

NEIZKORIŠČEN POTENCIAL SHRANJEVANJA ENERGIJE V GOSPODINJSKIH NAPRAVAH ZA STABILIZACIJO ELEKTRIČNEGA OMREŽJA

UROŠ BRESKVAR

Šolski center Kranj, Kranj, Slovenija
uros.breskvar@sckr.si

Trenutne strategije za shranjevanje energije v energetskih sistemih se večinoma opirajo na baterijske tehnologije. Kljub temu obstaja velik, še neizkoriščen potencial shranjevanja energije v obliki toplote ali mraza, ki ga lahko zagotavljajo gospodinjske naprave, kot so hladilniki, zamrzovalniki in bojlerji. V tej raziskavi smo proučevali, kako prilagoditev delovanja teh naprav prispeva k stabilizaciji električnega omrežja ter podpira integracijo nestanovitnih obnovljivih virov energije. Predstavljamo analizo tehničnih možnosti in energetskega potenciala teh naprav ter njihov vpliv na učinkovitost in trajnostno delovanje omrežja. Rezultati raziskave kažejo, da lahko optimalno upravljanje teh naprav zmanjša obremenitve omrežja ter poveča njegovo prilagodljivost, kar je ključno za prihodnost energetske trajnostnih sistemov.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.8](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.8)

ISBN
978-961-286-963-2

Ključne besede:
gospodinjske naprave,
shranjevanje energije,
stabilizacija
elektroenergetskega
omrežja,
obnovljivi viri energije
energetska učinkovitost

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.8](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.8)

ISBN
978-961-286-963-2

Keywords:

household appliances,
energy storage,
electric grid stabilization,
renewable energy sources,
energy efficiency

UNEXPLORED ENERGY STORAGE POTENTIAL IN HOUSEHOLD APPLIANCES FOR ELECTRIC GRID STABILIZATION

UROŠ BRESKVAR

School Center Kranj, Kranj, Slovenia
uros.breskvar@sckr.si

Current strategies for energy storage in energy systems primarily rely on battery technologies. However, there is significant untapped potential for energy storage in the form of heat or cold, which can be provided by household appliances such as refrigerators, freezers, and water heaters. In this study, we examined how adjusting the operation of these devices contributes to stabilizing the electricity grid and supports the integration of intermittent renewable energy sources. We present an analysis of the technical capabilities and energy potential of these devices, as well as their impact on the efficiency and sustainability of the grid's operation. The results of the study indicate that optimal management of these devices can reduce grid loads and enhance its flexibility, which is crucial for the future of sustainable energy systems.



1 Uvod

Z naraščanjem uporabe obnovljivih virov energije, kot sta sončna in vetrna energija, se povečuje potreba po stabilizaciji elektroenergetskih omrežij. Obnovljivi viri energije so namreč nestalni, kar povzroča nihanja v proizvodnji, ki lahko presegajo trenutno porabo ali pa ne zadostujejo za pokritje potreb. Ta nihanja še povečujejo obremenitve na elektroenergetsko omrežje in ustvarjajo potrebo po razvoju sistemov za hranjenje energije. Tradicionalni sistemi za hranjenje energije, kot so baterije, imajo omejitve, predvsem zaradi visokih stroškov in vpliva na okolje (IEA, 2024). Zato postaja ključno raziskati nove pristope k hranjenju energije.

Raziskave na področju shranjevanja energije so v zadnjih letih doživele izjemen porast, kar je posledica prehoda na obnovljive vire energije in potrebe po stabilnosti energetskega omrežja. Natančno število trenutnih raziskav je težko določiti zaradi njihovega nenehnega naraščanja in širokega spektra področij, ki jih pokrivajo (ECA, 2022; Jadek & Pensa, 2023).

