim odgovorima, dok su 2 pitanja bila otvorenog tipa i odnosila su se na godinu rođenja ispitanika i površinu stambenog prostora koji se greje.

Anketa je sprovedena u periodu od 24. marta do 26. aprila 2026. godine na teritoriji grada Vranja, odnosno u 14 naselja: Tekija, Sobina, Šapranački Rid, Rudina, Raška, Panadžurište, Ogledna Stanica, Odžinka, Kuso Blato, Gornji Asambair, Gornja Čaršija, Donji Asambair, Donje Vranje i Čoška.

Ukupno su prikupljene 452 validne ankete. Kako bi naselja bila približno proporcionalno zastupljena u uzorku, težilo se prikupljanju sličnog broja odgovora iz svakog naselja, pa je na kraju broj prikupljenih anketa po naselju iznosio između 29 i 35 (Slika 7.8).



Slika 7.8: Broj prikupljenih anketa po naseljima grada Vranja

Kada je u pitanju broj ispitanika u istraživanjima iz oblasti energetike, ne postoji univerzalno definisano pravilo o minimalnoj veličini uzorka. Veličina uzorka prvenstveno zavisi od prihvatljive margine greške i odabranog intervala pouzdanosti. Za interval pouzdanosti od 95% i na osnovu broja anketiranih domaćinstava, moguće je odrediti marginu greške istraživanja²⁰:

$$e = z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

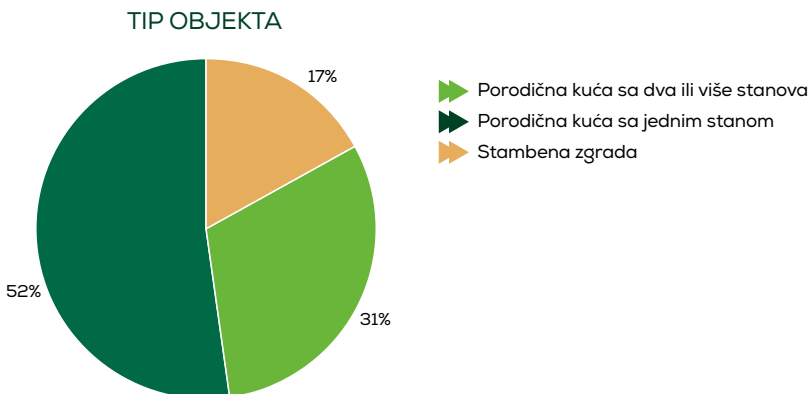
²⁰ <https://www.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/>

gde je:

- e** - margina greške;
- z** - vrednost koja je u relaciji sa intervalom pouzdanosti (za interval pouzdanosti 95%, z-vrednost je $z = 1,96$);
- σ** - standardna greška ($\sigma = 0,5$);
- n** - veličina uzorka ($n = 452$).

Na osnovu navedenih vrednosti za tražene parametre, utvrđeno je da je margina greške $e = 0.0461$ (4,61%). Margina greške pokazuje koliko je uzorak precizan u proceni stvarnog stanja u populaciji i pokazuje kolika je neizvesnost ili varijabilnost prisutna u rezultatima istraživanja. Drugim rečima, dobijena margina greške od 4,61% ukazuje da postoji 95% verovatnoće (interval pouzdanosti od 95%) da će pravi rezultat (npr. procenat domaćinstava sa određenom karakteristikom) biti unutar +/- 4,61% od vrednosti dobijene iz uzorka.

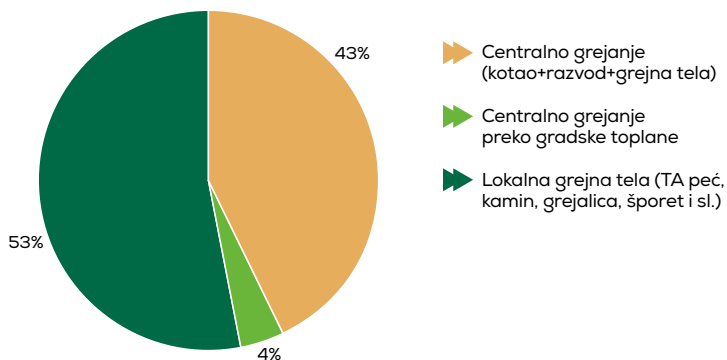
Rezultati ankete koji opisuju sisteme grejanja prikazani su na slikama 7.9 – 7.14. Na Slici 7.9 prikazana je struktura objekata u sektoru domaćinstva u Vranju. Dominiraju porodične kuće sa jednim stanom, slede porodične kuće sa više stanova, dok najmanji broj domaćinstava živi u stambenim zgradama.



Slika 7.9: Struktura objekata u sektoru domaćinstva

Lokalna grejna tela (TA peć, peć, šporet, kamin) za grejanje prostora koristi 53% domaćinstava, lokalni centralni sistem poseduje 43%, dok je najmanji broj domaćinstava priključen na centralizovan sistem snabdevanja preko gradske toplane (Slika 7.10).

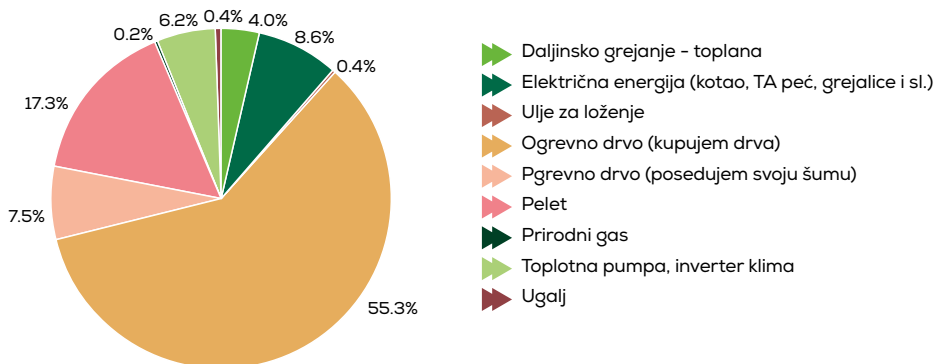
KONFIGURACIJA SISTEMA GREJANJA



Slika 7.10: Postojeći sistemi grejanja prema konfiguraciji Sistema

Drvena biomasa (drvo i pelet) za grejanje koristi 80,1% domaćinstava, udeo uglja i derivate nafte je zanemarljiv (Slika 7.11). Značajan broj domaćinstava se greje korišćenjem električne energije (TA peći, kotlovi, grejalice) oko 8,6%, dok 6,2% koristi toplotne pumpe i inverter klima uređaje.

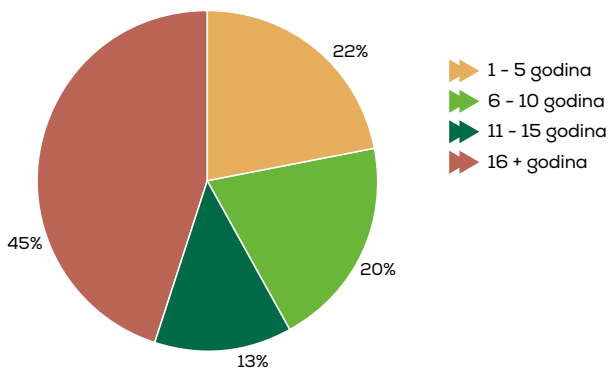
NAČIN GREJANJA



Slika 7.11: Struktura korišćenih energenata za grejanje

Pri planiranju energetske tranzicije značajan podatak predstavlja i starost sistema grejanja. Malo je očekivano da će domaćinstva ponovo investirati u sistem grejanja ukoliko su to već učinili u bliskom prošlom periodu. Najveći broj sistema grejanja je stariji od 16 godina, tj. nalaze se blizu kraja životnog veka (45%) (Slika 7.12). Novi sistemi (starosti 1-5 godina) čine 22% sistema i odnose se na grejanje kotlovima na pelet ili toplotnim pumpama.

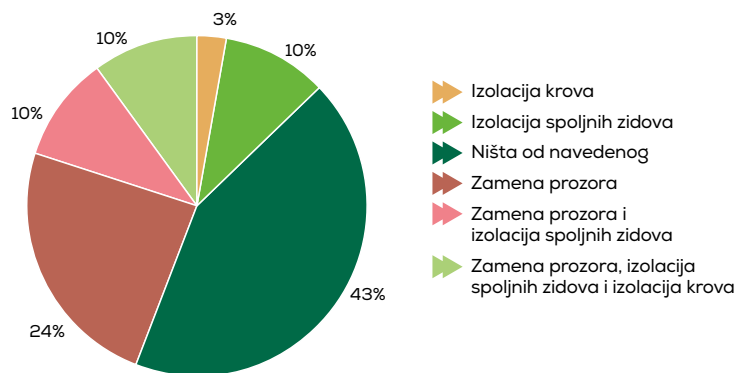
STAROST SISTEMA GREJANJA U DOMAĆINSTVIMA



Slika 7.12: Starost sistema grejanja u domaćinstvima

Rezultati ankete pokazuju da je većina domaćinstava ulagala u mere energetske efikasnosti na omotaču objekta i to najviše u zamenu prozora (24%), zamenu prozora i izolaciju spoljnih zidova (10%) izolaciju spoljnih zidova (10%) kompletnu sanaciju omotača (3%) (Slika 7.13) U unapređenje energetske efikasnosti objekata u poslednjih 10 godina nije investiralo 43% domaćinstava.

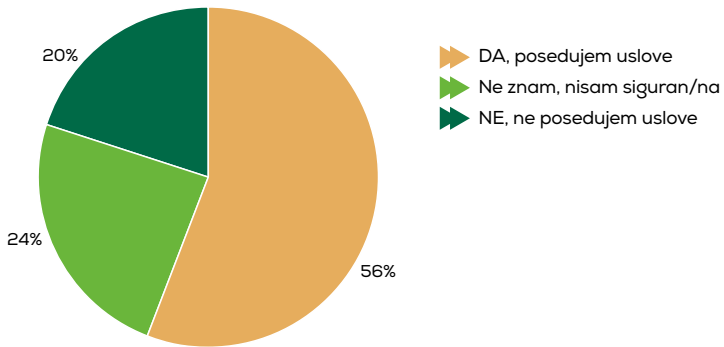
KOJE MERE ENERGETSKE EFIKASNOSTI STE SPROVELI U POSLEDNJIH 10 GODINA?



Slika 7.13: Primena mera energetske efikasnosti na omotaču objekta

Većina domaćinstava (56%) ima uslove za instaliranje solarnih panela na krov (Slika 7.14). Ovakav rezultat je u direktnoj vezi sa strukturom objekata domaćinstava u Vranju.

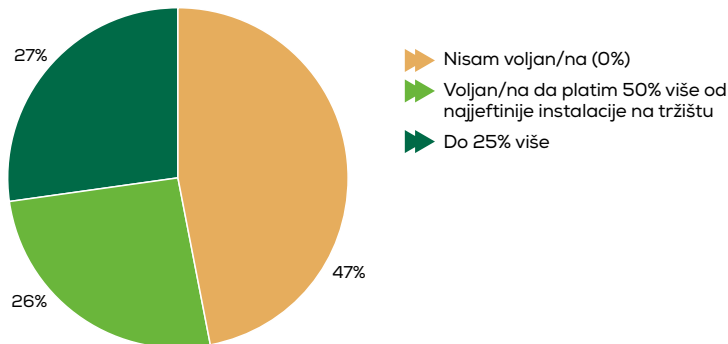
DA LI POSEDUJETE USLOVE ZA INSTALIRANJE SOLARNIH PANELA NA KROV?



Slika 7.14: Uslovi za instaliranje solarnih panela na krov

Kada je u pitanju izražena volja da se investira u modernije i efikasnije sisteme grejanja (kao što su toplotne pumpe) ili da se investira u povezivanje na gradsku toplanu, rezultati ankete pokazuju da najveći procenat domaćinstava nije voljan da investira (47%) (Slika 7.15).

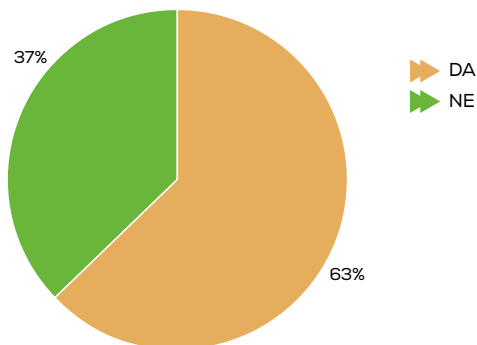
DA LI STE VOLJNI DA INVESTIRATE U MODERNIJI SISTEM GREJANJA?



Slika 7.15: Volja za investiranje u savremenije sisteme

Subvenciju za energetske sanacije objekta prihvatila bi većina domaćinstava (63%), dok ostatak ne bi prihvatio subvenciju u visini od 50% (Slika 7.16).

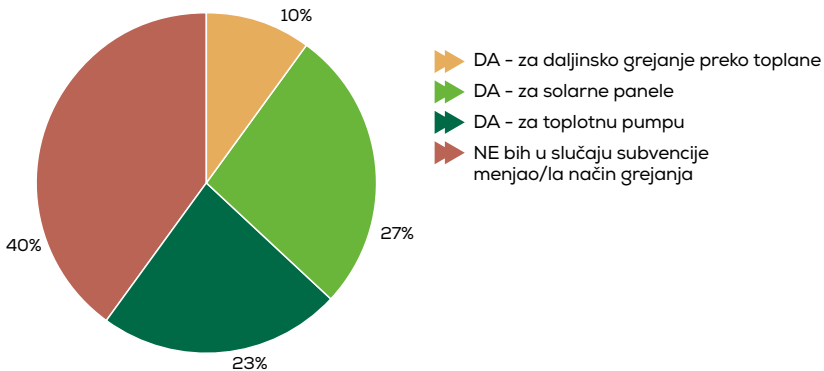
DA LI BISTE U SLUČAJU SUBVENCIJE OD 50% URADILI ENERGETSKU SANACIJU OBJEKTA?



Slika 7.16: Stavovi prema subvencijama za energetska sanaciju objekata

Na Slici 7.17 prikazani su stavovi prema subvencijama za zamenu sistema grejanja. Najveći procenat domaćinstava (40%) nije voljan da zameni postojeći sistem grejanja nu u slučaju subvencije od 50%. Najmanji procenat domaćinstava (10%) priključio bi se na sistem daljinskog grejanja uz subvenciju, dok bi ostatak investirao u toplotne pumpe ili solarne panele.

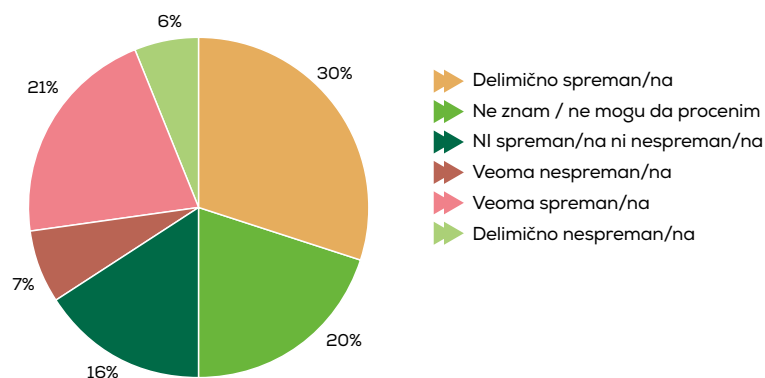
DA LI BISTE U SLUČAJU SUBVENCIJE OD 50% ODMAH ZAMENILI SISTEM GREJANJA?



Slika 7.17: Stavovi prema subvencijama za zamenu sistema grejanja

Rezultati ankete pokazuju da je većina stanovništva spremna ili delimično spremna da prihvati smanjenje životnog standarda (dodatne troškove) u cilju unapređenja životne sredine (Slika 7.18).

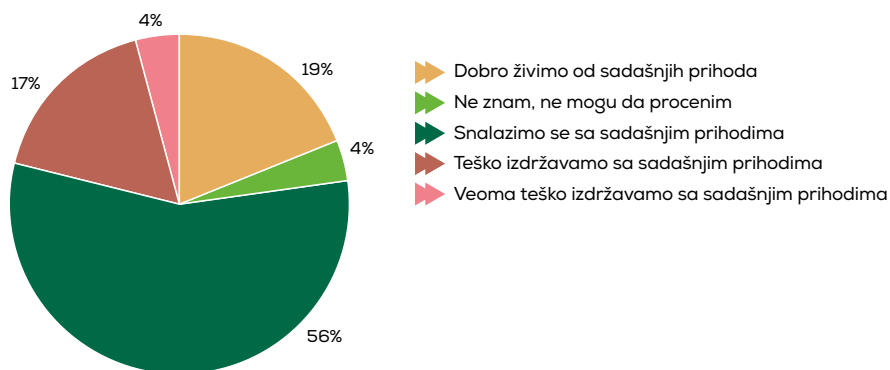
U KOJOJ MERI STE SPREMNI DA PRIHVATITE SMANJENJE ŽIVOTNOG STANDARDA KAKO BISTE DOPRINELI ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE?



Slika 7.18: Stavovi prema unapređenju stanja životne sredine

Unapređenje energetske efikasnosti, smanjenje uticaja na životnu sredinu i uvođenje savremenih sistema grejanja su u direktnoj vezi sa životnim standardom domaćinstava. Sa sadašnjim prihodima se snalazi 56% domaćinstava, dobro živi 19%, dok 17% teško izdržava (Slika 7.19).

