

Poročilo C1.1, Zvezek 2:

Potenciali za zmanjšanje emisij do leta 2050 in srednjeročni izzivi

Stavbe

Končno poročilo

LIFE ClimatePath2050 (LIFE16 GIC/SI/000043)

Poročilo *Stavbe* je drugi zvezek poročila *Potenciali za zmanjšanje emisij do leta 2050 in srednjeročni izzivi*, pripravljenega v okviru projekta *LIFE Podnebna pot 2050, Slovenska podnebna pot do sredine stoletja* (LIFE ClimatePath2050 »*Slovenian Path Towards the Mid-Century Climate Target*,« *LIFE16 GIC/SI/000043*). Projekt izvaja konzorcij, ki ga vodi Institut »Jožef Stefan« (IJS), s partnerji: ELEK, načrtovanje, projektiranje in inženiring, d. o. o., Gradbeni Inštitut ZRMK (GI ZRMK), d. o. o., Inštitut za ekonomska raziskovanja (IER), Kmetijski inštitut Slovenije (KIS), PNZ svetovanje projektiranje, d. o. o., Gozdarski inštitut Slovenije (GIS) in zunanji izvajalci.

ŠT. POROČILA/REPORT N.:

Poročilo C1.1, Zvezek 2, ver. 1.0

DATUM/DATE:

31. maj 2018, dopolnitev december 2021 (končno urejanje)

AVTORJI/AUTHORS:

dr. Gašper Stegnar

Matjaž Česen, univ. dipl. meteorol.

Tadeja Janša, mag. posl. ved

mag. Andreja Urbančič

Marko Djorić, univ. dipl. inž. el.

mag. Barbara Petelin Visočnik, vsi IJS

dr. Marjana Šijanec Zavrl

dr. Henrik Gjerkeš

mag. Miha Tomšič

Luka Zupančič, dipl.inž.grad., vsi GI ZRMK

prof. dr. Grega Bizjak

dr. Matej B. Kobav, oba Fakulteta za elektrotehniko Univerza v Ljubljani

dr. Denis Marinšek

prof. dr. Andreja Cirman, oba Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani

mag. Joerg Prestor,

Simona Pestotnik, univ.dipl. inž. vod. in kom.inž., oba Geološki zavod Slovenije

REPORT TITLE/NASLOV POROČILA:

Deliverable C1.1, Climate Mitigation 2050 Potentials and Mid-term Challenges, **Part 2**: Deep renovation of buildings and other measures

Končno poročilo C1.1: Potenciali za zmanjšanje emisij do leta 2050 in srednjeročni izzivi,
Zvezek 2: Stavbe

Vsebina

POVZETEK	4
SUMMARY	8
1 TEHNOLOGIJE IN REŠITVE ZA ZMANJŠANJE EMISIJ TGP	13
1.1 OVOJ STAVBE	13
1.2 SISTEMI ZA OGREVANJE IN HLAJENJE V STAVBAH.....	33
1.3 SOČNE ELEKTRARNE.....	97
1.4 PREZRAČEVANJE	101
1.5 GOSPODINJSKI APARATI.....	107
1.6 RAZSVETLJAVA.....	120
2 ANALIZE POTENCIALA ZA ZMANJŠANJE EMISIJ TGP V STAVBAH KULTURNE DEDIŠČINE	124
2.1 VARSTVENI REŽIMI	124
2.2 PREGLED PODATKOVNIH VIROV	126
2.3 TEHNOLOGIJE ZA PRENOVO STAVB KULTURNE DEDIŠČINE.....	130
2.4 TIPIČNI PROJEKTI IN NJIHOVA PONOVLJIVOST	146
3 ANALIZA FINANČNIH ZMOŽNOSTI GOSPODINJSTEV ZA IZVEDBO UKREPOV	149
4 TIPOLOGIJA STAVB	152
5 OCENA TEHNIČNEGA IN EKONOMSKEGA POTENCIALA	159
5.1 TEHNIČNI POTENCIAL PRENOVE STAVB IN DRUGIH UKREPOV V GOSPODINJSTVIH, JAVNEM SEKTORJU IN ZASEBNEM STORITVENEM SEKTORJU.....	159
5.2 EKONOMSKE KARAKTERISTIKE POTENCIALA	172
5.3 POTENCIAL GEOTERMALNE ENERGIJE	195
6.1 UPORABNOST TOPLOTNE KARTE.....	203
6.2 TOPLOTNA KARTA SLOVENIJE.....	204
7 SEZNAMI	206
7.1 SEZNAM OZNAK IN KRATIC	206
7.2 SEZNAM SLIK	207
7.3 SEZNAM PREGLEDNIC	210