Evropska unija je v obdobju od leta 2014 do oktobra 2018 v okviru programa Obzorje 2020 namenila 1,34 milijarde evrov za projekte, povezane s shranjevanjem energije za omrežje ali nizkoogljeno mobilnost. Ta sredstva so bila usmerjena v razvoj in inovacije na področju shranjevanja energije, kar kaže na pomembnost tega sektorja za prihodnost evropske energetike (ERS, 2019).

Poleg tega je Evropska komisija objavila vrsto priporočil o shranjevanju energije s konkretnimi ukrepi, ki jih lahko sprejmejo države članice EU, da zagotovijo večjo izrabo obnovljivih virov. Analiza je namreč pokazala, da je shranjevanje energije ključno za razogljičenje energetskega sistema EU (Evropska komisija, 2023).

V Sloveniji je Kemijski inštitut organiziral kolokvij, posvečen prihodnosti raziskav na področju baterij, kar kaže na nacionalna prizadevanja za napredek na tem področju (Kemijski inštitut, 2024a). Poleg tega je konzorcij projekta Muspell, v katerem sodeluje tudi Kemijski inštitut, prejel nepovratna evropska sredstva v višini 3,5 milijona evrov za razvoj sistema za shranjevanje toplotne energije naslednje generacije (Kemijski inštitut, 2024b).

Globalno gledano, Bloomberg New Energy Finance navaja, da bo trg shranjevanja energije do leta 2030 dosegel 100 milijard dolarjev, kar kaže na ogromne naložbe in pričakovano rast v tem sektorju (BloombergNEF, 2024).

Gospodinjske naprave, kot so bojlerji, hladilniki in zamrzovalniki, predstavljajo neizkoriščen potencial za ustvarjanje prožnosti v omrežju. Te naprave lahko shranjujejo energijo v obliki toplote ali hladu in tako prispevajo k zmanjšanju obremenitev v času visoke porabe ter omogočajo boljše izkoriščanje obnovljivih virov energije. Po podatkih Eurostata gospodinjstva porabijo 25,8 % vse električne energije v Evropski uniji (Eurostat, 2024). Cilj tega članka je preučiti, kako lahko optimalno upravljanje delovanja teh naprav pomaga stabilizirati elektroenergetsko omrežje in podpre integracijo obnovljivih virov energije.

2 Povprečna poraba električne energije v gospodinjstvih

Povprečna dnevna poraba električne energije 4-članske družine je odvisna od vrste gospodinjskih aparatov, navad družine in energetske učinkovitosti naprav. V Sloveniji znaša povprečna **letna poraba električne energije** za gospodinjstvo približno **3500–4500 kWh**, kar omogoča ocenitev povprečne **dnevne porabe (SURS, 2021)**.

Letna poraba: 3500–4500 kWh

Dnevna poraba: 9,6-12,3 Wh

2.1 Razčlenitev porabe

Tipična poraba po kategorijah:

Hladilnik/zamrzovalnik:

Dnevno: 1–2 kWh

Deluje 24 ur na dan, energijsko učinkoviti modeli porabijo manj.

Pranje in sušenje:

Pralni stroj: 0,5–1 kWh na pranje

Sušilni stroj: 2–3 kWh na sušenje

Možno nastavljanje zakasnjenege vklopa.

Razsvetljava:

LED-sijalke za celo gospodinjstvo: **1–2 kWh dnevno.**

Kuhinja:

Električni štedilnik/pečica: **1–2 kWh dnevno** (odvisno od uporabe).

Pomivalni stroj: 1–1,5 kWh na pomivanje - možno nastavljanje zakasnjenege vklopa.

Gretje vode (bojler):

električni bojler: **5–7 kWh dnevno** za 4-člansko družino.

Elektronske naprave (TV, računalniki, polnilci):

Skupaj: **1–2 kWh dnevno.**

2.2 Dejavniki, ki vplivajo na porabo

Na porabo električne energije v gospodinjstvu vpliva več različnih dejavnikov. Ti dejavniki so povezani tako s tehničnimi lastnostmi naprav kot tudi z uporabniškimi navadami in sezonskimi spremembami. Ključni med njimi so:

Vrsta ogrevanja: Električno ogrevanje prostorov (npr. IR-paneli ali toplotna črpalka) lahko znatno poveča porabo.