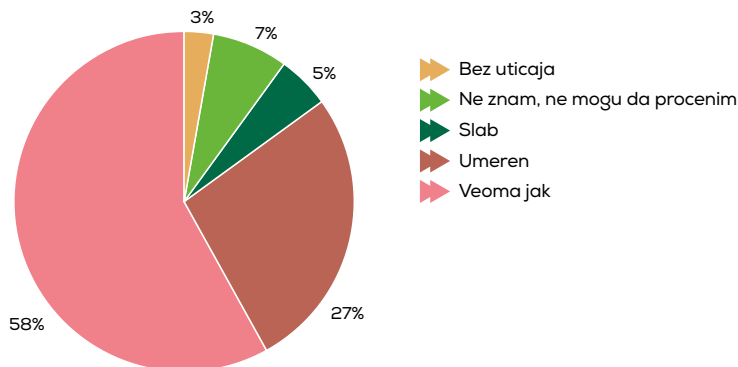
KOJA OD SLEDEĆIH KATEGORIJA JE NAJBLIŽA VAŠOJ PROCENI SADAŠNJIH PRIHODA VAŠEG DOMAĆINSTVA?



Slika 7.19: Životni standard stanovništva

Oko 85% domaćinstava je svesno uticaja stanja životne sredine na svakodnevni život (veoma jak uticaj 58% umeren uticaj 27%). Oko 8% domaćinstava smatra da stanje životne sredine ne utiče na njihov svakodnevni život (Slika 7.20).

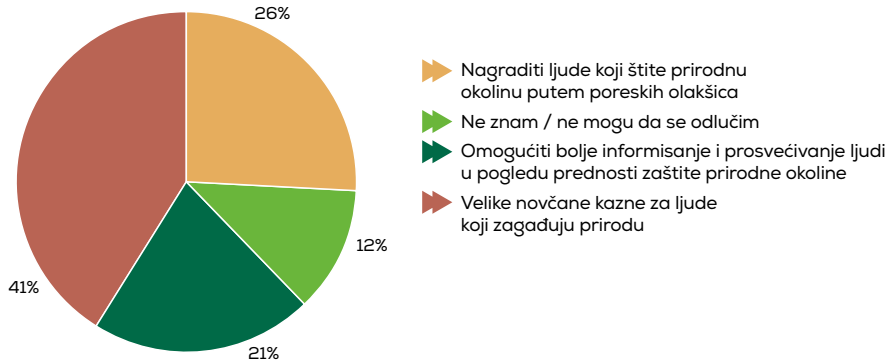
KOLIKI UTICAJ IMA ZAGAĐENJE ŽIVOTNE SREDINE NA VAŠ SVAKODNEVNI ŽIVOT I VAŠEG OKRUŽENJA



Slika 7.20: Percepcija uticaja zagađenja životne sredine

Najveći procenat domaćinstava (41%) smatra da se stanje životne sredine može unaprediti uvođenjem velikih novčanih kazni, dok 26% smatra da bi se veći efekat postigao nagrađivanjem (Slika 7.21).

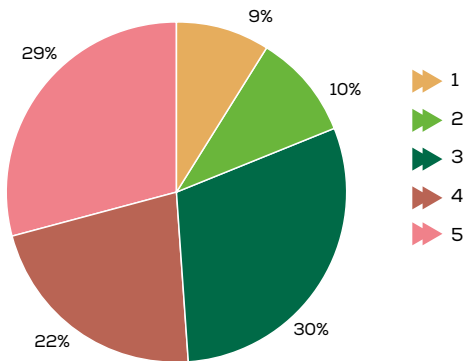
KOJI BI OD OVIH PRISTUPA BIO NAJBOLJI DA SE NAVEDU POJEDINCI I NJIHOVE PORODICE DA ŠTITE OKOLINU?



Slika 7.21: Mere koje treba uvesti u cilju poboljšanja stanja životne sredine

Više od polovine domaćinstava ima poverenje u lokalnu samoupravu (29%+22%), dok poverenja nema 19% domaćinstava (Slika 7.22).

KOLIKO IMATE POVERENJE U LOKALNU SAMOUPRAVU (1 - NEMAM POVERENJE, 5 - APSOLUTNO IMAM POVERENJE)



Slika 7.22: Poverenje u lokalnu samoupravu

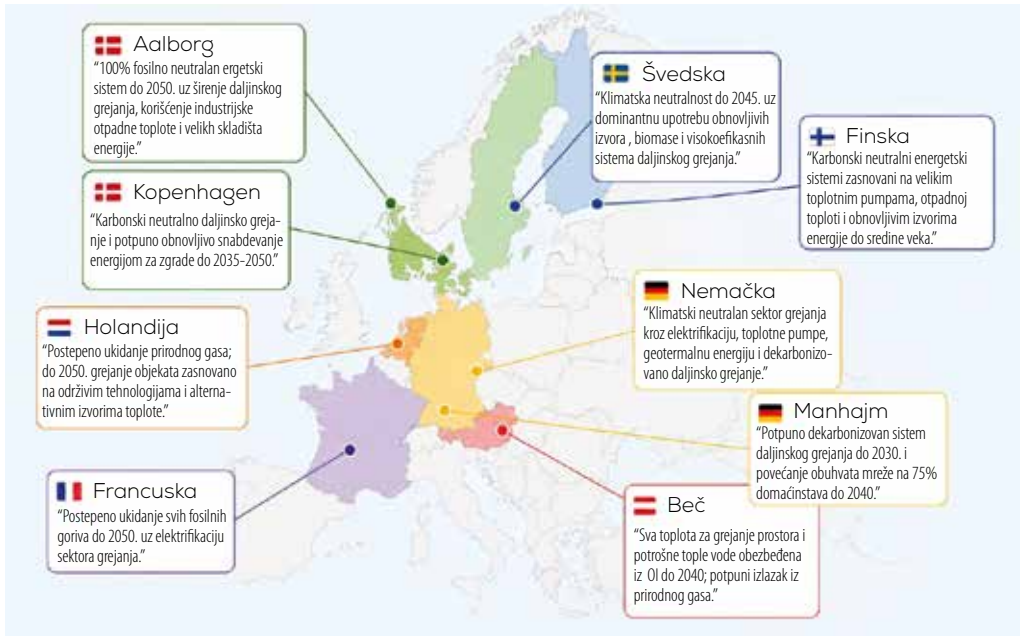
Deo rezultata dobijenih anketom, koji odgovara metodološkom okviru ABM alata, iskorišćen je za definisanje ulaznih parametara modela i inicijalizaciju karakteristika domaćinstava kao agenata u simulaciji.

7.3. FORMULACIJA VIZIJE

Iako se vizije budućeg razvoja sistema grejanja mogu razlikovati po načinu formulacije i prioritetima koje ističu, one se u suštini zasnivaju na tri ključna principa. Pre svega, sistem grejanja treba da obezbedi odgovarajući nivo termičke ugodnosti i na taj način zadovolji potrebe korisnika. Istovremeno, troškovi grejanja moraju biti prihvatljivi i usklađeni sa finansijskim mogućnostima domaćinstava. Konačno, funkcionisanje sistema treba da bude zasnovano na rešenjima koja minimizuju negativne uticaje na životnu sredinu.



Primeri različitih formulacija vizija razvoja sistema grejanja u urbanim sredinama prikazani su na slici 7.23.



Slika 7.23: Primeri različitih formulacije vizija razvoja sistema grejanja

Na Prvoj kreativnoj radionici, kroz zajednički rad i usaglašavanje stavova predstavnika svih relevantnih zainteresovanih strana, definisana je i usvojena vizija razvoja sistema grejanja grada Vranja do 2050. godine. Usvojena vizija glasi:

Efikasno, ugodno grejanje sa emisijom zagađujućih materija u okviru dozvoljenih granica zagađenja vazduha.

Ostvarenje vizije podrazumeva transformaciju postojećeg sistema, stavljajući u fokus nedostatke i slabosti koji su utvrđeni analizom trenutnog stanja.

7.4. OPCIJE RAZVOJA SISTEMA GREJANJA U VRANJU: RAZLIČITI PUTEVI DO ŽELJENOG BUDUĆEG STANJA

Istraživanje budućnosti – Šta ako?

Transformacija odnosno tranzicija sistema grejanja domaćinstava u Vranju može se sprovesti na više načina. Opcije mogućeg razvoja, koje bi dovele do transformacije sistema grejanja, dobijene su kao rezultat rada na Prvoj radionici, i obuhvataju sledeće (Slika 7.24):

1. Smanjenje potrebne količine energije za grejanje - energetska sanacija objekata,
2. Širenje sistema daljinskog grejanja - povećanje broja korisnika kojima se isporučuje toplotna energija
3. Promena strukture korišćenih obnovljivih izvora energije - uvođenje opcija obezbeđenja toplotne energije za grejanje bez sagorevanja.
4. Primena toplotnih pumpi za grejanje
5. Upravljanje potrošnjom i korišćenje inovativnih rešenja.

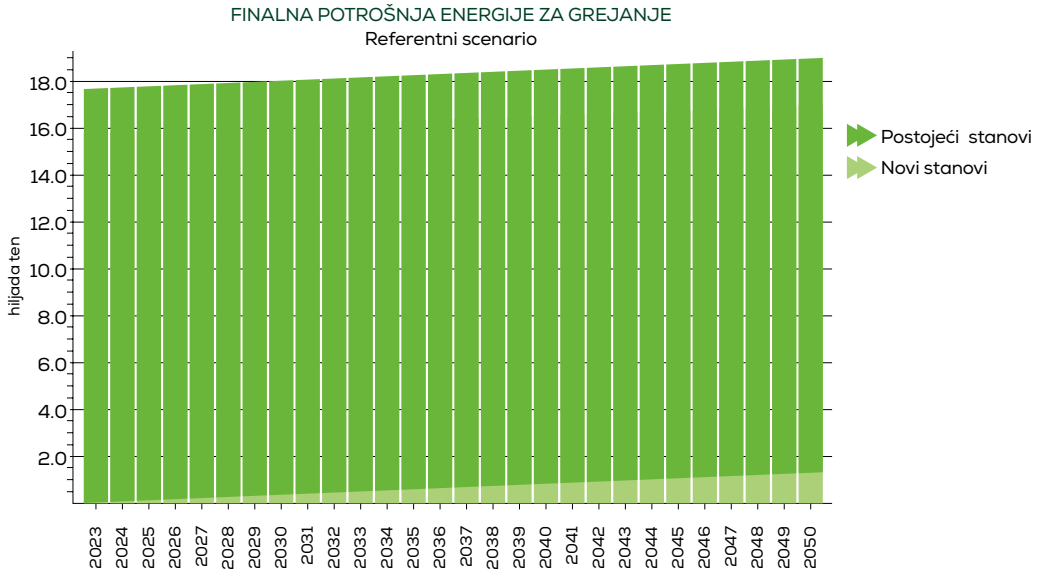


Slika 7.24: Razmatrane opcije transformacije/tranzicije sistema grejanja

Određivanje tj. kvantifikacija efekata primene nekih od navedenih mera, izvršena je analizom mogućih scenarija razvoja sistema grejanja u Gradu Vranju do 2050. godine. Ovakav pristup omogućava učesnicima kreativnih radionica i donosiocima odluka da sagledaju efekte predloženih mera, odnosno da se kvalitativni opisi prevedu u kvantitativne sa jasnim broječanim vrednostima i indikatorima, a koji kao takvi dalje služe kao podloga za odlučivanje.

Mogući scenariji razvoja sistema grejanja u Vranju izrađeni su u softverskom alatu LEAP, sa početnom 2023. godinom, polazeći od referentnog (Business as Usual) scenarija. Ovaj scenario predstavlja osnovu za poređenje sa drugim scenarijima jer daje sliku sistema grejanja u budućnosti koji bi se dostigao nastavljanjem primene postojeće prakse. Referentni (BAU) scenario uzima u obzir izgradnju novih stambenih jedinica, tj. očekivano povećanje broja stanova u budućem periodu. Rast broja stanova određen je na osnovu istorijskog trenda koji je dobijen na

osnovu prethodno sprovedenih popisa stanovništva (2002., 2011. i 2020 godine)²¹ (Slika 7.25). Očekivana finalna potrošnja energije u ovom scenariju 2050. godine bi iznosila 19,044 hiljada ten, što predstavlja povećanje od oko 7,3%. Ovo povećanje podrazumeva povećanje potrošnje energenata, što za posledicu ima povećanje emisije zagađujućih materija u vazduh, tj. povećanje lokalnog zagađenja.



Slika 7.25: Finalna potrošnja energije za grejanje–Referentni scenario

Kako bi se jasno sagledali dometi primene nekih od predloženih mera razvijeno je pet opcija, odnosno scenarija razvoja. Rezultati dobijeni modeliranjem predstavljaju kvantitativan opis budućeg sistema, pružajući vizuelizaciju puta i osnovu za dalje odlučivanje i analizu.

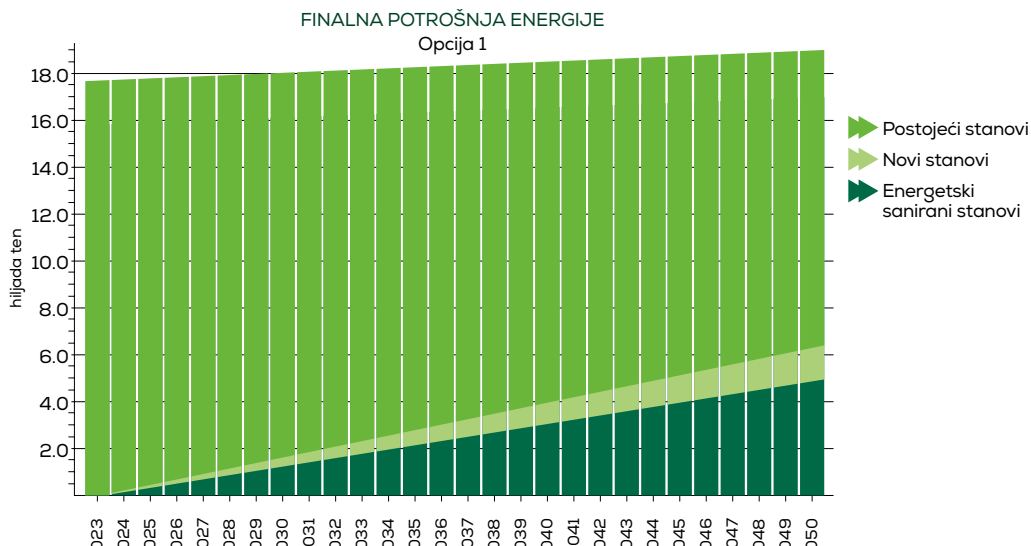


OPCIJA/SCENARIO 1

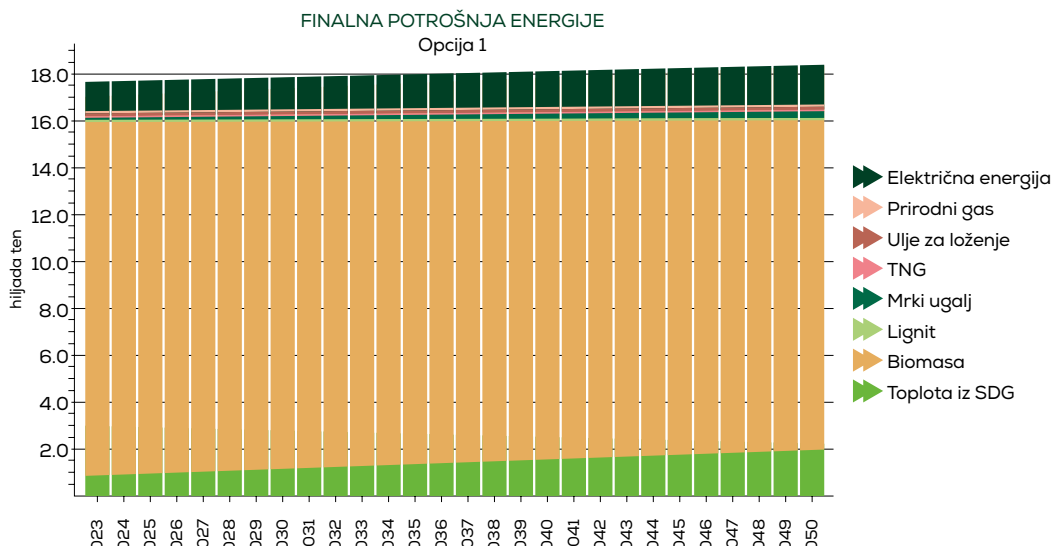
Energetska sanacija objekata

Opcija 1 daje odgovore na pitanje šta bi se postiglo ukoliko bi se vršila energetska sanacija objekata do specifične godišnje potrošnje korisne energije za grejanje od 75 kWh/m². Pretpostavljena stopa renoviranja iznosi 1,5% godišnje. Ostale ključne pretpostavke su: umereno širenje sistema daljinskog grejanja, nepromenjena struktura potrošnje energije za grejanje, bez primene „smart“ (pametne) tehnologije i inovativnih rešenja. Projekcija finalne potrošnje energije do 2050. godine po kategorijama stambenih objekata prikazana je na Slici 7.26, dok je projekcija potrošnje prema korišćenim izvorima energije prikazana na Slici 7.27.