Povzetek

V okviru projekta LIFE Podnebna pot 2050¹ je bilo pripravljeno *Poročilo C1.1, Potenciali za zmanjšanje emisij do leta 2050 in srednjeročni izzivi*, v katerem so predstavljene glavne ugotovitve analize potencialov za zmanjšanje emisij TGP, pripravljene v okviru projekta v obdobju med 2017 in 2021. Rezultati analiz so bili s pomočjo modelov, razvitih ali nadgrajenih v projektu, uporabljeni za modeliranje ukrepov, scenarijev in njihovih učinkov², kar je bilo ključna strokovna podlaga za *Dolgoročno podnebno strategijo Slovenije do leta 2050 (DPSS)*, *Nacionalnega energetskega podnebnega načrta Republike Slovenije (NEPN)*³; *Dolgoročne strategije energetske prenovе stavb do leta 2050, Operativnega programa nadzora nad onesnaževanjem zraka (OP NOZ)* in drugih strateških dokumentov.

Dokumentacijo analize potencialov oz. *Poročilo C1.1, Potenciali za zmanjšanje emisij do leta 2050 in srednjeročni izzivi* sestavlja več zvezkov:

- **Zvezek 0, Povzetek za odločanje**, kjer so izpostavljeni glavni rezultati analize potencialov;
- **Zvezek 1, Vloga novih tehnologij in goriv ter njihova perspektiva po sektorjih**, vključuje pregled tehnologij za katere se na podlagi inženirske ocene predvideva, da bi lahko v nekoliko daljši prihodnosti pomembno prispevale k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Obravnavane so naslednje tehnologije: shranjevanje energije – toplotne in električne, vpliv shranjevanja energije na razvoj drugih tehnologij, gorivne celice, toplotne črpalke in odvečna toplota, vozila na električen in alternativne pogone (vodikove, plinske in druge), rešitve na področjih pametnih omrežij in snovne učinkovitosti ter prihodnje tehnologije v kmetijstvu;
- **Zvezek 2, Stavbe**, v katerem so celovito prikazani potenciali na področju zmanjševanja emisij TGP v sektorju stavb. Podan je pregled tehnologij in rešitev za zmanjšanje emisij TGP na ovoju stavbe, v sistemih v stavbah, prezračevanju, gospodinjskih aparatih in povzetek analize za razsvetljavo (celotna analiza je v Zvezku 7)⁴. Vključuje tudi dve posebni analizi: potencialov za zmanjšanje emisij TGP v stavbah kulturne dediščine in povzetek analize finančnih zmožnosti gospodinjstev za izvedbo ukrepov (celotna analiza je v Zvezku 2a). Predstavljena je tudi tipologija stavb, ki je osnova nadaljnjih analiz ter rezultati z oceno tehničnega in ekonomskega potenciala;
- **Zvezek 3, Promet**, v katerem je celovito prikazano potencialov na področju zmanjševanja emisij TGP v sektorju promet. Vključuje poglavja o ukrepih za zmanjšanje emisij TGP v prometu, dejavnikih, ki vplivajo na prometno delo, analizo novih tehnologij in storitev ter osnove za ocenjevanje vpliva na prometno delo, zmanjšanje emisij ter

¹ LIFE ClimatePath2050 (*Slovenian Path Towards the Mid-Century Climate Target*)

² Poročilo C3.2. Povzetek analize scenarijev za odločanje o Dolgoročni podnebni strategiji Slovenije do leta, Poročilo projekta LIFE Podnebna pot 2050.