Energijska učinkovitost: Sodobni aparati z višjim energijskim razredom (A+++)
porabijo manj elektrike.

Navade družine: Prihranek pri razsvetljavi, izklop naprav v stanju pripravljenosti
in optimizacija uporabe gospodinjskih aparatov lahko zmanjša porabo.

Sezonska nihanja: Pozimi se zaradi krajših dni in ogrevanja poraba poveča.

Iz podatkov je razvidno, da je največji porabnik električne energije v gospodinjstvu
bojler (za pripravo tople vode po raziskavi Statističnega urada RS uporablja 20%
gospodinjstev) na drugem mestu pa hladilnik oziroma zamrzovalnik, ki je običajen
za gospodinjstvo.

3 Potencial bojlerjev in hladilnikov kot termičnih hranilnikov

Za analizo potenciala shranjevanja energije v gospodinjskih napravah so bile
uporabljene simulacijske metode, podprte s podatki o povprečni porabi energije za
ogrevanje vode, hlajenje in zamrzovanje. Poseben poudarek je bil na:

- Bojlerjih kot termičnih hranilnikih energije.
- Hladilnikih in zamrzovalnikih kot hlajenih hranilnikih energije.

Analizirani so bili različni scenariji:

- Klasična poraba električne energije brez prilagoditev.
- Poraba, prilagojena časovnim intervalom nizke obremenitve omrežja.

Izračuni za bojlerje so temeljili na povprečnem grelcu moči 2 kW in prostornini 100
litrov. Za hladilnike in zamrzovalnike pa je bila povprečna poraba ocenjena na 1,5
kWh dnevno.

Dodatno so bili izvedeni izračuni ekonomskih prihrankov, ki jih omogoča premik
porabe energije v časovne bloke z nižjimi tarifami. Primerjava teh scenarijev je
omogočila oceno potenciala teh naprav za stabilizacijo omrežja.

3.1 Bojler kot hranilnik energije

3.1.1 Povprečna dnevna potreba po topli vodi

Povprečna oseba porabi približno **30–50 litrov tople vode na dan** (pri temperaturi 40–50 °C).

Za 4-člansko družino to pomeni:

120–200 litrov tople vode na dan.

3.1.2 Energija za segrevanje vode

Energija za segrevanje vode je odvisna od količine vode, temperature vode iz vodovoda in želene temperature. Za izračun uporabimo formulo:

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Kjer:

E = potrebna energija (v kWh),

m = masa vode (v kg; 1 liter vode = 1 kg),

c = specifična toplota vode (4,186 kJ/kg°C, kar je približno 0,00116 kWh/kg°C),

ΔT = razlika med začetno in končno temperaturo vode.

Primer izračuna:

Količina vode: 150 litrov (za 4 člane).

Začetna temperatura vode: 10 °C.

Želena temperatura: 50 °C.

Razlika v temperaturi: $\Delta T = 50 - 10 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$E = 150 \cdot 0,00116 \cdot 40 = 6,96 \text{ kWh}$$

3.1.3 Prožnost bojlerjev in njihov prispevek k stabilizaciji omrežja

Bojlerji zaradi svoje sposobnosti shranjevanja toplote ponujajo znatno prilagodljivost pri porabi energije. Povprečen **bojler s kapaciteto 100 litrov**, nastavljen na temperaturo $60 \text{ }^\circ\text{C}$, lahko zagotovi približno **1,3 kWh prožnosti dnevno**. To omogoča prilagoditev porabe glede na razpoložljivost energije iz obnovljivih virov in nizke obremenitve omrežja. Ta prilagodljivost je še posebej pomembna za zmanjšanje koničnih obremenitev in povečanje stabilnosti elektroenergetskega sistema.