²¹ Ref RZS



Slika 7.26: Finalna potrošnja energije prema kategorijama stambenih objekata-Scenario 1



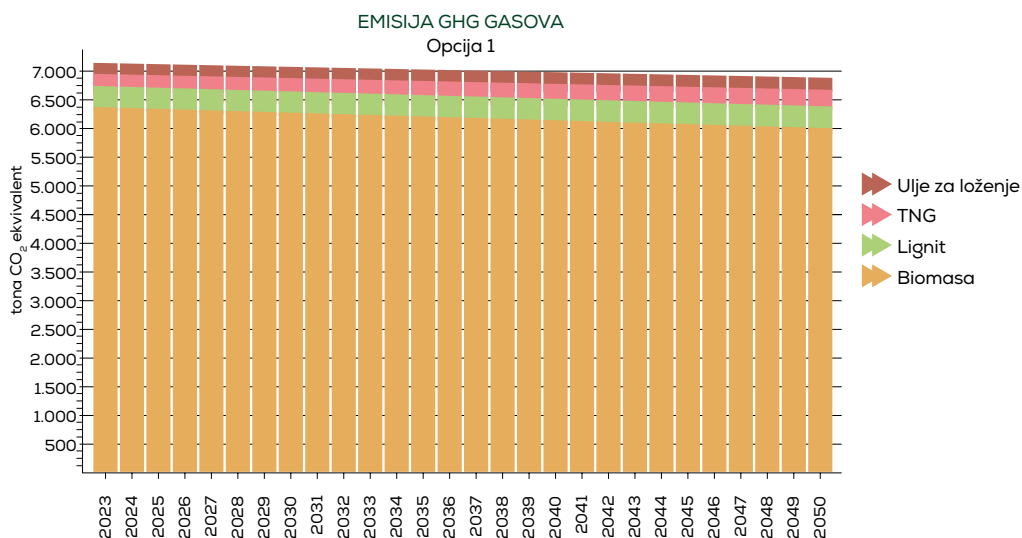
Slika 7.27: Finalna potrošnja energije prema izvorima energije-Scenario 1

Prema pretpostavkama Scenarija 1 finalna potrošnja energije za grejanje bi 2050. godine iznosila 18.098 hiljada ten, što je povećanje od oko 2% u odnosu na početnu 2023. godinu. Iako je predviđeno renoviranje objekata ne dolazi do značajnog smanjenja potrošnje energije. Razlog je mala specifična potrošnja toplotne energije korišćenjem drvnih goriva u početnoj godini, što je posledica prakse grejanja samo dela objekta, a ne njihove efikasnosti. Praksa je da u slučaju grejanja drvnom biomasom deo stambenog prostora ostaje ne zagrevan.

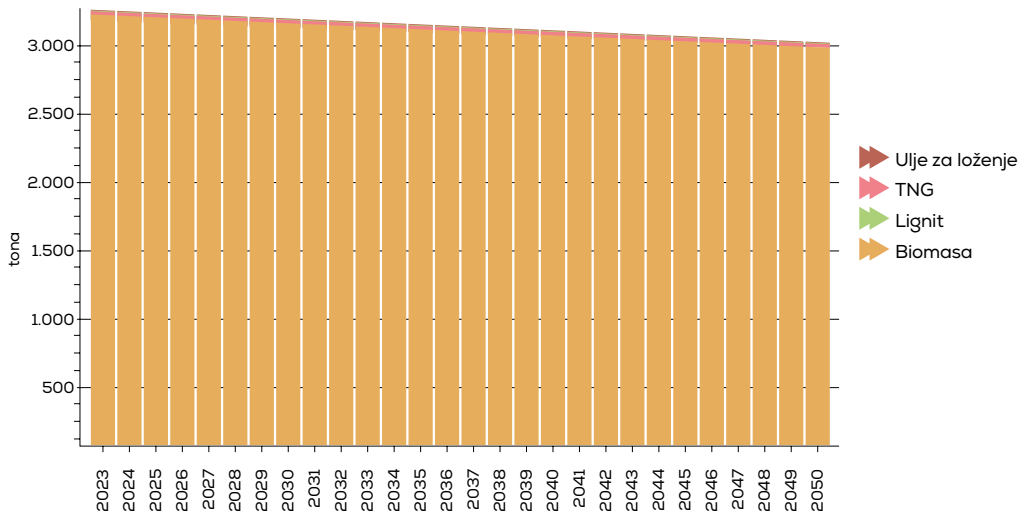


Strukturu potrošnje energije karakteriše veliko učešće drvnih goriva u celom razmatranom periodu (85,7% u 2023., 79,3% u 2050. godini). Porast udela toplotne energije iz sistema daljinskog grejanja u energetskom miks finalne potrošnje energije vezan je prvenstveno za nove stambene jedinice.

Očekivani ekološki efekti povećanja efikasnosti postojećih objekata prikazani su na Slikama 7.28 i 7.29. Usled smanjenja udela drvnih goriva dolazi do smanjenja emisije CO₂eqv sa 7.141,9t CO₂eqv (2023. godina) na 6.723,8t CO₂eqv (2050. godina). Očekivano je smanjenje emisije ugljenmonoksida sa 3.190,5t na 3.009,7t 2050. godine. Sličan trend pokazuje i emisija azotnih oksida.



Slika 7.28: Emisija GHG gasova (CO₂ ekvivalent)-Scenario 1



Slika 7.29: Godišnja emisija ugljenmonoksida -Scenarij 1



OPCIJA/SCENARIO 2

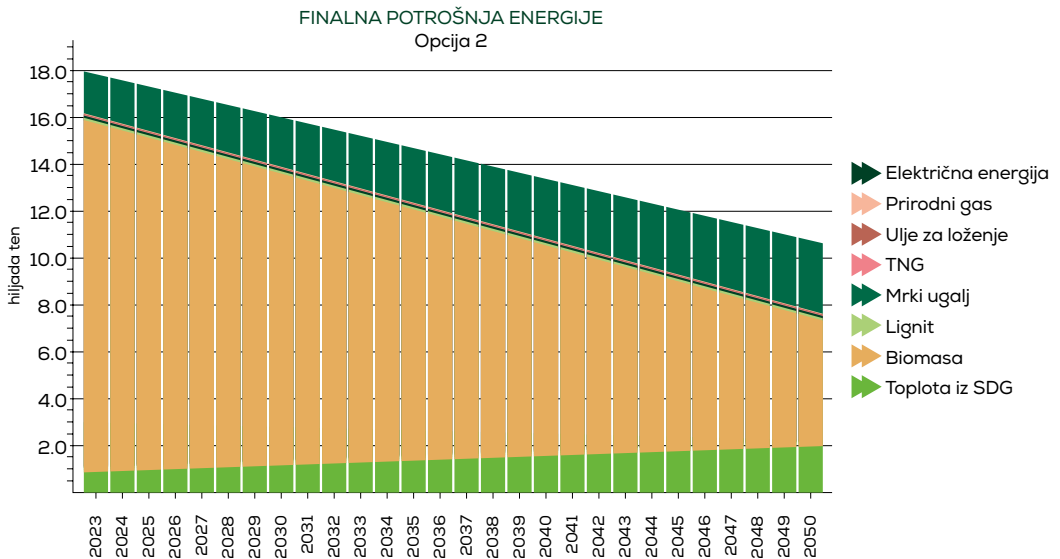
Sanacija objekata i promena načina grejanja domaćinstava sa individualnim sistemima



Opcija 2 daje odgovor na pitanje šta bi se postiglo ukoliko bi se vršila energetska sanacija objekata uz istovremenu promenu strukture korišćenih energenata (tehnologija) kod korisnika sa individualnim sistemima. Ovakav scenario je istraživani

kao odgovor na izraženo zagađenje vazduha. Zbog toga su opcije koje su razmatrane uključile proizvodnju toplotne energije toplotnim pumpama, što eliminiše procese sagorevanja kod potrošača. U ovom scenariju predviđeno je umereno širenje toplotne mreže i to prvenstveno za priključenje novoizgrađenih objekata. Nije razmatrana primena upravljanja potrošnjom energije.

Projekcija finalne potrošnje energije, kao i struktura korišćenih izvora energije za Scenario 2 prikazane su na Slici 7.30.



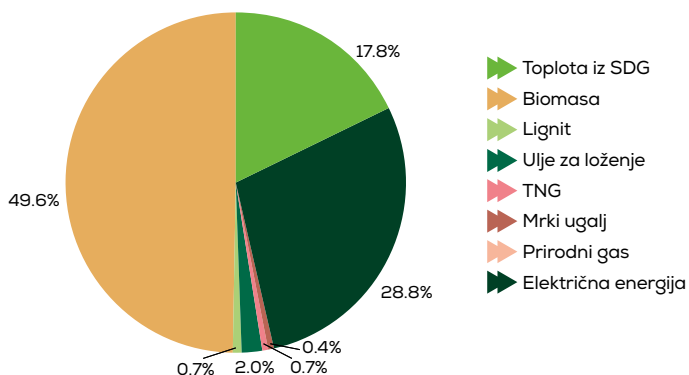
Slika 7.30: Finalna potrošnja energije prema izvorima energije-Scenario 2

Prema pretpostavkama Scenarija 2 finalna potrošnja energije za grejanje bi 2050. godine iznosila 10.737 hiljada ten, što predstavlja smanjenje od oko 39,5% u odnosu na početnu godinu.

Ukoliko se rezultati uporede sa rezultatima Scenarija 1 jasno je da je naveći doprinos smanjenju finalne potrošnje energije rezultat uvođenja toplotnih pumpi i korišćenja ambijentalne toplote.

Struktura korišćenih izvora energije u 2050. godini prikazana je na Slici 7.31. Udeo drvene biomase je značajno smanjen i iznosi 49,6%, dok je udeo električne energije povećan i iznosi 28,8%. Potrošnja električne energije raste sa 15,2 GWh (2023. godina) na 35,9 GWh (2050. godina).

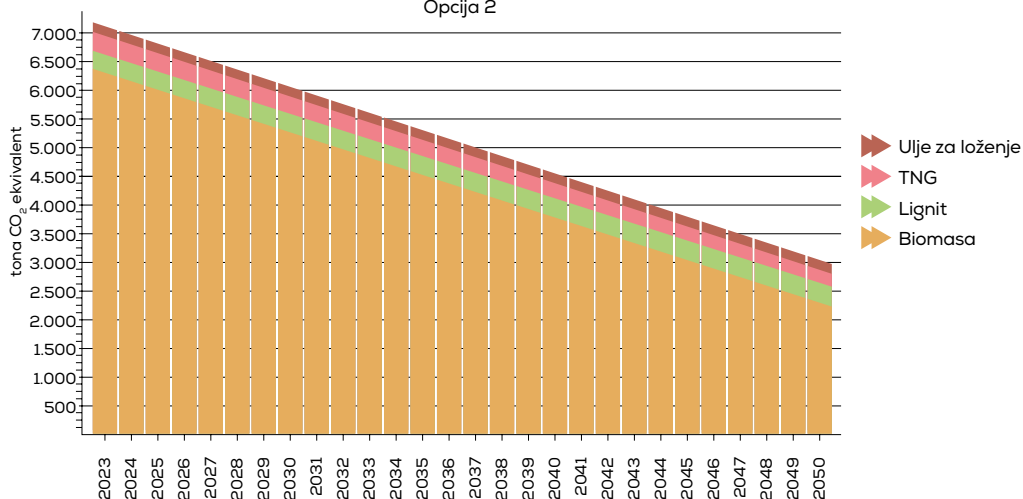
FINALNA POTROŠNJA ENERGIJE ZA GREJANJE
Opcija 2, 2050. godina



Slika 7.31: Struktura korišćenih izvora energije u 2050. godini-Scenario 2

Efekti primene mera energetske sanacije i uvođenja efikasnih sistema grejanja dovešće do smanjenja direktne emisije zagađujućih materija u vazduh (Slika 7.32 i Slika 7.33). Emisija GHG gasova bi se smanjila sa 7.141,9 t CO₂eqv na 2.923,1 t CO₂eqv.

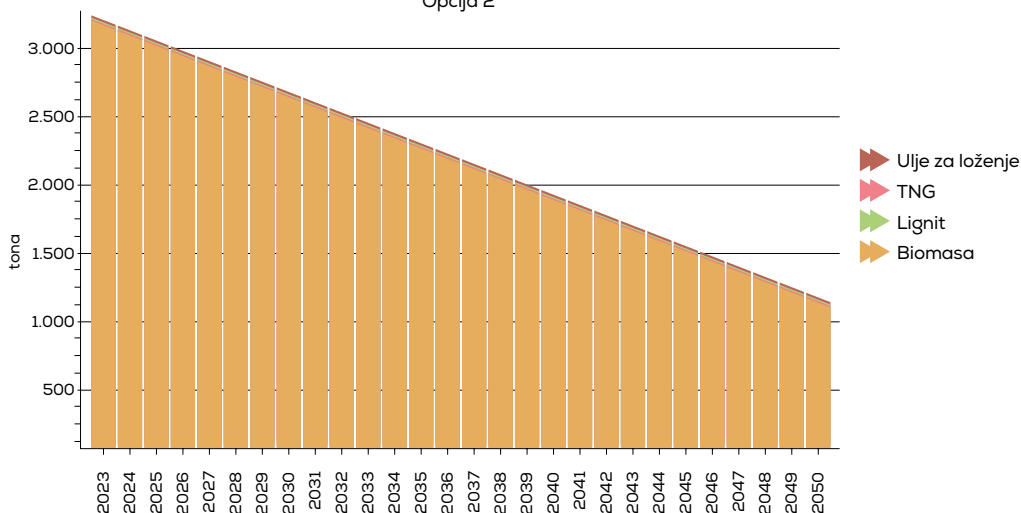
EMISIJA GHG GASOVA - DIREKTNA
Opcija 2



Slika 7.32: Emisija GHG gasova (CO₂-eqv)-Scenario 2

Smanjenje emisije ugljenmonoksida prati smanjenje korišćenja drvnih i fosilnih goriva. Očekivano je godišnje smanjenje emisije sa 3.190,5t na 1.141,1 t u 2050.godini. Emisija azotnih oksida ima sličan trend smanjenja kao emisija ugljenmonoksida.

EMISIJA UGLJENMONOKSIDA Opcija 2



Slika 7.33: Godišnja emisija ugljenmonoksida - Scenario 2



OPCIJA/SCENARIO 3

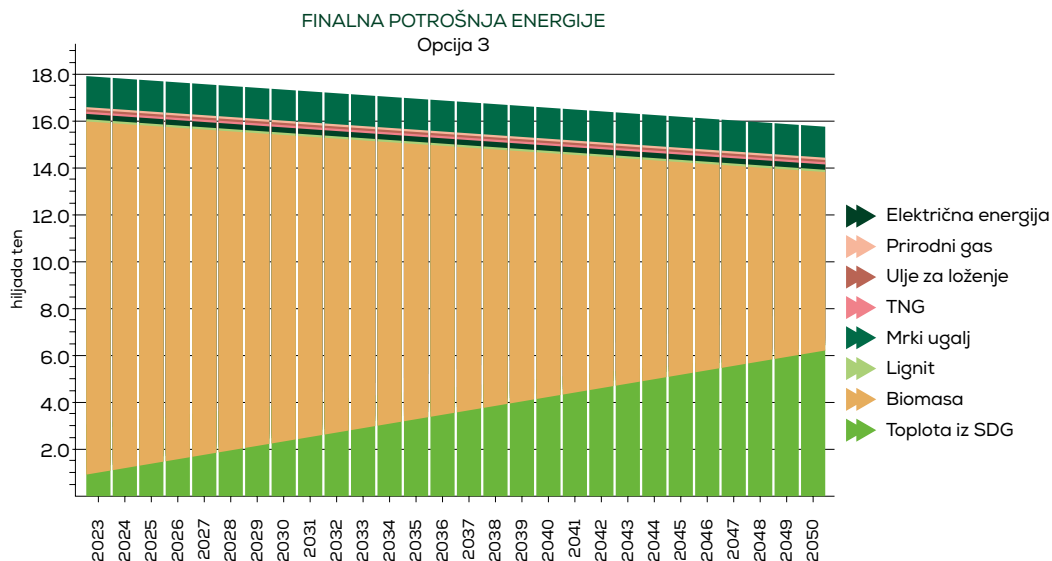
Širenje sistema daljinskog grejanja

Opcija 3 predstavlja kvantifikovani opis stanja budućeg sistema grejanja koji bi se postigao ukoliko bi se sistem daljinskog grejanja koji je u Vranju nedovoljno razvijen, intenzivno razvijao u budućnosti. Pretpostavljeno je da će procenat domaćinstava koji će se grejati uz pomoć centralizovanog sistema snabdevanja toplotnom energijom u 2050. godini dostići prosek koji je trenutno karakterističan za veće gradove u Srbiji. Ovaj scenario kao pretpostavke zadržava isti nivo efikasnosti objekata kao u početnoj godini i ne predviđa značajno uvođenje toplotnih pumpi. Takođe se ne razmatra upravljanje potrošnjom energije u domaćinstvima.



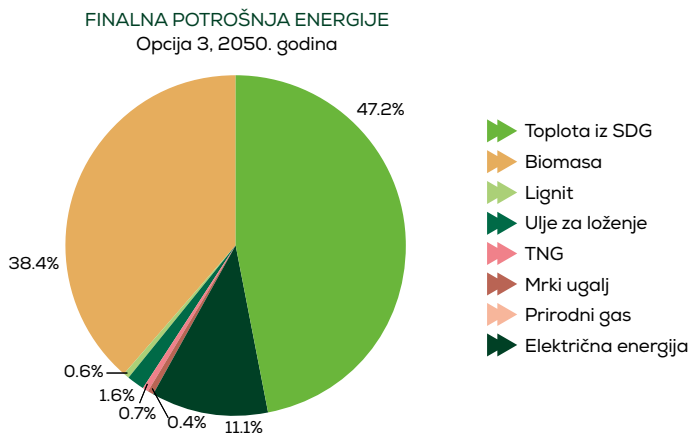
Projekcija finalne potrošnje energije za Scenarij 3 je prikazana na Slici 7.34. Očekivano je smanjenje potrošnje na 13.316 hiljada ten, što predstavlja smanjenje finalne potrošnje od oko 25% u odnosu na početnu godinu.

Zanimljivo je da se na ovaj način postiže manja potrošnja finalne energije nego u Scenariju 1, što se objašnjava velikim gubicima pri sagorevanju kod potrošača koji koriste individualne sisteme grejanja.