³ Obveznost pogodbenic za pripravo dolgoročne strategije razvoja, usmerjenega v družbo z nizkimi emisijami toplogrednih plinov, je opredeljena v 4. členu 19. odstavku *Pariškega sporazuma*.

⁴ Horizontalna analiza tehnologij za področje razsvetljave za več sektorjev je podana v *Poročilu C1.1, Zvezku 7*.

druge koristi in vplive, obširno poglavje o e-mobilnost ter o alternativnih gorivih v prometu;

- **Zvezek 4, Industrija**, ki vključuje celovit prikaz potencialov na področju zmanjševanja emisij TGP v sektorju industrija. Zvezek povzema pregled tehnologij po panogah, tehnologije na področjih izkoriščanja odvečne toplote in obnovljivih virov energije ter drugih horizontalnih tehnologij. Podani so rezultati ankete o porabi energije v industriji, ocena tehničnega potenciala za zmanjšanje emisij TGP v energetske intenzivnih dejavnostih in horizontalnih tehnologij ter izhodišča za analizo potenciala za zmanjšanje emisij z ukrepi na področju snovne učinkovitosti v industriji;
- **Zvezek 5, Transformacije**, ki vključuje celovit prikaz potencialov na področju zmanjševanja emisij TGP v sektorju transformacij. Zvezek obravnava tehnične in ekonomske potenciale za hidroelektrarne, sončne elektrarne, jedrske elektrarne tehnološki in gorivni prehod (*technology switch*), zajem in shranjevanje ogljika, soproizvodnjo toplote in električne energije, male hidroelektrarne, fleksibilne tehnologije (*smart flex technology*), vetrne elektrarne na kopnem, napredna (pametna) omrežja, geotermalne elektrarne in koncentratorske sončne elektrarne. Shranjevanje električne energije, je v celoti, vključno s potenciali za prodor zrelih tehnologij, obravnavano v Zvezku 1;
 - **Zvezek 5a, Analiza potenciala plitve geotermalne energije v Sloveniji do leta 2050**, ki vključuje ekonomske vidike izkoriščanja geotermalne energije, dejavnike in omejitve njenega izkoriščanja, pripravo koncepta in modela za izračun potenciala, izračun na primeru Maribora in analizo potenciala za gosto poseljena območja za celotno Slovenijo;
 - **Zvezek 5b, Potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji do leta 2050**, celovit prikaz potencialov na področju zmanjševanja emisij TGP s pridobivanjem električne energije v Sloveniji iz strešnih elektrarn in samostojnih elektrarn na degradiranih območjih. Analiza vključuje podatke o osončenju, površinah, klimatskih pogojih, degradaciji tehnologije z leti, razvoj tehnologij, možnih izkoristkih površin, ovirah, glede omrežja in povpraševanja oz. možnosti shranjevanja energije, ekonomske parametre za ocen potenciala, ter oceno tehničnega in ekonomskega potenciala.
 - **Zvezek 5c, Študija orientacij streh obstoječega stavbnega fonda v Sloveniji**, ki pomeni nadgradnjo analize potenciala sončnih elektrarn z natančnejšo analizo orientacije streh v Sloveniji na podlagi katastra stavb in aerolaserskega skeniranja, izračune ter rezultate izračunanih segmentov po razredih nagibov in orientacije streh;
- **Zvezek 6, Ostali sektorji - LULUCF**, kjer je celovito prikazano stanje na področju zmanjševanja emisij TGP in povečevanja ponorov v sektorju rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstvo (LULUCF), kjer so podani ukrepi in tehnični potencial na gozdnih, kmetijskih in drugih zemljiščih. Podana so tudi izhodišča za; vrednotneje ekonomskega potenciala;
- **Zvezek 7, Analiza - razsvetljava v Sloveniji do leta 2050**, v kateri so predstavljene perspektive na področju razvoja tehnologij in njihove uporabe v gospodinjstvih, industriji

in stavbah storitvenega sektorja ter zunanje razsvetljave, vključno z novimi tehnologijami;