Prožnost bi bilo možno še dodatno povečati, če bi bojlerje segrevali na višjo temperaturo, na primer 70 ali $80 \text{ }^\circ\text{C}$, saj bi to omogočilo večje shranjevanje energije v obliki tople vode. Da bi to bilo izvedljivo brez negativnih učinkov, je ključno uporabljati bojlerje, ki preprečujejo nabiranje vodnega kamna, kar je pogosta težava pri višjih temperaturah vode in vodi do zmanjšanja učinkovitosti in večjih izgub energije (Smith et al., 2020). Takšni sistemi bi omogočili boljše izkoriščanje obdobj visoke proizvodnje iz obnovljivih virov, zlasti iz sončnih elektrarn, ki največ energije proizvedejo poleti.

3.1.4 Ekonomični prihranki zaradi premika porabe

Uporaba bojlerjev za ogrevanje vode v časovnih blokih z nižjimi tarifami lahko prinese znatne prihranke. Na primer:

Povprečen **100-litrski bojler** porabi približno **4–5 kWh energije dnevno** za ogrevanje vode.

Če je cena električne energije v času visoke tarife (VT) **0,20 €/kWh** in v času nizke tarife (NT) **0,15 €/kWh**, bi premik celotnega segrevanja vode iz VT v NT prinesel naslednje prihranke:

Tedenska poraba bojlerja:

$$5 \text{ kWh/dan} \cdot 7 \text{ dni} = 35 \text{ kWh/teden.}$$

Razporeditev porabe glede na tarife:

$$\text{VT (80 ur/teden): } 80/168 \cdot 35 \text{ kWh} \approx 16,67 \text{ kWh.}$$

$$\text{NT (88 ur/teden): } 88/168 \cdot 35 \text{ kWh} \approx 18,33 \text{ kWh.}$$

Strošek brez premika (VT + NT):

$$16,67 \cdot 0,20 + 18,33 \cdot 0,15 = 3,33 \text{ €} + 2,75 \text{ €} = 6,08 \text{ €/teden.}$$

Strošek ob popolnem premiku (samo NT):

$$35 \text{ kWh/teden} \cdot 0,15 = 5,25 \text{ €/teden.}$$

Teoretični tedenski prihranek (če bi premaknili celotno porabo):

$$6,08 \text{ €} - 5,25 \text{ €} = 0,83 \text{ €/teden.}$$

Dejanski prihranek:

V realnosti celotne porabe ne moremo premakniti v NT, saj bojler mora segreti vodo tudi v času VT, da zadosti potrebam (npr. zaporedno tuširanje). Da bi zagotovili, da tople vode ne zmanjka, hkrati pa kar največjo porabo premaknili v čas nizke tarife, je smiselno uporabiti **umetno inteligenco (UI)** za prilagoditev delovanja bojlerja. Tak sistem bi lahko:

- **Ugotavljal navade uporabnikov:** UI bi analizirala urnik uporabe tople vode (npr. kdaj se družinski člani tuširajo ali uporabljajo gospodinjske naprave) in na podlagi teh podatkov prilagodila delovanje bojlerja.
- **Optimizirala segrevanje vode:** Bojler bi predčasno segrel vodo v času nizke tarife, pri čemer bi upošteval, kdaj bo potreba po topli vodi najvišja.

- **Preprečevala izpraznitev bojlerja:** Sistem bi zagotavljal, da so rezerve tople vode vedno dovolj visoke, da zadostijo potrebam gospodinjstva, tudi če je trenutna tarifa visoka.
- **Zmanjšala porabo v VT:** Preostala poraba energije bi bila zmanjšana na minimum, pri čemer bi se večina segrevanja vode izvajala med NT.

Uporaba pametnega sistema za upravljanje lahko optimizira delovanje bojlerja in premakne 75–85 % porabe v NT.