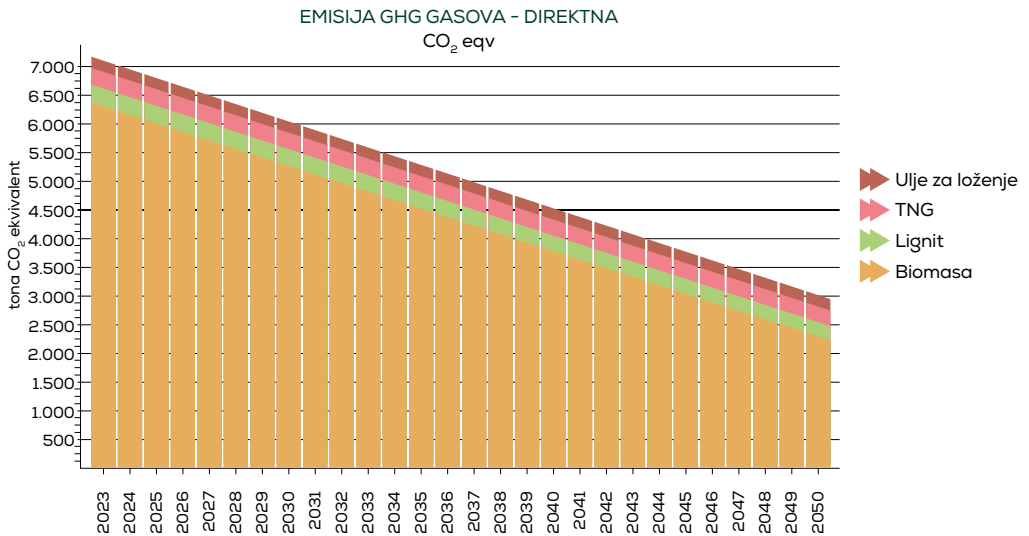
Slika 7.34: Finalna potrošnja energije prema izvorima energije-Scenarij 3

Struktura korišćenih energenata u 2050. godini prikazana je na Slici 7.35. Najveće učešće u potrošnji imala bi toplota distribuirana sistemom daljinskog grejanja 47,2%, dok bi se učešće drvnih goriva smanjilo na 38,4%.



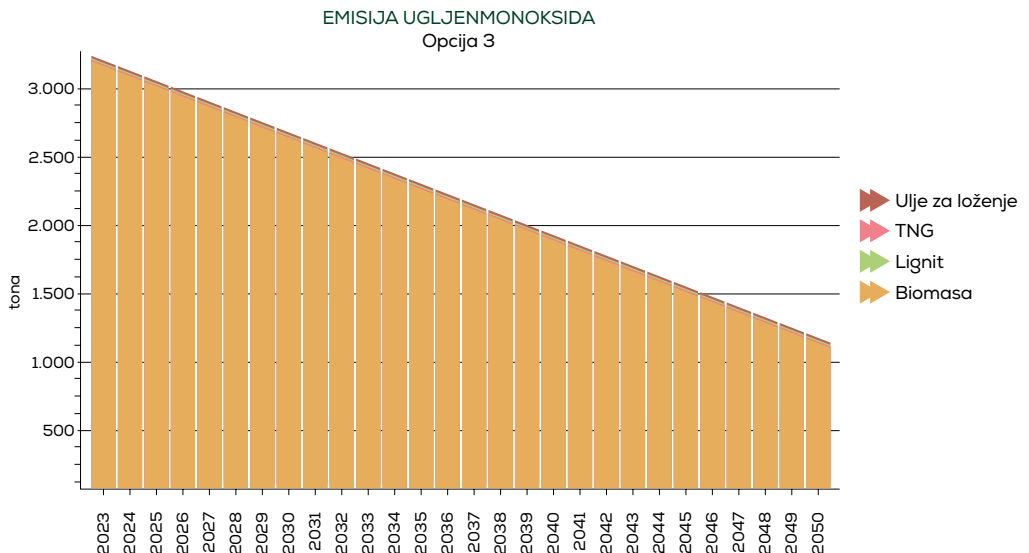
Slika 7.35: Struktura korišćenih izvora energije u 2050. godini-Scenarij 3

Ovakav trend promene strukture snabdevanja odražava se na emisiju zagađujućih materija i GHG gasova na mestu potrošnje (Slika 7.36 i Slika 7.37).



Slika 7.36: Emisija GHG gasova (CO₂eqv)-Scenarij 3

Smanjenje direktne emisije GHG gasova na 2.891,7t CO₂eqv, a ugljenmonoksida na 1.078,1t je rezultat smanjenja potrošnje fosilnih i drvnih goriva. Trend smanjena emisije azotnih oksida je sličan kao trend smanjenja emisije ugljenmonoksida.



Slika 7.37: Godišnja emisija ugljenmonoksida- Scenarij 3



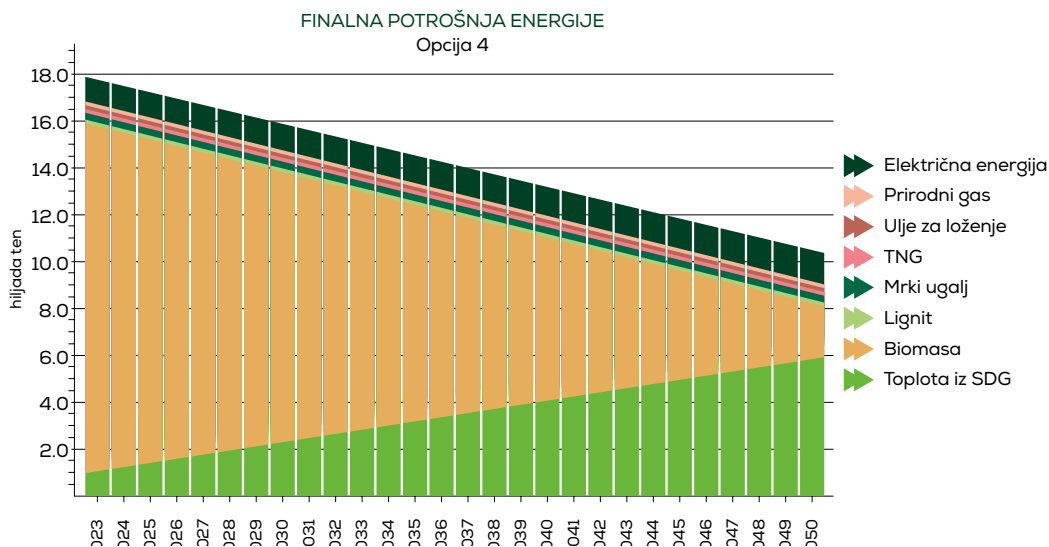
OPCIJA/SCENARIO 4

Zbirni scenario: Mere energetske sanacije, širenje sistema daljinskog grejanja, promena strukture energenata

Opcija 4 koju opisuje Scenario 4 daje kvantifikaciju efekata mera koje su razmotrene u prethodna 3 scenarija: unapređenje energetske efikasnosti objekta, promenu strukture energenata u individualnim sistemima, kao i širenje toplovodnog sistema.

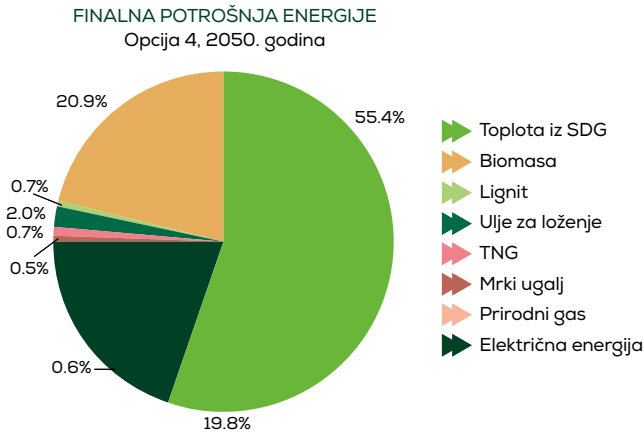


Projekcija finalne potrošnje energije prikazana je na Slici 7.38. Kao rezultat istovremene primene svih navedenih mera očekivano je značajno smanjenje finalne potrošnje energije i to na 10.636 hiljada ten u 2050. godini, što predstavlja smanjenje od oko 40% u odnosu na početnu godinu.



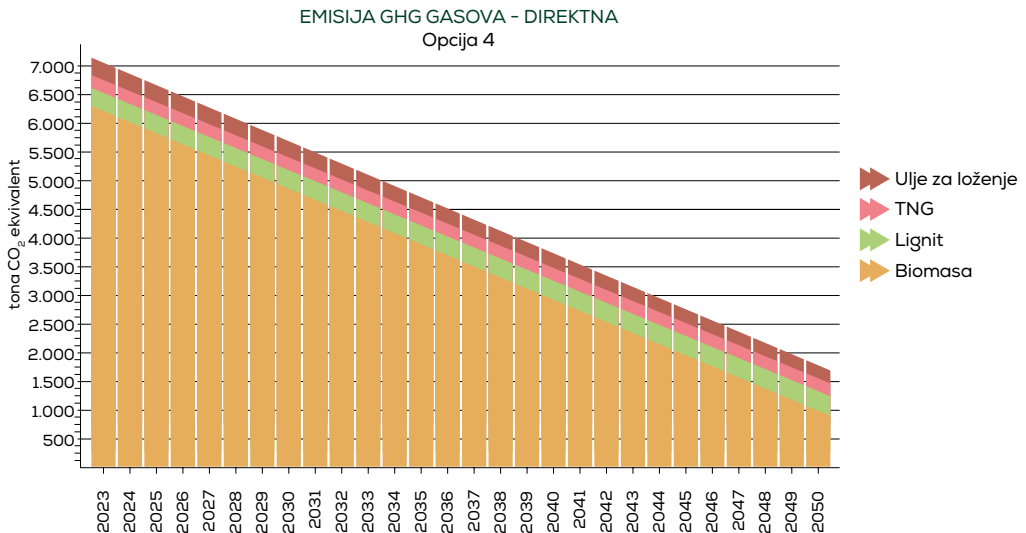
Slika 7.38: Finalna potrošnja energije prema izvorima energije–Scenario 4

Struktura korišćenih energenata u 2050. godini prikazana je na slici 7.39. Najveće učešće imaće toplotna energija dostavljena iz sistema daljinskog grejanja (55,4%), drvena biomasa (20,9%) i električna energija (19,8%). Porast potrošnje električne energije je posledica intenzivnog uvođenja toplotnih pumpi kod potrošača sa individualnim sistemima grejanja.



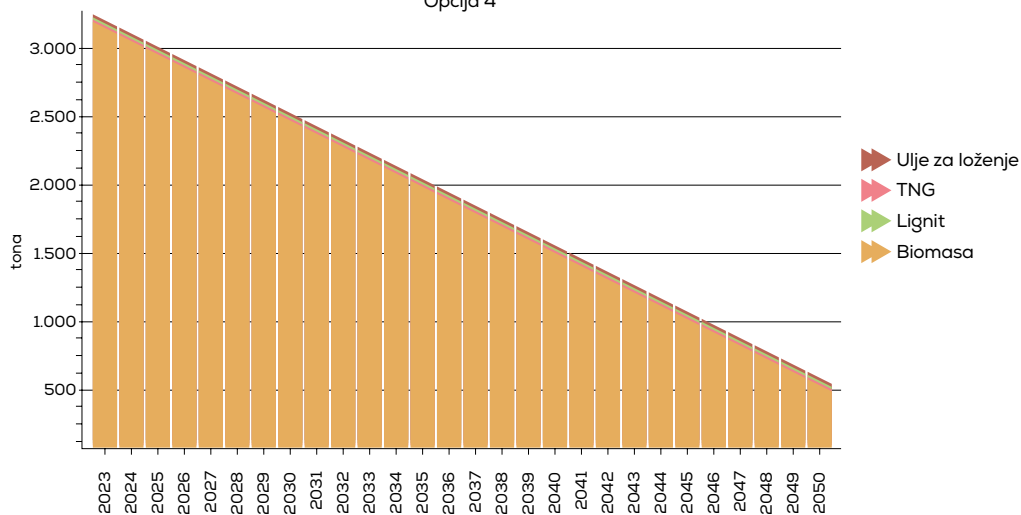
Slika 7.39: Struktura korišćenih izvora energije u 2050. godini

Smanjenje emisije GHG gasova prikazano je na Slici 7.40. Efekti primene mera ogledaju se u smanjenju emisije CO₂eqv na 1.617,4t CO₂eqv i smanjenje emisije ugljenmonoksida na 471,7t (Slika 7.41).



Slika 7.40: Emisija GHG gasova CO₂eqv-Scenario 4

EMISIJA UGLJENMONOKSIDA Opcija 4



Slika 7.41: Godišnja emisija ugljenmonoksida- Scenario 4



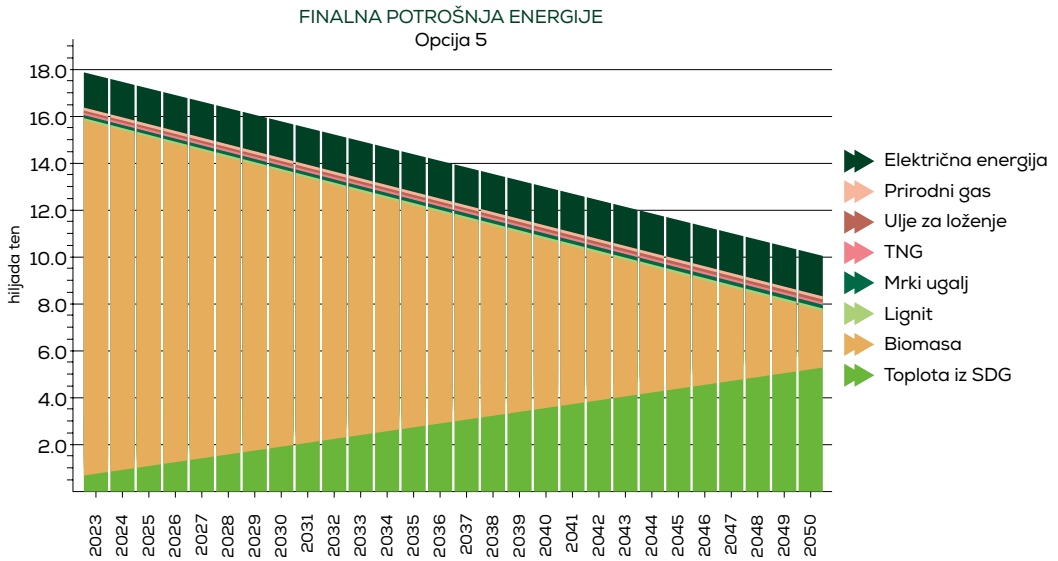
OPCIJA/SCENARIO 5

Istovremena primena svih predloženih mera



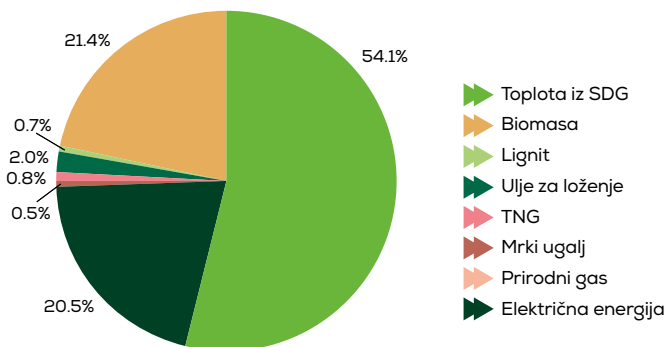
Scenario 5 opisuje Opciju 5 koja pored pretpostavki navedenih u opciji 4 obuhvata i primenu savremenih rešenja za upravljanje potrošnjom energije. Prema dostupnim studijama, primena ove dodatne mere rezultira smanjenjem potrošnje u proseku za 10%.

Projekcija finalne potrošnje energije za Scenario 5 u 2050. godini iznosi 9.973 hiljada ten (Slika 7.42). Struktura potrošnje energije u 2050. godini prikazana je na Slici 7.43.