- **Zvezek 8, Analiza dejavnikov, povezanih s finančnimi sposobnostmi gospodinjstev, ki vplivajo na odločanje o investicijah za učinkovito rabo energije**, ki podaja in dokumentira analizo v celoti. Predstavljeni rezultati vključujejo: značilnosti gospodinjstev, ki so izvedla posamezne investicije za učinkovito rabo energije, ki so uporabila spodbude Eko sklada, glede njihove opremljenosti in glede na sposobnosti za financiranje potrebnega obsega investicij;
- **Part 9. Financiranje prehoda v nizkoogljično družbo v Sloveniji – ključni izzivi in strateške usmeritve**, naslavlja naslednje vsebine in izzive: trenutno strukturo javnega financiranja, ki je pomembna za podnebje, naložbe v nizkoogljične možnosti, institucionalna ureditev, povezana z upravljanjem javnih podnebnih financ, ureditev finančnega sektorja, vprašanja distribucije in sprejemljivosti;
- **Zvezek 10: Metodologija**, v katerem so podana izbrana poglavja o metodologijah za ocene potencialov: okvir za oceno tehničnega in ekonomskega potenciala za izkoriščanje plitve geotermalne energije, ocena potenciala sončne energije, analiza dejavnikov povezanih s finančnimi sposobnostmi gospodinjstev za izvedbo ukrepov URE in OVE ter ocena potenciala za izkoriščanje odvečne toplote v industriji. V tem poročilu so izpostavljene izbrane metodologije, opisi ostalih uporabljenih metodologij so podani v posameznem zvezku;
- **Dodatek 1: Povzetek rezultatov in gradiva tehničnih delavnic**, obsega Poročilo o delavnici, program delavnice in predstavitev z delavnic: *Izkoriščanje trde biomase v energetske namene in potenciali do leta 2050, poroči in Prihodnost zemeljskega plina in razvoj niskoogljičnih nadomestnih goriv* obsega. Za gradiva z ostalih delavnic na področjih analize potencialov glej spletno stran projekta (*Poročilo 5.3. Gradiva objavljena na spletni strani projekta - sinteza delavnic analize scenarijev*).

Pričujoči dokument je **Zvezek 2, Stavbe**.

V letu 2010 so stavbe predstavljale 32 % celotne svetovne porabe končne energije, 19 % emisij toplogrednih plinov (vključno z električno energijo), približno tretjino emisij črnega ogljika in osmo do tretjino F-plinov (srednje dokazi, srednje strinjanje)⁵. Ta poraba energije in z njo povezane emisije se lahko zaradi več ključnih trendov podvojijo ali celo potrojijo do sredine stoletja. Zelo pomemben trend je povečan dostop milijard ljudi v državah v razvoju do ustreznih stanovanj, električne energije in izboljšanih naprav. Načini zagotavljanja teh potreb, povezanih z energijo, bodo bistveno določili trende v porabi energije v stavbah in z njimi povezanih emisijah. Poleg tega se rast prebivalstva, preseljevanje v mesta, velikost gospodinjstev spreminjajo in povečujejo bogastvo in življenjski slog.