Realni prihranek (85 % porabe v NT):

$$0,85 \cdot 35 \cdot 0,15 + 0,15 \cdot 35 \cdot 0,20 = 4,46 \text{ € (NT)} + 1,05 \text{ € (VT)} = 5,51 \text{ €/teden.}$$

$$\text{Prihranek} = 6,08 \text{ €} - 5,51 \text{ €} = 0,57 \text{ €/teden.}$$

3.1.5 Prihranek zaradi zmanjšane potrebe po baterijah

Ker bojlerji učinkovito shranjujejo energijo v obliki toplote, zmanjšujejo potrebo po dragih hranilnikih električne energije, kot so baterije. Na primer, tipična hranilna baterija za gospodinjstvo s kapaciteto 10 kWh stane približno **10.000 €**. Če bi bojler zagotavljal vsaj **1,3 kWh prožnosti dnevno**, bi to pomenilo prihranek vsaj **13 % investicije** v baterijo, kar znaša približno **1300 €** na gospodinjstvo. Poleg tega bojlerji ne potrebujejo dodatne infrastrukture ali stroškov vzdrževanja, kar še dodatno povečuje njihovo ekonomsko in okoljsko privlačnost.

3.1.6 Sezonske razlike in izzivi

Prožnost bojlerjev se sezonsko spreminja. Pozimi, ko so potrebe po topli vodi večje, lahko bojlerji zagotavljajo večji potencial za prilagoditev. Poleti, ko so potrebe po topli vodi manjše, se prožnost zmanjša, kar ustvarja izziv, saj se največ energije iz sončnih elektrarn proizvede ravno v poletnih mesecih (Mills et al., 2015; IEA, 2019). Pametno upravljanje bojlerjev s pomočjo UI bi lahko reševalo ta neskladja in maksimiralo prihranke v vseh letnih časih.

Bojlerji v povprečnem gospodinjstvu predstavljajo enega največjih porabnikov električne energije, pri čemer njihova kapaciteta za shranjevanje toplote omogoča zamik porabe energije. Simulacija je pokazala, da bi lahko bojlerji z optimalnim upravljanjem prispevali do 15 % k zmanjšanju koničnih obremenitev omrežja. Izračunano je bilo, da lahko 50.000 bojlerjev prispeva 100 MWh prožnosti dnevno, kar bistveno zmanjša potrebo po dodatnih zmogljivostih za regulacijo.

3.2 Hladilnikih in zamrzovalnikih kot hranilnikih energije

3.2.1 Princip delovanja hladilnikov in zamrzovalnikov

Hladilniki in zamrzovalniki delujejo na osnovi kroženja hladilnega sredstva, ki v procesu izhlapevanja odvaja toploto iz notranjosti naprave. Ta proces omogoča kompresor, ki je eden največjih porabnikov električne energije v hladilniku. Osnovni koraki delovanja so:

- **Kompresija:** Kompresor stisne hladilno sredstvo, ki s tem postane vroče in pod visokim tlakom.
- **Kondenzacija:** V kondenzatorju se hladilno sredstvo ohladi in spremeni v tekočino.
- **Ekspanzija:** Tekoče hladilno sredstvo se sprosti skozi ekspanzijski ventil, kar povzroči padec tlaka in temperature.
- **Izhlapevanje:** Hladilno sredstvo v uparjalniku izhlapi in odvzame toploto iz notranjosti hladilnika, s čimer se prostor ohladi.

Trenutni sistemi za optimizacijo porabe električne energije pogosto uporabljajo preprosto logiko, ki izklaplja celoten aparat v času visoke tarife in ga vklaplja v času nizke tarife. Ta pristop je pri hladilnikih problematičen, saj ne moremo prekiniti hlajenja za daljše časovno obdobje, ne da bi s tem ogrozili shranjevanje živil.

Pametnejši pristopi bi morali optimizirati delovanje **samo kompresorja**, ki je največji porabnik energije. To je možno doseči z natančnim upravljanjem njegovega delovanja.