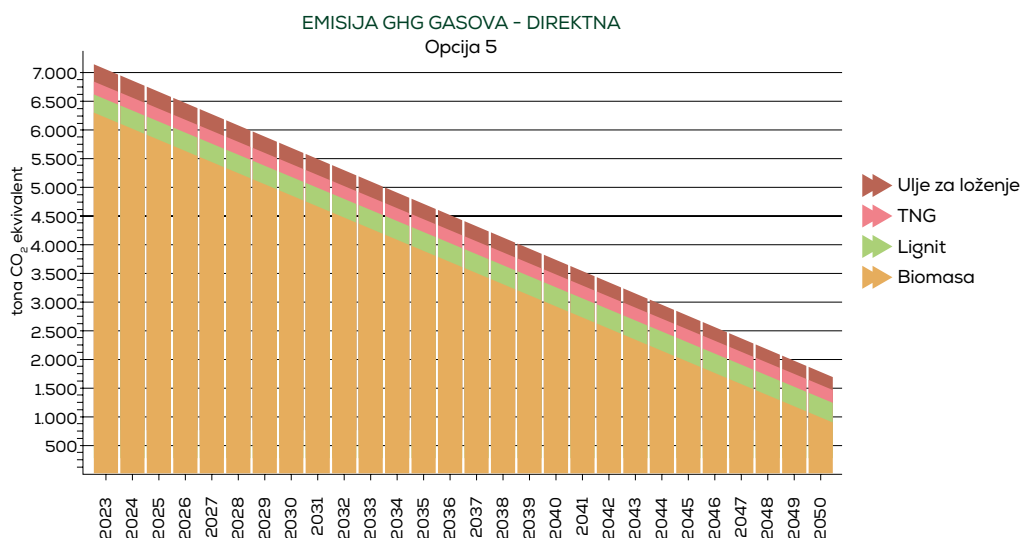
Slika 7.42: Finalna potrošnja energije prema izvorima energije-Scenario 5

FINALNA POTROŠNJA ENERGIJE
Opcija 5, 2050. godina

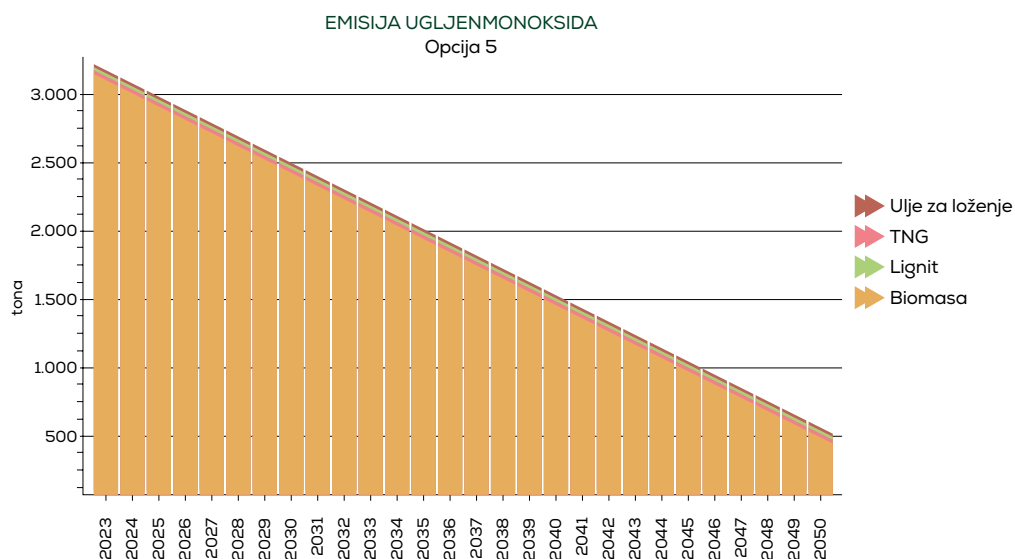


Slika 7.43: Struktura potrošnje energije u 2050. Godini

Smanjenje finalne potrošnje energije, kao i promena načina obezbeđenja toplotnih potreba, rezultuju smanjenjem direktne emisije GHG gasova na 1.563,3t 2050. godine i ugljenmonoksida na 454,2 t 2050. godine (Slike 7.44 i 7.45).



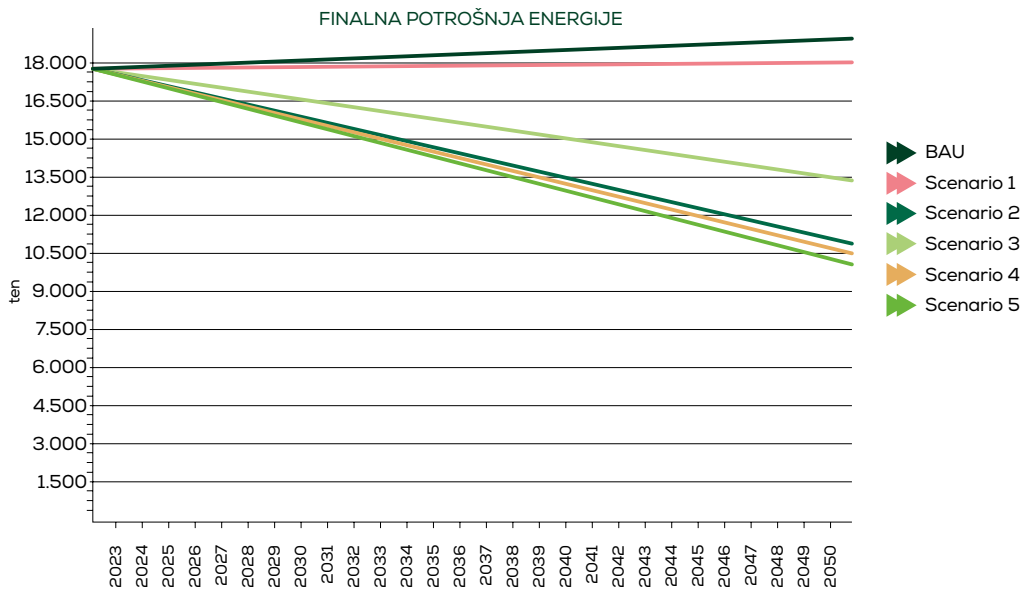
Slika 7.44: Emisija GHG gasova (CO₂ ekvivalent)-Scenario 5



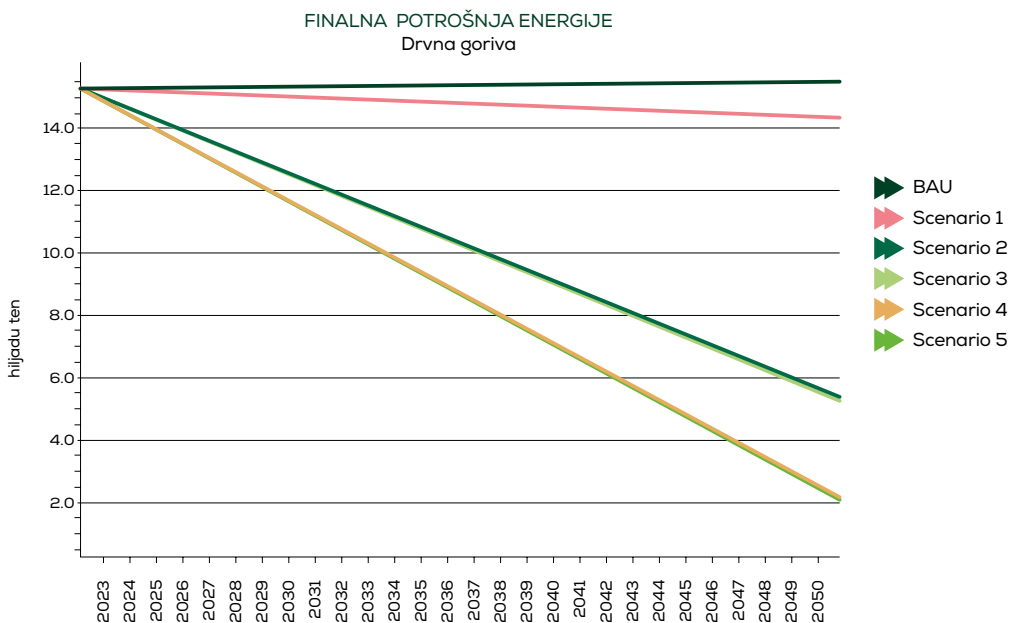
Slika 7.45: Godišnja emisija ugljenmonoksida Scenario 5

Poređenje finalne potrošnje energije prema razmatranim opcijama prikazano je na Slici 7.46, potrošnja drvnih goriva na Slici 7.47, a potrebna količina toplotne

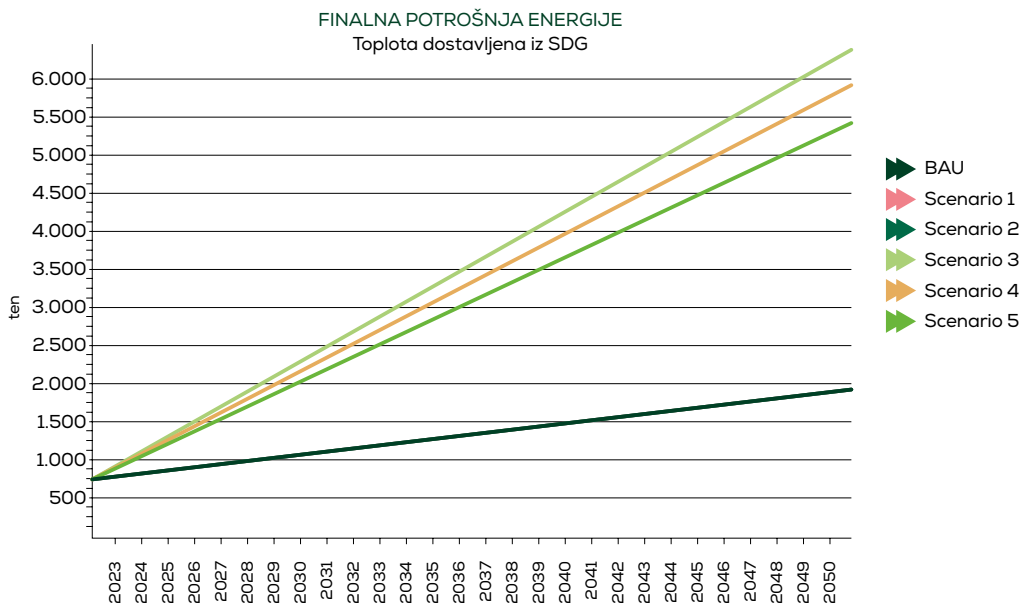
energije dostavljena iz sistema daljinskog grejanja na Slici 7.48. Ovakav prikaz rezultata predstavlja rekapitulaciju analiziranih opcija razvoja i čini kvantitativnu osnovu za poredenje i ocenjivanje predloženih scenarija.



Slika 7.46: Finalna potrošnja energije prema scenarijima



Slika 7.47: Finalna potrošnja drvnih goriva za grejanje prema scenarijima



Slika 7.48: Finalna potrošnja toplote dostavljene iz sistema daljinskog grejanja

7.5. IZBOR ŽELJENOG PUTA – SCENARIJA

Svaka od razmatranih opcija/scenarija predstavlja unapređenje i transformaciju sistema grejanja. Izbor željenog scenarija-izbor željenog budućeg stanja izvršen je na osnovu kriterijuma koje su definisali učesnici-predstavnici zainteresovanih strana na Prvoj kreativnoj radionici. Tada su u okviru participativnog dela procesa energetske planiranja predloženi i težinski koeficijenti koji odgovaraju svakom od predloženih kriterijuma.

Predloženi kriterijumi po radnim grupama prikazani su u Tabelama 7.6 – 7.8.

Grupa I – Kriterijumi za ocenjivanje

Tabela 7. : Kriterijumi i težinski koeficijenti – Grupa I

Oznaka	Kriterijum	Težinski koeficijent (w)
K1	Ekonomska isplativost	5
K2	Dostupnost	5
K3	Ekološka prihvatljivost	4
K4	Efikasnost sistema	5
K5	Inovativnost	3

Opis kriterijuma:

- K1** – Ekonomska isplativost (w=5): Obuhvata ukupne investicione troškove, troškove eksploatacije i održavanja, period povraćaja investicije, kao i dugoročnu finansijsku održivost sistema.
- K2** – Dostupnost (w=5): Odnosi se na dostupnost energenta, tehničke opreme, rezervnih delova i stručnog kadra za realizaciju i održavanje sistema.
- K3** – Ekološka prihvatljivost (w=4): Procena uticaja sistema na životnu sredinu, uključujući emisije zagađujućih materija, CO₂ otisak i usklađenost sa ekološkim standardima..
- K4** – Efikasnost sistema (w=5): Odnosi se na energetske efikasnost, stepen iskorišćenja primarne energije i optimizaciju potrošnje.
- K5** – Inovativnost (w=3): Procena primene novih tehnologija, digitalizacije, automatizacije i savremenih tehničkih rešenja.

Grupa II – Kriterijumi održivog energetskog Sistema

Tabela 7.7: Kriterijumi i težinski koeficijenti – Grupa II

Oznaka	Kriterijum	Težinski koeficijent (w)
K1	Cena (isplativost, priuštivost)	5
K2	Efikasnost (kWh/m ²), energetski razred	5
K3	Održivost (lokalna drvna biomasa)	5
K4	Pouzdanost	4
K5	Niska emisija zagađujućih materija	3–4
K6	Bez fosilnih goriva u upotrebi	2

Opis kriterijuma:

- K1** – Cena (w=5): Investicioni i operativni troškovi.
- K2** – Efikasnost (w=5): Niska potrošnja energije po m².
- K3** – Održivost (w=5): Korišćenje obnovljive biomase.
- K4** – Pouzdanost (w=4): Stabilnost rada sistema.
- K5** – Niska emisija (w=3–4): Smanjenje zagađenja.
- K6** – Bez fosilnih goriva (w=2): Eliminacija fosilnih energenata.

Grupa III – Kriterijumi funkcionalnosti i organizacije Sistema

Tabela 7.8: Kriterijumi i težinski koeficijenti – Grupa III

Oznaka	Kriterijum	Težinski koeficijent (w)
K1	Pouzdanost sistema za snabdevanje energijom	5
K2	Kvalitet vazduha	5
K3	Regulisano korišćenje i održavanje sistema	3
K4	Brzo servisiranje i otklanjanje kvarova	3
K5	Ekonomski prihvatljivo rešenje	4
K6	Dovoljan broj kvalifikovanih osoba	4
K7	Visok nivo automatizacije i daljinsko upravljanje	1

Opis kriterijuma:

K1 – Pouzdanost sistema (w=5): Kontinuitet snabdevanja energijom.

K2 – Kvalitet vazduha (w=5): Smanjenje zagađenja.

K3 – Regulisano korišćenje (w=3): Standardizovane procedure.

K4 – Brzo servisiranje (w=3): Efikasno otklanjanje kvarova.

K5 – Ekonomski prihvatljivo (w=4): Prihvatljiva cena za korisnike.

K6 – Kvalifikovani kadar (w=4): Dostupnost stručnog osoblja.

K7 – Automatizacija (w=1): Daljinsko upravljanje i nadzor.

U okviru Druge radionice izvršena je i evaluacija scenarija na osnovu prethodno definisanih kriterijuma, koji obuhvataju ekonomsku održivost, energetska efikasnost, ekološku prihvatljivost, pouzdanost i energetska sigurnost i funkcionalnost i kvalitet usluge. Ocenjivanje i izbor željenog budućeg stanja izvršen je od strane učesnika radionice i kao takav predstavlja deo participativnog backcastinga koji je segment metodologije koja je razvijena u okviru FF GreEN projekta.

Ovako definisani kriterijumi omogućavaju sistematsko i transparentno poređenje scenarija i predstavljaju osnov za dalju višekriterijumsku analizu. Rezultati ocene su prikazani u Tabelama 7.9 - 7.11.

Tabela 7.9: Ocena scenarija prema kriterijumima – I grupa

Scenario	Ekonom-ska održi-vost	Energet-ska efika-snost	Ekološka prihvatlji-vost	Pouzdanost i energetska sigurnost	Funkcional-nost i kvali-tet usluge
Scenario 1	3	4	2	2	1
Scenario 2	2	5	4	4	4
Scenario 3	3	3	4	4	4
Scenario 4	2	5	5	4	4
Scenario 5	1	5	5	4	5

Tabela 7.10: Ocena scenarija prema kriterijumima – II grupa

Scenario	Ekonom-ska održi-vost	Energet-ska efika-snost	Ekološka prihvatlji-vost	Pouzdanost i energetska sigurnost	Funkcional-nost i kvali-tet usluge
Scenario 1	2	2	2	2	1
Scenario 2	3	4	4	4	4
Scenario 3	4	3	3	3	4
Scenario 4	3	4	4	4	4
Scenario 5	3	5	4	4	4

Tabela 7.11: Ocena scenarija prema kriterijumima – III grupa

Scenario	Ekonom-ska održi-vost	Energet-ska efika-snost	Ekološka prihvatlji-vost	Pouzdanost i energetska sigurnost	Funkcional-nost i kvali-tet usluge
Scenario 1	4	4	2	3	3
Scenario 2	4	5	5	4	4
Scenario 3	4	3	4	4	4
Scenario 4	3	4	5	5	5
Scenario 5	3	5	5	5	5

Najveći zbir ocena dobio je predloženi Scenario 5, u daljem tekstu Željeni scenario, koji je izabran za dalju analizu, formulisanje ciljeva i izradu akcionog plana.

Druga backcasting radionica predstavljala je ključnu fazu u prelasku sa kvalitativnih na kvantitativne analize u okviru projekta FF GreEN. Definisani scenariji i identifikovanje ključnih neodređenosti biće dalje razrađeni i kvantifikovani kroz modele energetske sistema i agent-based modeling (ABM), sa ciljem procene efekata različitih politika i mera na ponašanje domaćinstava i dinamiku energetske tranzicije. Ključne neodređenosti su prikazane na Slici 7.49.



Slika 7.49: Ključne neodređenosti

Prilikom grupnog rada na identifikovanju neizvesnosti, izdvojene su sledeće grupe ključnih neodređenosti:

- **Tehničke/energetske** (individualni izvori energije, energetske objekti, savremeni sistemi, proširenje sistema daljinskog grejanja),
- **ekonomske** (cena sistema, cena energenata, kupovna moć građana, dostupnost energenata, subvencije (mere) države),
- **ekološke** (atmosferske prilike, rizici klimatskih promena, smanjenje emisija, uticaj na životnu sredinu),
- **društveni** (životni standard, komfor stanovanja, edukacija stanovništva),
- **političke/institucionalne** (politička stabilnost, regulativa i zakonodavstvo).