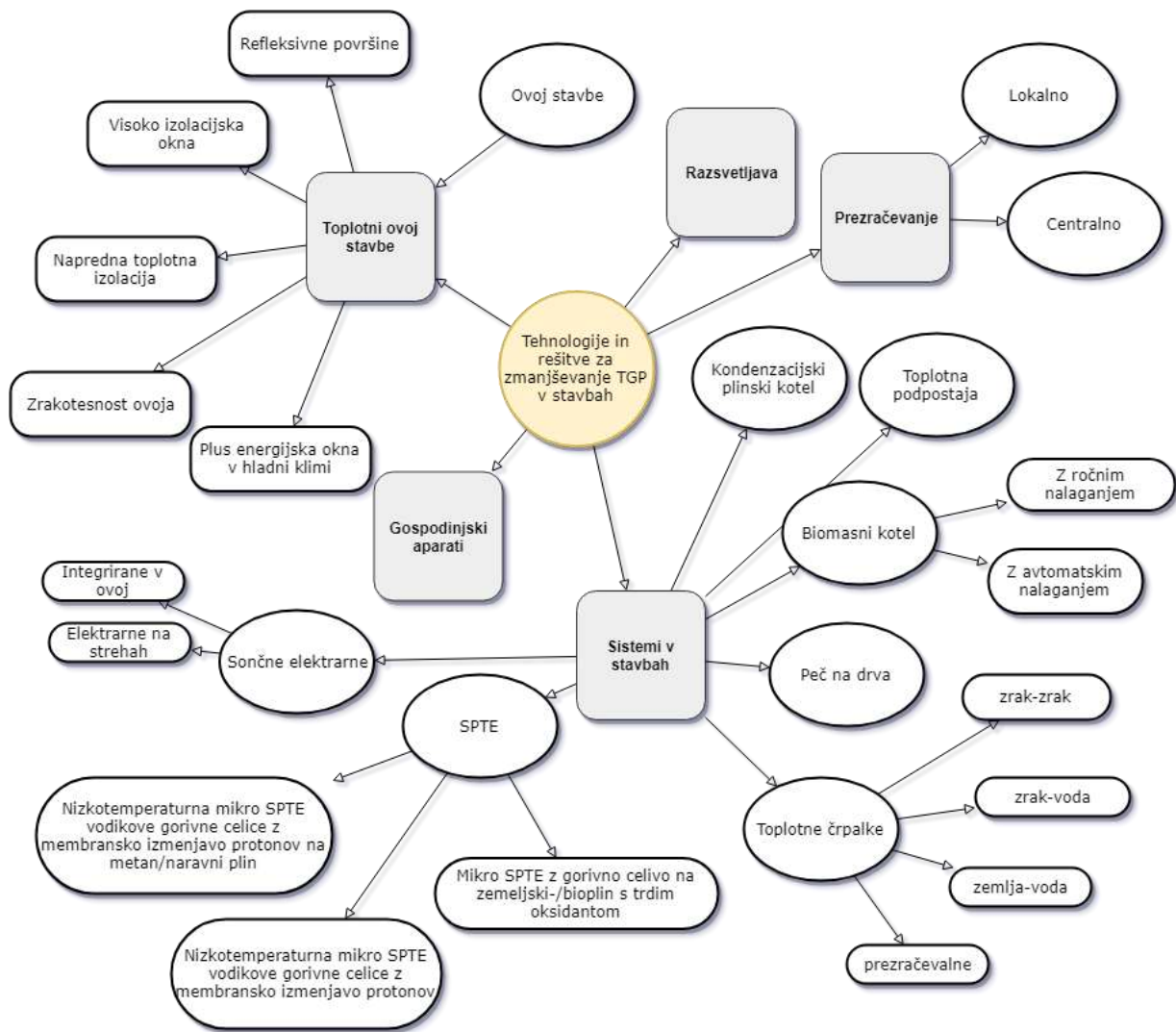
V Sloveniji se za razliko od svetovnih trendov ne predvideva centralizacija prebivalstva v večjih mestih ter preseljevanje ljudi iz podeželja v mesta. Specifično slovenska razpršena poselitev je predvidena še naprej, kar pomembno vpliva na strukturo uporabe tehnologij za delovanje stavb. V Sloveniji imamo v enostanovanjskih stavbah skoraj 400.000 kotlov, medtem ko jih je v

⁵ IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

večstanovanjskih nekaj več kot 120.000. Veliko teh je starih in se bodo v prihodnosti menjali z novimi, bolj učinkovitimi. Poznavanje obstoječih in novih tehnologij je zato izjemnega pomena pri ozaveščanju in spodbujanju zamenjav kotlov.