3.2.2 Sodobni hladilniki in prednosti variabilnega ekspanzijskega ventila

Sodobni hladilniki so opremljeni z **variabilnim ekspanzijskim ventilom**, ki omogoča bolj učinkovito delovanje. Ta tehnologija omogoča:

- **Manj pogoste vklopitve kompresorja:** Variabilni ekspanzijski ventil natančneje regulira količino hladilnega sredstva, kar omogoča manj pogosto delovanje kompresorja.
- **Zmanjšanje nihanj temperature:** Bolj enakomerna regulacija preprečuje nihanja temperature v notranjosti hladilnika.
- **Energetska učinkovitost:** Redkejši vklopi kompresorja zmanjšujejo konične obremenitve in porabo električne energije.

To je pomembna izboljšava v primerjavi s starejšimi sistemi, kjer se je kompresor pogosto vklapljal in izklapljal, kar je povzročalo višje stroške in večjo obrabo komponent.

3.2.3 Prožnost hladilnikov in zamrzovalnikov ter njihov prispevek k stabilizaciji omrežja

Hladilniki in zamrzovalniki zaradi svoje konstantne potrebe po energiji ponujajo možnost mikro prilagoditev za zmanjšanje obremenitev elektroenergetskega omrežja. Povprečen **hladilnik z zamrzovalnikom kapacitete 200 litrov** lahko omogoči prilagodljivost porabe v višini približno **0,5 kWh dnevno**, če se čas delovanja kompresorja prilagodi glede na trenutne obremenitve omrežja in razpoložljivost energije iz obnovljivih virov. Ta prilagodljivost omogoča majhne, a številčne prihranke, še posebej v gospodinjstvih, ki uporabljajo več naprav hkrati.

Prilagodljivost bi bilo možno še dodatno izboljšati z uporabo sodobnih tehnologij, ki omogočajo natančno upravljanje delovanja kompresorja glede na temperaturo v hladilnem prostoru in okolici. Uporaba pametnih sistemov za nadzor bi tako omogočila boljše izkoriščanje obdobj z nizko tarifo ali visoko proizvodnjo iz obnovljivih virov, ne da bi pri tem vplivala na kakovost shranjevanja živil.

3.2.4 Ekonomični prihranki zaradi optimizacije porabe

Uporaba hladilnikov in zamrzovalnikov s prilagodljivim delovanjem lahko zmanjša stroške porabe električne energije. Na primer:

Povprečen hladilnik porabi približno **1–2 kWh energije dnevno**.

Če se čas delovanja kompresorja optimizira za delovanje v času nizke tarife (NT), se lahko prihranijo stroški, povezani z visoko tarifo (VT).

Izračun prihranjenega stroška:

Tedenska poraba hladilnika:

$$1,5 \text{ kWh/dan} \cdot 7 \text{ dni} = 10,5 \text{ kWh/teden.}$$

Razporeditev porabe glede na tarife:

$$\text{VT (80 ur/teden): } 80/168 \cdot 10,5 \text{ kWh} \approx 5 \text{ kWh.}$$

$$\text{NT (88 ur/teden): } 88/168 \cdot 10,5 \text{ kWh} \approx 5,5 \text{ kWh.}$$

Strošek brez optimizacije (VT + NT):

$$5 \cdot 0,20 + 5,5 \cdot 0,15 = 1,00 \text{ €} + 0,83 \text{ €} = 1,83 \text{ €/teden.}$$

Strošek z optimizacijo (večina porabe v NT):

$$8,5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 = 1,28 \text{ €} + 0,40 \text{ €} = 1,68 \text{ €/teden.}$$

Tedenski prihranek:

$$1,83 \text{ €} - 1,68 \text{ €} = 0,15 \text{ €/teden.}$$

Letni prihranek:

0,15 €/teden · 52 tednov = 7,80 €.