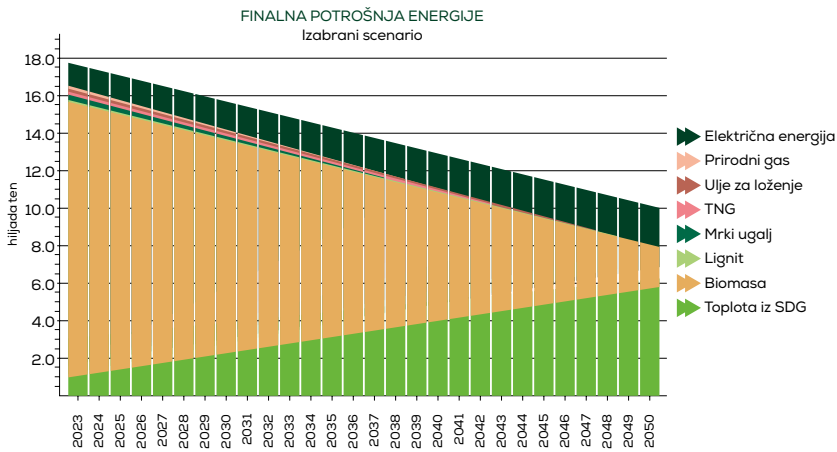
Kao centralno definisane ključne neodređenosti se izdvajaju cena energenata, cena održavanja sistema, širenje sistema, raspoloživost energenata, kao i smanjenje emisija.

Utvrđeno je da će najveći uticaj na razvoj budućeg sistema imati:

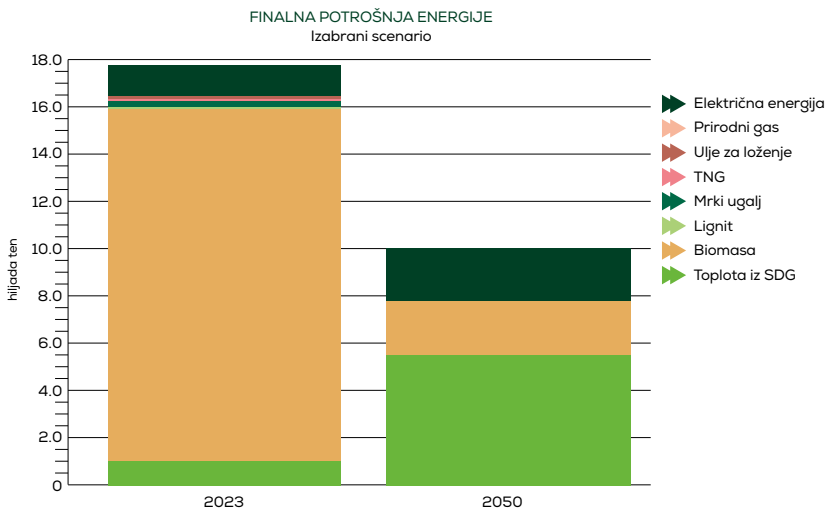
1. Politička volja i podrška,
2. Nivo životnog standarda građana.

7.6. IZABRANI SCENARIO – CILJEVI NA PUTU TRANSFORMACIJE

Očekivana tranzicija sistema grejanja u Vranju, tj. transformacija finalne potrošnje energije u razmatranom vremenskom periodu prikazana je na Slici 7.50. Realizacija ovog scenarija bi doprinela smanjenju finalne potrošnje energije sa 17,7 hiljada ten koliko je procenjeno za 2023. godinu na oko 10 hiljada ten 2050. godine. Izabrani scenario podrazumeva i prestanak korišćenja fosilnih goriva u finalnoj potrošnji do 2050. godine. Pored smanjenja potrebne finalne energije, evidentna je i promena strukture korišćenih energenata: izrazito smanjenje korišćenja drvnih goriva i povećanje potrošnje toplotne energije iz centralizovanog sistema snabdevanja (Slika 7.51).



Slika 7.50: Projekcija finalne potrošnje energije u Izabranom scenariju



Slika 7.51: Promena strukture finalne potrošnje energije u Izabranom scenariju

Ključne promene koje potrebno sprovesti kako bi se ostvarili ciljevi vezani za smanjenje finalne potrošnje energije i promene njene strukture prikazane su na Slici 7.52.



Slika 7.52: Pregled ključnih promena koje potrebno sprovesti na putu tranzicije sistema grejanja

Na osnovu pretpostavki koje su dobijene kao rezultat backcastinga i rezultata izrade ekspertskog energetskog modela mogu se definisati ciljevi koje treba dostići na putu energetske tranzicije (Tabela 7.12 i Tabela 7.13). Postavljanje merljivih ciljeva za karakteristične godine tokom razmatranog perioda omogućava praćenje napretka i pravovremenu korekciju ukoliko se utvrdi potreba.

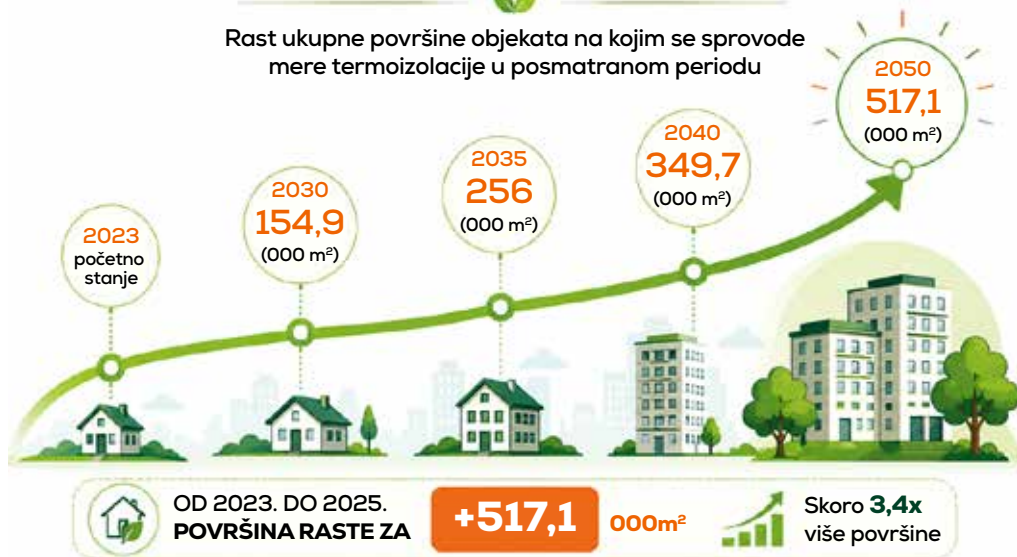
U Tabeli 7.12 prikazane su površine stambenih objekata koje treba energetski sanirati, priključiti na sistema daljinskog grejanja i instalirati toplotne pumpe. Ovi ciljevi su pojedinačno prikazani i na Slikama 7.53–7.55.

Tabela 7.12: Merljivi ciljevi na putu tranzicije

	2030	2035	2040	2045	2050
Površina renoviranih stambenih jedinica, hiljada m ²	154,9	256	349,7	436,6	517,1
Površina stambenih jedinica priključena na sistem daljinskog grejanja, hiljada m ²	305,8	454,3	604,9	757,3	911,4
Površina stambenih jedinica koji se greju toplotnim pumpama, hiljada m ²	120,6	207	295	383	471

POVRŠINA OBJEKATA OBUHVAĆENIH IZOLACIJOM

Rast ukupne površine objekata na kojim se sprovode mere termoizolacije u posmatranom periodu



Slika 7.53: Mapa puta-energetska sanacija objekata



PRIKLJUČENJE NA DALJINSKO GREJANJE

Više domaćinstava povezano na daljinsko grejanje - efikasnije, čistije i održivije grejanje za sve

OD 2023. DO 2025. BROJ PRIKLJUČENIH DOMAĆINSTAVA RASTE **8x**



Slika 7.54: Mapa puta-priključenje na sistem daljinskog grejanja





OVOĐENJE TOPLOTNIH PUMPI

OD 2023. DO 2025.
POVRŠINA SA
TOPLOTNIM
PUMPAMA SKORO
4x RAST

Rast površine objekata sa toplotnim pumpama
kao održivo rešenje za grejanje i hlađenje 2050



* Vrednosti su izražene u hiljadama m²

Slika 7.55: Mapa puta-Instaliranje toplotnih pumpi

Sprovođenje navedenih mera rezultiraće smanjenjem emisije gasova sa efektom staklene bašte, kao i emisije ostalih zagađujućih materija u vazduh.

Očekivane godišnje emisije koje odgovaraju realizaciji izabranog scenarija prikazane su u Tabeli 7.13.

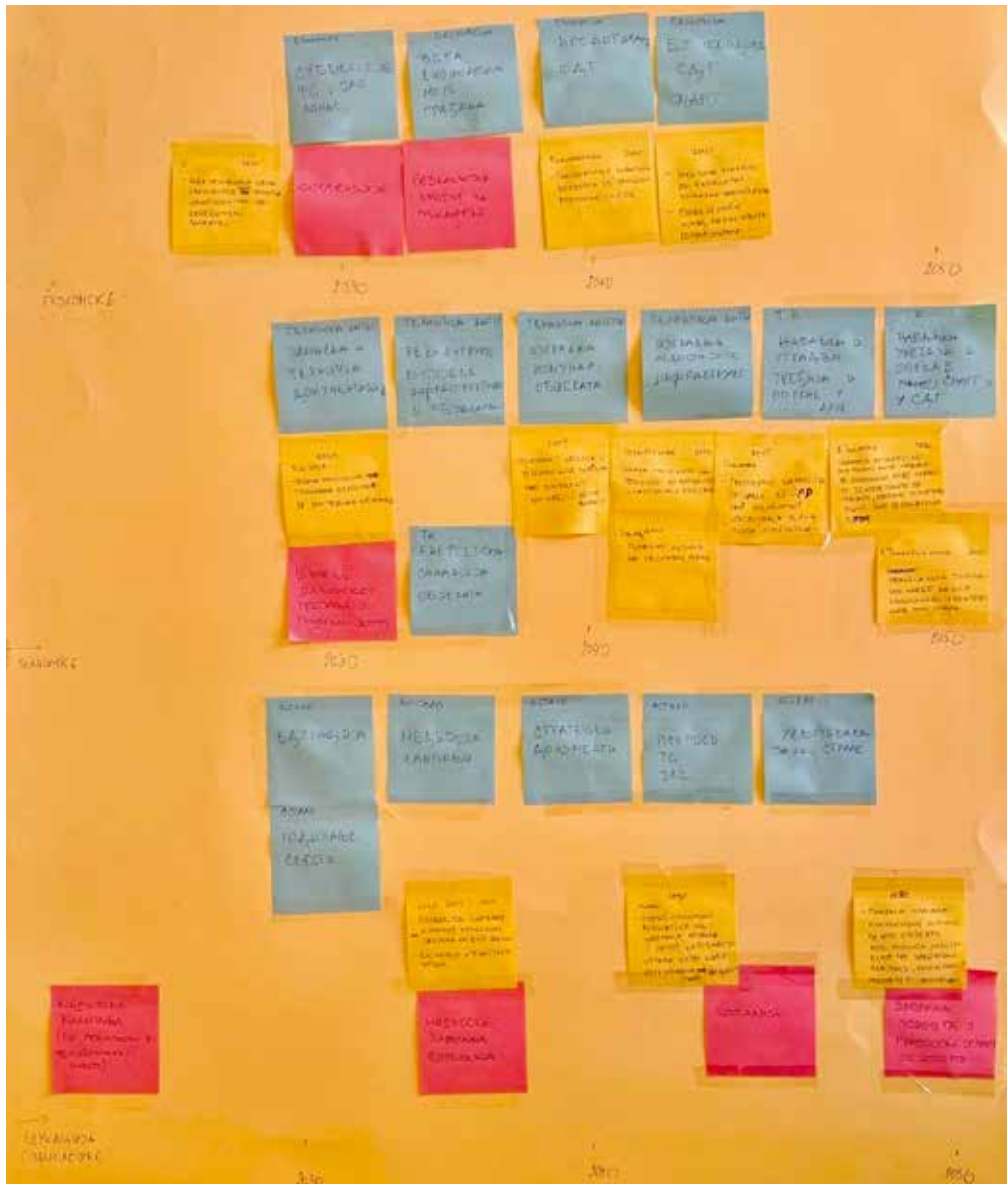
Tabela 7.13: Mapa puta: emisija GHG gasova i zagađujućih materija u vazduh

	2030	2035	2040	2045	2050
Godišnja emisija GHG gasova iz finalne potrošnje, t CO ₂ eqv	5015,8	3692,7	2535,6	1527,4	652,6
Godišnja emisija CO iz finalne potrošnje, t CO	2234,4	1655,5	1149,1	707,6	324,3
Godišnja emisija NOx iz finalne potrošnje, t NOx	45,2	33,5	23,2	14,3	6,5
Godišnja emisija SO ₂ iz finalne potrošnje, t SO ₂	3,7	2,6	1,6	0,7	/

Navedene vrednosti predstavljaju putokaz ali i ciljeve koje treba dostići. Kao takvi predstavljaju osnovu za lako praćenje napretka ka željenom cilju.

7.7. AKCIONI PLAN

U okviru Druge kreativne radionice izvršena je identifikacija potrebnih koraka za postizanje cilja, (ostvarenje izabranog scenarija), prikazanih na vremenskoj liniji i podjeljenih po grupama mera na ekonomske, tehničke i edukativno-sociološke, a što je prikazano na Slici 7.56.



Slika 7.56: Identifikacija koraka potrebnih za postizanje cilja –rezultat rada sa Druge kreativne radionice

U okviru identifikacije potrebnih koraka za postizanje cilja javljaju se tri vrste mera u različitim razdobljima:



EKONOMSKE MERE

2030

- Subvencije (po m² domaćinstva),
- Veća ekonomska moć građana,
- Veća izdvajanja grada i republike kao podrška domaćinstvima za energetska sanaciju,
- Subvencije,
- Beskamadni krediti za građane.

2040

- Poreske olakšice za energetska efikasna domaćinstva – oporezivanje energetska neefikasnih domaćinstava,
- Povećanje fondova iz EU,
- Kreditiranje SDG,
- EU fondovi,
- SMART sistemi.

2050

- Razvijeno tržište energenata,
- Održivi finansijski modeli.



TEHNIČKE MERE

2030

- Izrada dodatne planske i tehničke dokumentacije,
- Rekonstrukcija postojećih infrastrukturnih objekata,
- Proširenje mreže u gradskom jezgru,
- Izgradnja gasovoda do centralne kotlarnice,
- Energetska sanacija objekta.

2040

- Izgradnja novih kapaciteta na biomasu i organski otpad,
- Izgradnja nedostajuće infrastrukture,
- Nabavka i ugradnja uređaja u domaćinstva.

2050

- Pametni (SMART) sistemi u SDG – digitalizovan sistem upravljanja,
- Automatizovanje sistema daljinskog grejanja – visok nivo automatizacije,
- Realizacija toplovodne mreže do svih korisnika u centralnom delu grada – potpuno razvijena infrastruktura.



EDUKACIONO-SOCIOLOŠKE MERE

2030

- Edukacija,
- Medijska kampanja,
- Propisi i zakonski okvir,
- Uključivanje zajednice,
- Podizanje svesti.

2040

- Strateški dokumenti,
- Propisi i zakonski okvir,
- Edukacija,
- Uključivanje zajednice,
- Podizanje svesti,
- Zakonska regulativa sortiranja i sakupljanja otpada.

2050

- Zabrana izdavanja građevinske dozvole za nove objekte bez projekta priključenja na SDG, kao i revidiranje ppostojećih dozvola,
- Zabrana ložišta u gradskom jezgru,
- Visok nivo društvene svesti.

Zaključno, rezultati druge radionice potvrđuju da integrirani pristup, koji kombinuje unapređenje energetske efikasnosti, primenu obnovljivih izvora energije, razvoj infrastrukture i upravljanje potrošnjom, predstavlja najefikasniji put ka ostvarivanju definisane vizije održivog i niskougljeničnog sistema grejanja u sektoru domaćinstava.

7.8. MODELIRANJE PONAŠANJA POTROŠAČA – DOMAĆINSTAVA (ABM)

ABM alat (engl. „agent based modeling“) razvijen za simulaciju energetske tranzicije u sektoru grejanja domaćinstava do 2050. godine prilagođen je i primenjen na studiji slučaja za grad Vranje. Kao što je u poglavljima 5 i 6 već istaknuto, alat je fokusiran je na individualne entitete, odnosno domaćinstva. Ovakav pristup, u literaturi poznat i kao „bottom-up“ (odozdo na gore), tretira sva domaćinstva kao zasebne potrošače i usmeren je na analizu njihovog ponašanja i procesa donošenja odluka u vezi sa potrošnjom energije za grejanje. Za razvoj i implementaciju alata korišćen je softverski paket NetLogo, namenjen razvoju i simulaciji agent-based modela (ABM).

Temeljni podaci za simulaciju domaćinstava (glavnih entiteta) dobijeni su kroz anketu sprovedenu 2026. godine, koja je obuhvatila 452 domaćinstva u gradu Vranju. Na osnovu tih podataka, u modelu je kreirano 452 entiteta sa specifičnim karakteristikama. Ulazni podaci za tržište energenata i sisteme grejanja preuzeti su iz relevantnih domaćih izvora.

U odnosu na polazne pretpostavke i ulazne podatke, model se bavi sledećim pitanjima:

- Kako će izgledati energetska tranzicija u grejanju domaćinstava do 2050. godine i kakva će biti struktura sistema grejanja?
- Koje mere energetske politike najviše doprinose masovnijoj primeni sistema grejanja kao što su toplotne pumpe ili prelasku domaćinstava na grejanje preko gradske toplane?
-

Ulazne promenljive korišćene u alatu prikazane su u Tabeli 7.14, razvrstane po glavnim kategorijama. ABM alat uključuje dva tipa promenljivih na nivou domaćinstva - promenljive preuzete iz ankete domaćinstava (u tabeli obeležene sa (A) - promenljiva direktno importovana iz empirijskih podataka)) i promenljive koje se generišu stohastički tokom inicijalizacije modela (u tabeli obeležene sa (S) - nasumično ili stohastički generisana promenljiva - na osnovu pretpostavki modela, statističkih raspodela ili pravila inicijalizacije). Ove promenljive definišu karakteristike, ponašanje i potencijal donošenja odluka agenata unutar simulacije. Ove promenljive utiču na način na koji domaćinstva reaguju na tehnološke, ekonomske i regulatorne uslove tokom procesa tranzicije.

Tabela 7.14: Struktura ulaznih promenljivih za ABM alat – slučaj Vranje

Kategorija	Promenljive
Prostorne karakteristike domaćinstava	Naselje ^(A) ; Tip objekta ^(A) ; Grejna površina ^(A)
Sistem grejanja i tehničke karakteristike	Trenutni energent za grejanje ^(A) ; Trenutni sistem grejanja ^(A) ; Efikasnost sistema grejanja ^(A) ; Starost sistema grejanja ^(A)
Potrošnja energije i energetska efikasnost	Sprovedene mere energetske efikasnosti (A)
Ekonomski činioci	Trenutni prihodi i životni standard ^(A)
Bihevioralni činioci (stavovi i preferencije)	Volja domaćinstava da investiraju u održivije grejanje ^(A) ; Ekološka svest ^(A) ; Kolektivizam ^(A) ; Spremnost da se prihvati subvencija ^(A)
Društveni uticaj i umreženost	Povezana domaćinstva iz okruženja ^(S) ; Broj domaćinstava sa modernim sistemima grejanja u okruženju ^(A) ; Efekat komšiluka ^(S)
Mere i instrumenti za ubrzanje energetske tranzicije	Subvencije za zamenu grejanja; Zabrana prodaje ložišta na ogrevno drvo i ugalj

Simulacija traje od 2026. (bazna godina) do 2050. godine.

Glavni inicijator zamene postojećeg sistema grejanja za svako domaćinstvo jeste dotrajalost sistema, odnosno kraj njegovog životnog veka. Pretpostavka modela je da će domaćinstva menjati postojeći sistem grejanja nasumično u periodu kada starost sistema dostigne između 20 i 25 godina. Dodatni inicijator zamene postojećeg sistema može biti i uvođenje subvencija kao mere za ubrzanje energetske tranzicije, za ona domaćinstva koja su se izjasnila da su voljna da prihvate ovu vrstu podrške za zamenu postojećeg sistema grejanja.

U trenutku zamene, domaćinstva se opredeljuju za najisplativiji način grejanja, uzimajući u obzir cenu novog sistema i cenu energenta²². Međutim, izbor je ograničen faktorima koji za svako domaćinstvo pojedinačno predstavljaju određena ograničenja (npr. tip objekta, grejna površina, materijalni status i dr.), kao i pokretačima koji mogu biti unutrašnji (spremnost domaćinstva da investira u moderniji sistem grejanja) i spoljašnji (voljnost da se prihvati subvencija za zamenu sistema i uticaj okruženja, odnosno komšiluka).

Kako svaka simulacija uključuje i stohastičke varijable, podrazumeva se da se proces simulacije ponavlja više desetina puta, pri čemu se prate trendovi, a u dalju analizu uključuju prosečne vrednosti rezultata.

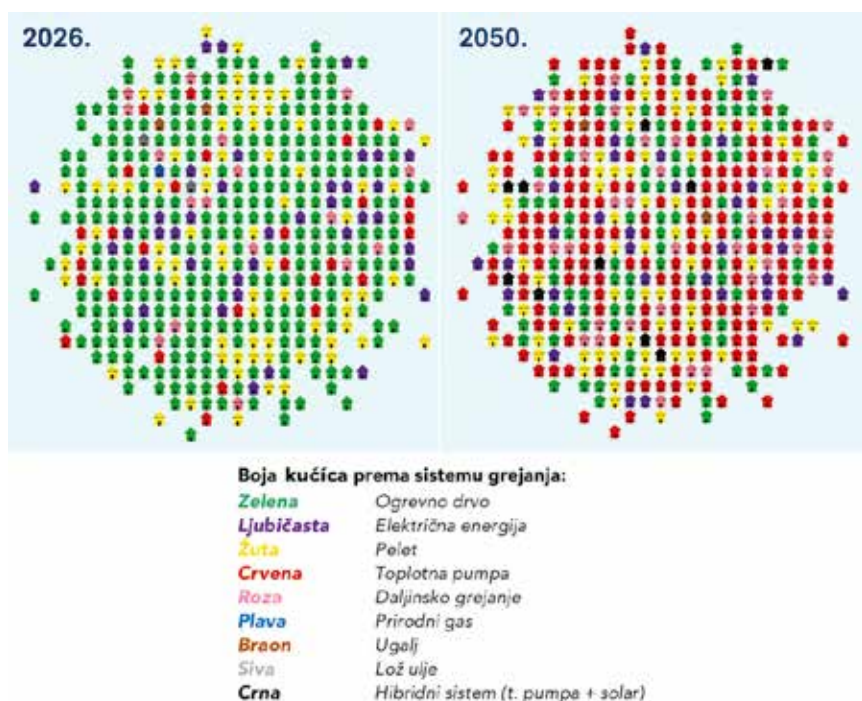
²² Pogledati poglavlja 5.5

Ovakav alat može biti koristan za testiranje efekata različitih mera energetske politike za ubrzanje energetske tranzicije u sektoru grejanja. U ovoj verziji modela mogu se simulirati sledeći scenariji, odnosno energetske politike koje ih prate:

- **Scenario 1:** bez posebnih mera energetske politike (engl. "business as usual").
- **Scenario 2:** Zabranjena prodaja novih peći i kotlova na ogrevno drvo i ugalj za domaćinstva od 2030. godine.
- **Scenario 3:** Subvencija od 50% troškova za zamenu sistema grejanja i instalaciju toplotnih pumpi ili povezivanje na daljinsko grejanje preko gradske toplane.
- **Scenario 4:** Kombinacija mera iz Scenarija 2 i 3.

Slika 7.57 je primer vizuelnog prikaza simulacije na početku i na kraju simulacionog perioda za Scenario 4, sa ciljem ilustracije promena u strukturi sistema grejanja domaćinstava tokom simulacije. ABM alat razvijen je i implementiran u softverskom okruženju NetLogo, koje omogućava vizuelni prikaz ponašanja agenata i promena u sistemu tokom trajanja simulacije.

Slika 7.57: ABM simulacija u softveru NetLogo za Scenario 4 na početku i na kraju simulacionog perioda

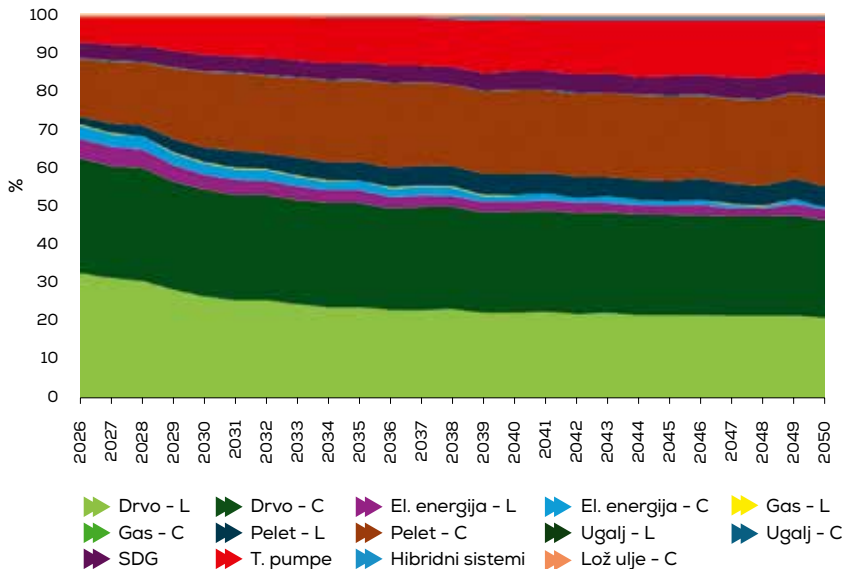


Slika 7.57: ABM simulacija u softveru NetLogo za Scenario 4 na početku i na kraju simulacionog perioda

Rezultati simulacije za strukturu domaćinstava prema načinu grejanja za slučaj grada Vranja prikazani su prema udelu pojedinačnih načina grejanja u ukupnoj strukturi domaćinstava iz prikupljenog uzorka od 452 domaćinstva. Rezultati su prikazani na slikama 7.58 – 7. 61, za svaki od navedenih scenarija. Sistemi grejanja na slikama označeni su prema dominantnom energentu koji domaćinstvo koristi, kao i prema konfiguraciji sistema, odnosno prema tome da li se radi o individualnim pećima (L) i centralizovanim sistemima grejanja na nivou domaćinstva (C).

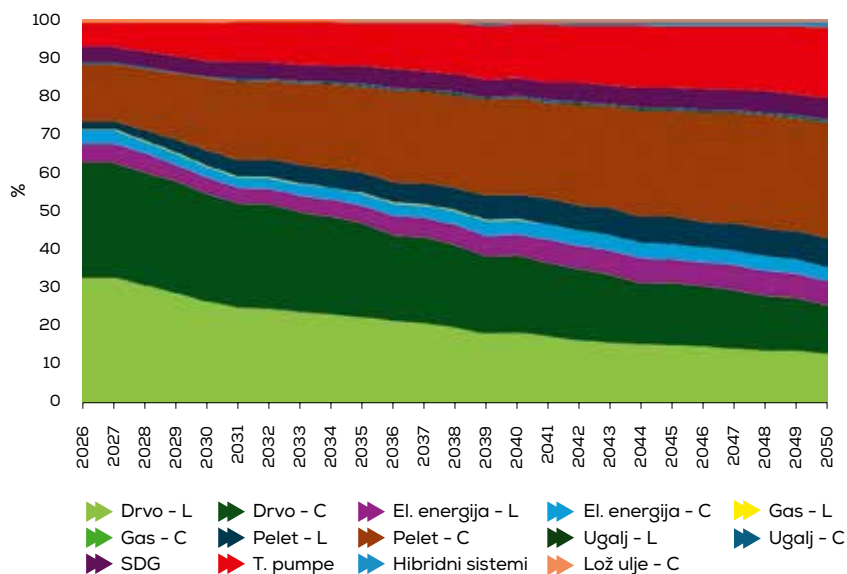
Za trenutne potrebe primene alata pretpostavljeno je da cene sistema grejanja i troškovi energenata rastu po konstantnoj godišnjoj stopi od 3%. Ovakav pristup omogućava jednostavniju i metodološki ujednačeniju primenu alata, imajući u vidu izraženu neizvesnost dugoročnih projekcija cena energenata i tehnologija. Istovremeno, sam alat omogućava sprovođenje analiza osetljivosti kroz promenu pretpostavljenih stopa rasta cena sistema i energenata.

Scenario 1, koji ne podrazumeva primenu mera energetske politike, pokazuje relativno sporu i postepenu promenu strukture sistema grejanja domaćinstava (Slika 7.58). Uočava se blagi pad udela domaćinstava koja koriste ogrevno drvo, dok sistemi na pelet i toplotne pumpe postepeno povećavaju svoje učešće tokom simulacionog perioda. Promene su dominantno rezultat prirodne dotrajalosti postojećih sistema grejanja i postepenog povećanja spremnosti pojedinih domaćinstava da investiraju, pod uticajem okruženja i širenja modernijih tehnologija. Na taj način domaćinstva koja nisu materijalno ugrožena spontano prelaze ka dugoročno isplativijim i tehnološki savremenijim opcijama grejanja. Ipak, uprkos postepenim promenama, sistemi zasnovani na ogrevnom drvetu ostaju dominantni i na kraju simulacionog perioda, sa udelom od oko 47% (u poredenju sa približno 63% u početnoj godini simulacije).



Slika 7.58: Rezultati simulacije za Scenario 1

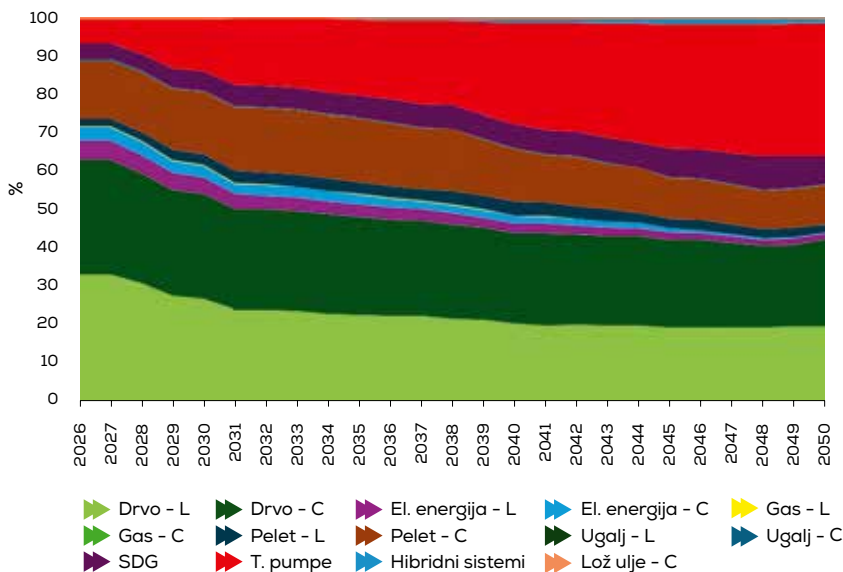
Scenarij 2, koji podrazumeva zabranu prodaje novih sistema na drvo i uglj, pokazuje znatno intenzivniju promenu strukture sistema grejanja u odnosu na Scenarij 1 (bez mera energetske politike) (Slika 7.59). Uvođenje ograničenja dovodi do izraženijeg smanjenja udela sistema zasnovanih na ogrevnom drvetu i uglju, dok istovremeno dolazi do porasta korišćenja sistema na pelet, toplotnih pumpi i konvencionalnih sistema grejanja na električnu energiju (električne peći, grejalice i kotlovi). Promene su prvenstveno posledica novih uslova u kojima domaćinstva prilikom potrebe za novom investicijom više nemaju mogućnost izbora tradicionalnih sistema na drvo i uglj. Zbog toga se domaćinstva postepeno usmeravaju ka tehnološki savremenijim i dugoročno efikasnijim opcijama grejanja, dok dodatni efekat predstavlja i uticaj okruženja, odnosno povećanje spremnosti za investiranje usled širenja modernijih sistema. U poređenju sa Scenarijom 1, sistemi na ogrevno drvo beleže znatno ubedljiviji pad i do kraja simulacionog perioda njihov udeo opada na oko 26%, što ukazuje da sama zabrana prodaje novih instalacija može imati značajan dugoročni efekat na postepenu transformaciju sektora grejanja domaćinstava.



Slika 7.59: Rezultati simulacije za Scenarij 2

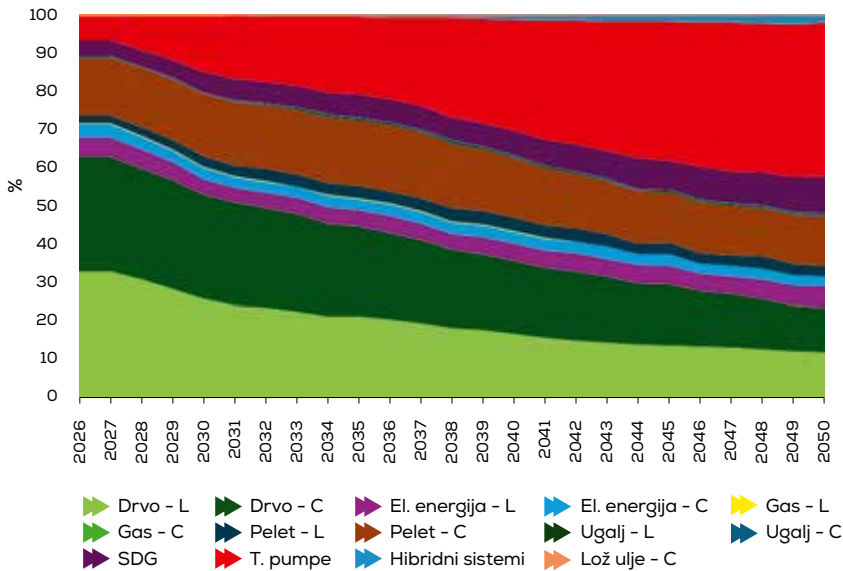
Scenarij 3 podrazumeva subvencionisanje u iznosu od 50% za uvođenje toplotnih pumpi, sistema daljinskog grejanja i hibridnih sistema (solarni paneli i toplotne pumpe), pri čemu je važno napomenuti da se izbor tehnologije vrši u skladu sa prethodno iskazanim preferencijama domaćinstava o tome koji bi sistem najradije uvela. Rezultati pokazuju da ovakav pristup dovodi do znatno intenzivnijeg rasta toplotnih pumpi u odnosu na prethodne scenarije (35% udela u 2050. godini), dok se istovremeno povećava i udeo sistema daljinskog grejanja (7% udela u 2050. godini) (Slika 7.60). Subvencije omogućavaju da i deo domaćinstava sa ograniče-

nijim finansijskim mogućnostima pristupi tehnološki naprednijim sistemima grejanja, čime se ubrzava tranzicija ka modernijim i energetski efikasnijim opcijama. U odnosu na npr. Scenario 2, sistemi na ogrevno drvo sporije opadaju (42% udela u 2050. godini), ali se ipak beleži kontinuirano smanjenje njihovog udela.