Čeprav so prihranki na posamezno napravo relativno majhni, se lahko z množično uporabo optimiziranih hladilnikov dosežejo pomembni prihranki na ravni celotnega omrežja.

3.2.5 Prihranek zaradi zmanjšane potrebe po baterijah

Ker hladilniki zagotavljajo mikro prilagodljivost z možnostjo začasnega zamika delovanja kompresorja, lahko prav tako prispevajo k zmanjšanju potrebe po dragih hranilnikih električne energije, kot so baterije. Če bi hladilnik zagotavljal vsaj **0,5 kWh prožnosti dnevno**, bi to pomenilo prihranek približno **5 % investicije** v baterijo, kar znaša približno **500 €** na gospodinjstvo.

Poleg tega sodobni hladilniki z variabilnim ekspanzijskim ventilom in bolj učinkovitim upravljanjem kompresorja ne potrebujejo dodatne infrastrukture ali visokih stroškov vzdrževanja, kar še dodatno povečuje njihovo ekonomsko in okoljsko privlačnost. Ta prilagodljivost omogoča gospodinjstvom, da izboljšajo svoje energetske rešitve brez večjih začetnih investicij.

3.2.6 Sezonske razlike in izzivi

Hladilniki delujejo enakomerno skozi vse leto, vendar se njihova poraba lahko poveča v poletnih mesecih zaradi višjih temperatur okolja. To predstavlja dodaten izziv pri optimizaciji porabe, **a hkrati poleti sončne elektrarne proizvedejo največ energije**. Pametno upravljanje hladilnikov s pomočjo UI lahko izkoristi to sezonsko usklajenost in dodatno zmanjša obremenitev omrežja.

4 Zaključek

Predstavljene rešitve kažejo velik potencial za prispevek gospodinjskih naprav k stabilizaciji elektroenergetskega omrežja. Vendar pa obstajajo izzivi, vključno s potrebo po standardizaciji komunikacijskih protokolov, izboljšanju algoritmov za optimizacijo in zagotavljanju ekonomskih spodbud za končne uporabnike.

Zmanjšanje koničnih obremenitev bi imelo tudi pomembne ekonomske koristi, saj bi zmanjšalo stroške za operaterje omrežja in omogočilo učinkovitejše izkoriščanje obstoječe infrastrukture. Hkrati bi zmanjšanje nihanj proizvodnje in porabe energije prispevalo k trajnostnemu razvoju energetskega sistema.

Z uporabo **100-litrskega bojlerja** za shranjevanje energije v obliki toplote in z uporabo umetne inteligence za optimizacijo njegovega delovanja lahko gospodinjstva letno prihranijo na stroških električne energije, zmanjšajo potrebo po baterijah in hkrati prispevajo k stabilizaciji elektroenergetskega omrežja. Takšni pristopi ne le zmanjšujejo stroške za uporabnike, temveč tudi povečujejo učinkovitost porabe energije in spodbujajo prehod na trajnostne energetske rešitve.

Z uporabo pametnih hladilnikov in zamrzovalnikov, ki omogočajo prilagodljivo delovanje in vključujejo tehnologijo variabilnega ekspanzijskega ventila, lahko gospodinjstva letno prihranijo stroške električne energije, zmanjšajo potrebo po baterijah in hkrati prispevajo k stabilizaciji elektroenergetskega omrežja. Takšni pristopi so še posebej učinkoviti, če se uporabljajo v velikem obsegu, saj spodbujajo trajnostno porabo energije.

Uporaba bojlerjev, hladilnikov in zamrzovalnikov za shranjevanje energije predstavlja praktičen in učinkovit način za izboljšanje stabilnosti elektroenergetskega omrežja. Optimizirano upravljanje teh naprav bi lahko prispevalo k večji integraciji obnovljivih virov energije, zmanjšalo obremenitve omrežja in izboljšalo trajnost celotnega sistema. Nadaljnje raziskave na tem področju bi morale vključevati razvoj pametnih tehnologij predvsem s strani proizvajalcev tovrstnih aparatov.