Slika 7.60: Rezultati simulacije za Scenario 3

Scenario 4 predstavlja kombinaciju restriktivnih i podsticajnih mera, odnosno zabranu kupovine novih sistema na drvo i ugalj uz istovremeno subvencionisanje u iznosu od 50% za toplotne pumpe, sisteme daljinskog grejanja i hibridne sisteme (Slika 7.61). Rezultati pokazuju da ovakav pristup dovodi do najizraženije promene strukture sistema grejanja među svim analiziranim scenarijima, sa značajnim smanjenjem udela tradicionalnih sistema i intenzivnim rastom modernijih tehnologija. Posebno izražen rast beleže toplotne pumpe, koje tokom simulacionog perioda postaju dominantan pojedinačni sistem grejanja u modelu (40% u 2050. godini), dok raste i udeo sistema daljinskog grejanja (oko 10% u 2050. godini) i hibridnih sistema (oko 2% u 2050. godini). U odnosu na prethodne scenarije, sistemi na ogrevno drvo beleže najizraženiji pad i do kraja simulacionog perioda dostižu udeo od oko 23%, što je približno 3 procentna poena manje u odnosu na scenario koji podrazumeva isključivo restriktivne mere zabrane novih sistema. Ovakav rezultat ukazuje da subvencije, iako doprinose ubrzanju tranzicije i većoj zastupljenosti modernijih tehnologija, same po sebi ne dovode do drastično drugačijih promena u ukupnoj strukturi sistema grejanja, što istovremeno ukazuje i na određene granice tranzicije uslovljene postojećom infrastrukturom, finansijskim mogućnostima domaćinstava i ukorenjenim obrascima korišćenja energije.

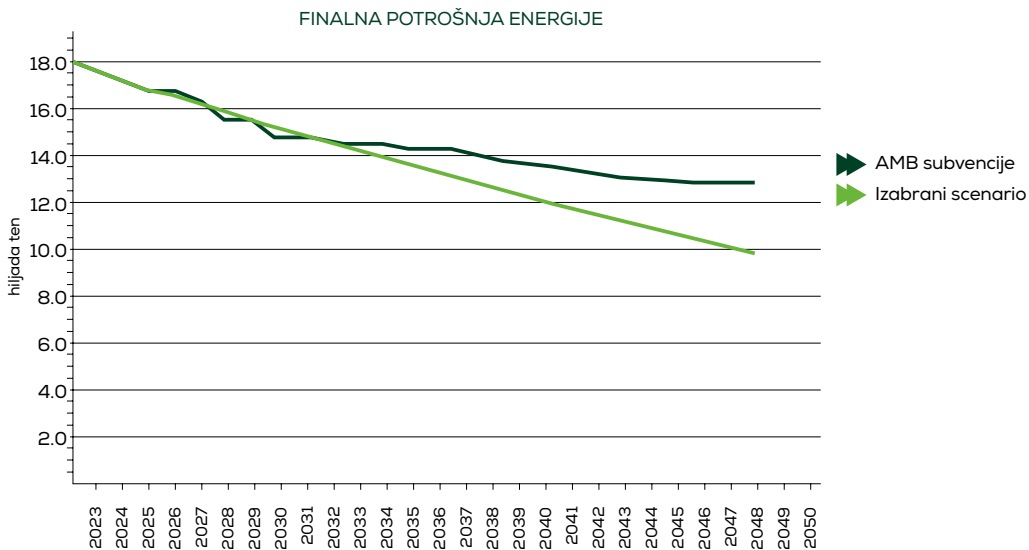


Slika 7.61: Rezultati simulacije za Scenario 4

7.9. DOMETI PREDLOŽENIH MERA I KOMPATIBILNOST SA PREDLOŽENOM PUTANJOM

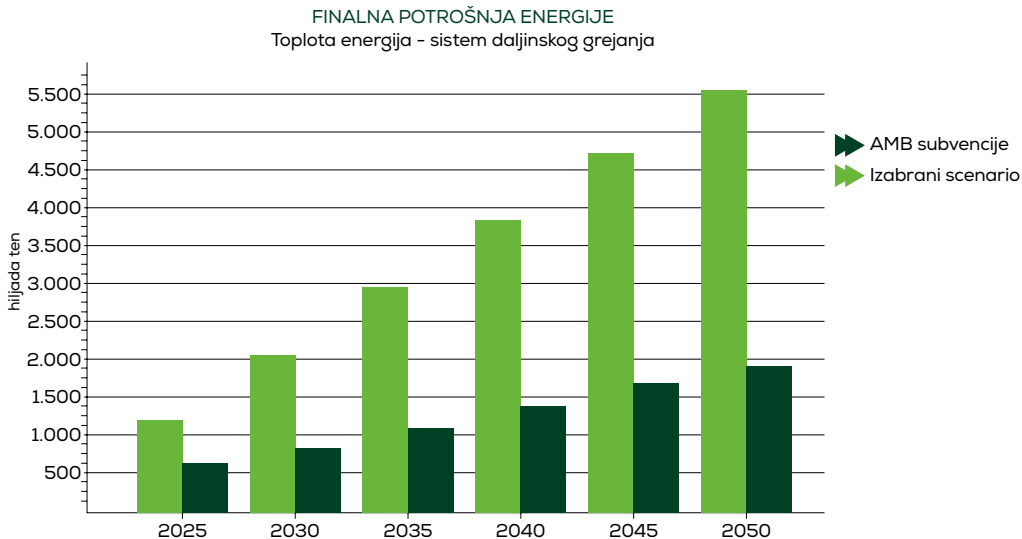
Finalna analiza perspektive ostvarenja Izabranog scenarija izvršena je korekcijom ulaznih podataka o strukturi potrošnje u energetske, uvođenjem specifičnih rezultata za Vranje koji su dobijeni simulacijom ponašanja domaćinstava baziranog na agentima. Modeliranje ponašanja bazirano je na rezultatima anketa koje su sprovedene u Vranju. Scenario dobijen na ovaj način uključuje primenu rezultata svih opisanih metoda sprovedenih u toku procesa energetske planiranja.

Poređenje rezultata Izabranog i scenarija korigovanog ABM-om prikazano je na Slici 7.62. U slučaju subvencionisanja energetske sanacije, toplotnih pumpi i priključenja na daljinsko grejanje postiglo bi se praćenje željene trajektorije (mape puta) u periodu do 2034. godine. Razloge odstupanja treba tražiti u nedostatku volje i želje za promenama, a na šta jasno ukazuju rezultati ankete koji su sprovedeni u Vranju.



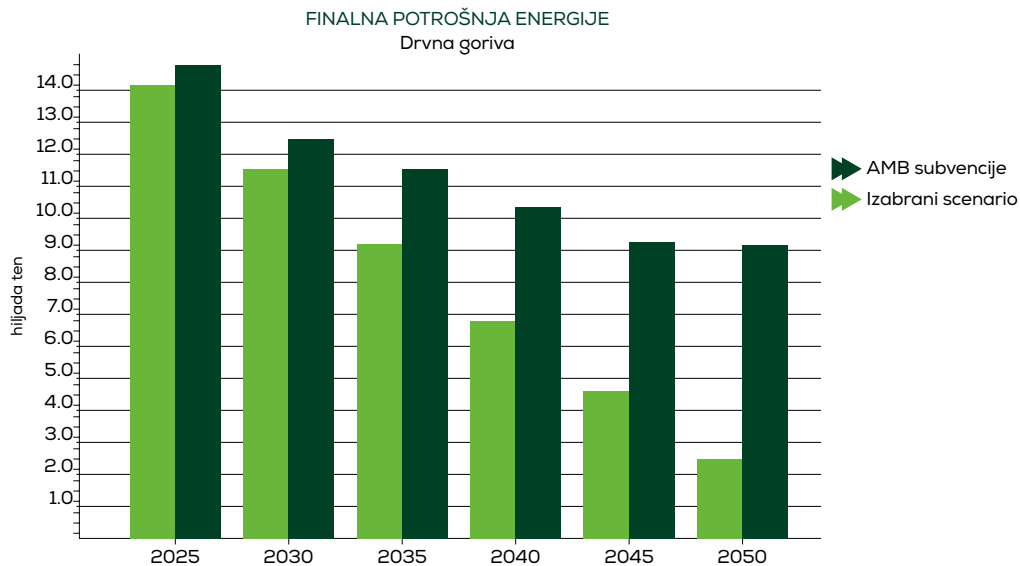
Slika 7.62: Poređenje željene putanje (Izabrani scenario) sa stvarnim dometom tranzicije (AMM subvencije)

Detaljnija analiza rezultata pokazuje nisku volju građana da se priključe na sistem daljinskog grejanja, i velika odstupanja već u 2030. godini (Slika 7.63). Predložene mere koje uključuju subvencije i finansijske olakšice neće dovesti do ostvarenja ciljeva vezanih za priključenje na sistem daljinskog grejanja, koji su navedeni kao ciljevi u mapi puta.



Slika 7.63: Potrošnja toplotne energije iz sistema daljinskog grejanja - Poređenje cilja i procenjenog dometa

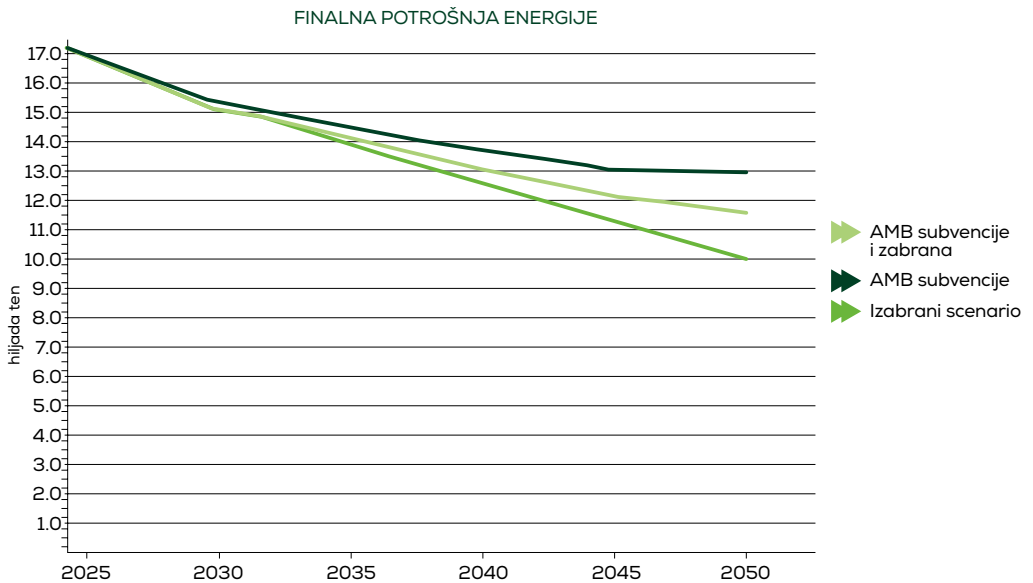
Rezultati poređenja potrošnje drvnih goriva pokazuju takođe značajna odstupanja od željene trajektorije (Slika 7.64) Predložene subvencije i finansijske podsticaje ne želi da prihvati veliki broj domaćinstava. Takođe značajan broj domaćinstava se izjasnio da poseduje šume i kao takvi nisu zainteresovani za promenu sistema grejanja.



Slika 7.64: Potrošnja drvnih goriva – Poređenje cilja i procenjenog dometa

Prikazani rezultati na slikama 7.62 - 7.64 pokazuju da se primenom samo podsticajnih mera ne mog dostići ciljane vrednosti. Kao dodatni scenarijo razmatran je scenarijo zabrane prodaje novih peći i kotlova na ogrevno drvo i ugalj za domaćinstva od 2030. godine²³.

Poređenje scenarija je prikazano na Slici 7.65.



Slika 7.65: Željena putanja tranzicije (Izabrani scenario) Efekti podsticaja (ABM Subvencije) i Efekti podsticaja i kazni (ABM Subvencije I zabrana)



Na trećoj kreativnoj radionici predložene su dodatne mere i aktivnosti, kako bi se proces energetske tranzicije u domaćinstvima usmerio ka željenom cilju (Slika 7.66).



DODATNE MERE I AKTIVNOSTI:

- Izrada strategije razvoja sistema daljinskog grejanja i hlađenja,
- Izrada studija:
 - potencijala komunalnog gradskog otpada,
 - potencijala korišćenja toplotnih pumpi i hibridnih sistema u SDG,
 - mogućnosti korišćenja geotermalne energije za grejanje u Vranju,
- Zoniranje grada - određivanje zona grada u kojima je zabranjeno loženje čvrstog goriva u individualnim ložištima,
- Planski urediti da nove zgrade moraju da budu priključene na sistem daljinskog grejanja,
- Proširenje i izgradnja sekundarne mreže toplovoda,
- Uvođenje savremenih tehnologija upravljanja i modernizacija sistema daljinskog grejanja,
- Poreske olakšice (manji porez na imovinu) za domaćinstva koja svojim sistemom grejanja ne zagađuju životnu sredinu,
- Subvencija lokalne samouprave za nabavku modernih sistema grejanja,
- Subvencije za mere energetske sanacije omotača uz obavezu priključenja na sistem daljinskog grejanja za objekte koji se nalaze na trasi toplovodne mreže,
- Obezbeđenje beskamatnog/povoljnog kreditiranja građana za primenu mera energetske efikasnosti i uvođenje ekološki prihvatljivih sistema grejanja,
- Primena striktna naplata po potrošnji u sistemu daljinskog grejanja,
- Formiranje lokalnog fonda za energetska efikasnost,
- Uvođenje monitoringa emisije iz individualnih ložišta u urbanim zonama,
- Zabrana prodaje vlažnog ogrevnog drveta i suzbijanje nelegalne prodaje,
- Povećanje ekološke takse za seču ogrevnog drveta i zabrana seče u određenom periodu godine,
- Promocija održivih sistema grejanja i primera dobre prakse u grejanju domaćinstava,
- Jačane svesti građana i edukacija sa fokusom na efekte zagađenja na zdravlje ljudi,
- Jačanje kapaciteta zaposlenih u lokalnoj samoupravi, ustanovama i gradskoj toplani,
- Obezbeđenje učešća nadležnih Ministarstava i države u lokalnim inicijativama.

УЛОГА СИСТЕМА ДГ

- * СУБВЕДИЦИЈА ЗА МЕРЕ НА ТЕРИТОРИЈИ ОУ. УЗ ОБАВЕШЉИВА ПРОВЕДУВА
- * УРБ. ПЛАН ДА ИМЕ СТАДЕ КОРИШ ДА ОБОПРЕДЕЛУВА НА ДГ
- * ПРОШИРКОВЕ СЕКУДАРНЕ МЕРНЕ ТОЛ.
- * НАПЛАТА ПО ПОТРОШКИ
- * УПОТРЕБА ХИБРИДНОК СИСТЕМА ХДГ
- * МОДЕРНИЗАЦИЈА
- * ПЛАН ТРЕЃАМА И ХЛАБРИВА
- * КАНАТИ НОВИ

* ЕДУКАЦИЈА

- * КОНТРОЛ ЗАТАБУ) ИЛИТЕ ИЗ ДИИ
- * ЗАБРАНА ПРОДАВЕ ВЛАН. ДРВ И ИЛИСТАКИ ПРОИТА

МЕРЕ

- ЕДУКАЦИЈА СТАНОРАТИ ИЛИТЕ - ЗАРАБОТЕНИ АСПЕКТ
- ПОВЕЌАТИ ЕКОЛОШКИ ТАКСУ ЗА СЕКУ ДИИВА
- ЗАБРАНА СЕКУ У ЕКСТРЕМНОМ ПЕРИОДУ (ПОСЛЕ ДИИ)
- БЕЗКАМАТИ КРЕДИТИ
- ЕКОЛОШКИ ПРОДВИЖУВАЊА ИЛИТЕ СТУДИО НА ПРАКТИКУ
- УЧЕБНИК МИНИСТАРСТВА, ДИИТЕ И СЕКУ ИЛИТЕ ИЛИТЕ

УЛОГА СИСТЕМА ДАВИШКОТО ТРЕЃАМА:

РАЗВОЈ МЕРЕ ДАВИШКОТО СИСТЕМА

МОДЕРНИЗАЦИЈА СИСТЕМА ДГ - ПЛИТЕ СИСТЕМА

СТРАТЕГИЈА РАЗВОЈА ДГ И ВАРИОСКИТЕ СИСТЕМА ТРЕЃАМА

→ зблн комфор =

Slika 7.66 Predlozi dodatnih mera i aktivnosti (Treća radionica)







7.10. SINTEZA I PERSPEKTIVA

Implementacija predloženih promena i ostvarenje željene tranzicije zahteva snažnu političku posvećenost, stabilne i transparentne regulatorne okvire, tehnološki razvoj, energetske sanacije objekata i pristup adekvatnim izvorima finansiranja.

Dosadašnja iskustva pokazuju da uspešni procesi energetske tranzicije zahtevaju usaglašenost između različitih nivoa vlasti – lokalnog i nacionalnog – uz prepoznavanje energetske tranzicije kao ključnog instrumenta za ublažavanje klimatski promena, smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, smanjenje lokalnog zagađenja i postizanja energetske nezavisnosti.

Ostvarenje ovih ciljeva zahteva takav model upravljanja koji povezuje sve relevantne aktere, uključujući javne institucije, privredni sektor, lokalne zajednice, akademsku zajednicu i istraživačke organizacije. Takva partnerstva su od ključnog značaja za postizanje dugoročnih dogovora i usklađivanje aktivnosti ka zajedničkoj viziji održive energetske tranzicije sistema grejanja do 2050. godine.

Proces mora biti snažno podržan tehnološkim inovacijama i investicijama u infrastrukturu. Neophodan je razvoj stabilnog tržišta tehnologija energetske efikasnosti, sistema obnovljivih izvora energije uz dostupnost kvalifikovane radne snage i stručnjaka.

Tranzicioni put zahteva uspostavljanje sistema informisanja i monitoringa koji razvija lako merljive i kvantifikovane indikatore praćenja, radi procene obima ostvarenih uticaja i rezultata, kao i pružanja podrške u usmeravanju aktivnosti na srednji i dugi rok.