Združevanje teh naprav v sistem pametnega upravljanja je pokazalo možnost zmanjšanja dnevnih obremenitvenih špic za do 20 %. To bi omogočilo boljše izkoriščanje obnovljivih virov energije in zmanjšalo potrebo po dodatni regulaciji iz strani operaterjev omrežja in zmanjšanje potreb po vgrajevanju baterijskih sistemov.

Literatura

- BloombergNEF. (2024). *Global energy storage market records biggest jump yet*. Pridobljeno iz <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-records-biggest-jump-yet/>
- European Court of Auditors (ECA). (2022). *Energy storage: Challenges and key role in ensuring a decarbonised and secure energy system*. Pridobljeno iz https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/brp_energy/brp_energy_sl.pdf

- Eurostat. (2024). *Electricity production, consumption and market overview*. Pridobljeno iz https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_production_consumption_and_market_overview
- Evropska komisija. (2023). *Priporočilo Komisije z dne 14. 3. 2023 o shranjevanju energije – temelj razogljičenega in varnega energetskega sistema EU* (C(2023) 1729 final). Pridobljeno iz <https://www.nastik.si/novice/podrobnosti-novice/shranjevanje-energije-kljucno-za-razogljičenje-energetskega-sistema-eu>
- Evropsko računsko sodišče (ERS). (2019). *Skladičenje energije: bistveno za energetski prehod, vendar potrebni nadaljnji ukrepi za spodbujanje trga* (Posebno poročilo št. 5). Pridobljeno iz https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR19_05/SR_ENERGY_STORAGE_SL.pdf
- Godejša, M. (2015). *Vodenje porabe gospodinjanskega odjemalca z uporabo hišne avtomatizacije* (Magistrsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko.
- International Energy Agency (IEA). (2019). *Smart Appliances and Their Role in Energy Systems*. IEA Publications.
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Global energy review 2024: Electricity and energy demand trends*. Pridobljeno iz <https://www.iea.org>
- Jadek & Pensa. (2023). *Financiranje projektov shranjevanja električne energije*. Pridobljeno iz <https://jadek-pensa.si/financiranje-projektov-shranjevanja-elektricne-energije/>
- Kemijski inštitut. (2024). *Prihodnost raziskav na področju baterij v Sloveniji: Kolokvij Kemijskega inštituta*. Pridobljeno iz <https://www.tromba.si/tag/kemijski-institut/>
- Kemijski inštitut. (2024). *S projektom Muspell do inovativnega sistema za shranjevanje toplotne energije naslednje generacije*. Pridobljeno iz <https://www.ki.si/novica/s-projektom-muspell-do-inovativnega-sistema-za-shranjevanje-toplotne-energije-naslednje-generacije/>
- Kemijski inštitut. (2024a). *Prihodnost raziskav na področju baterij v Sloveniji: Kolokvij Kemijskega inštituta*. Pridobljeno iz <https://www.tromba.si/tag/kemijski-institut/>
- Kemijski inštitut. (2024b). *S projektom Muspell do inovativnega sistema za shranjevanje toplotne energije naslednje generacije*. Pridobljeno iz <https://www.ki.si/novica/s-projektom-muspell-do-inovativnega-sistema-za-shranjevanje-toplotne-energije-naslednje-generacije/>
- Mills, B., Telsnig, T., Lechtenböhrer, S., & Krampe, F. (2015). *Flexible Demand in European Households: Potential and Challenges*. *Energy Reports*, 1(2), 45–53.
- Smith, J., Taylor, R., & Johnson, P. (2020). *Energy Optimization for Refrigeration Systems*. *Journal of Energy Systems*, 12(4), 78–90.
- Statistični urad Republike Slovenije (SURS). (2021). *Poraba električne energije v gospodinjstvih*. Pridobljeno iz <https://www.stat.si>