Na področju potencialov v stavbah so v poročilu predstavljene tehnologije na toplotnem ovoju stavbe, sistemov v stavbah za ogrevanje in hlajenje, razsvetljave, prezračevanju in gospodinjskih aparatov (Slika 1). Venomer tudi prihaja do pomembnih izboljšav učinkovitosti in znižanje stroškov za številne tehnologije in lahko pričakujemo nadaljnja pomembna izboljšanja. Takšni primeri vključujejo (1) dnevno razsvetljavo in električno razsvetljavo; (2) gospodinjske aparate; (3) izolacijske materiale; (4) toplotne črpalke; (5) posredno hlajenje; (6) gorivne celice; (7) napredek na področju sistemov za digitalno avtomatizacijo in krmiljenje stavb; in (8) pametne števec. Mnogi od teh ukrepov lahko posamično zmanjšajo ustrezno porabo energije za polovico ali več. Poleg novih tehnologij se v praksi še vedno zelo pogosto uporablja uveljavljeno tehnologijo in znanje tako pri gradnji novogradenj kot pri prenovah obstoječih stavb.

Poročilo predstavlja podroben opis komponent toplotnega ovoja stavba in sistemov v stavbah ter naslavlja tudi problematiko in potenciale v stavbah kulturne dediščine ter ocenjen tehnični potencial prenove stavb in drugih ukrepov v gospodinjstvih, javnem sektorju in zasebnem storitvenem sektorju.



Slika 1: Predstavljene tehnologije v stavbah

Summary

The *Deliverable C1.1, A composite report: Climate Mitigation 2050 Potentials and Mid-term Challenges* presents the main findings of the analysis GHG emissions reduction potential prepared in the frame of the project LIFE ClimatePath2050⁶ in the period between 2017 and 2021. The results of the analyses of potentials were used in the models, developed or upgraded in the project for the assessment of several scenarios of measures as regards GHG emission reduction, air emission reduction, socio-economic impacts and impacts on sectorial development targets. The analyses were key expert basis for *Slovenian climate long-term strategy 2050 (LTS)*, final version of the *Integrated national energy and climate plan of the*

⁶ LIFE ClimatePath2050 (*Slovenian Path Towards the Mid-Century Climate Target*)

Republic of Slovenia (NECP), National air pollution control programme and Long-term energy renovation strategy for 2050 (DSEPS 2050) and other strategic documents.

The Deliverable C1.1, A composite report: *Climate Mitigation 2050 Potentials and Mid-term Challenges* consists of the following parts:

- **Part 0, Summary for decision-makers**, highlights the key results of the analysis of potentials;
- **Part 1, Role of new technologies and fuels and their perspectives by sector**, includes an overview of the GHG reduction potential of the following new technologies and fuels: electrical and thermal storage (short- and long-term), the impact of storage system on the deployment of the other technologies, fuel cells, waste heat and heat pumps, alternative fuels and electric mobility for transport of passengers and goods, smart grids, new technologies in agriculture and also potential for energy efficiency through material efficiency was presented;
- **Part 2, Deep renovation of buildings**, in this part, a comprehensive presentation of potentials for GHG reduction in building sector is given, including an overview of technologies and solutions on building envelope, heating and cooling systems in the buildings, household appliances and lighting (a summary⁷). Two specific analyses are included: analysis of GHG reduction potential at cultural heritage buildings and a summary of the analysis on financial capabilities of households to implement renewable energy (RES) and energy efficiency (EE) measures⁸. In this part, also includes a new typology of buildings, being a basis of the further analyses, and presents the final the results of the assessment of technical and economic potential for GHG emissions reduction in buildings.
- **Part 3, Transport**, includes overview of potentials for GHG reduction in the transport sector. Includes chapters on GHG reduction measures in transport, factors influencing transport load, analysis of new technologies and services and basis for estimation of the impacts on transport load, emission reduction, other benefits and impacts, e-mobility and alternative fuels in transport;
- **Part 4, Industry**, includes overview of potentials for GHG reduction in the industrial sector. The overview of technologies includes technologies used in energy intensive branches by branch, waste heat use and horizontal technologies including energy efficient electric motors, compressed air, lighting, renewable energy technologies and cogeneration. The report presents also results of the pool among industrial companies and is concluded by the results of the assessment of technical potential for GHG emissions reduction in energy intensive industrial branches and by horizontal technologies;

⁷ In *Part 2*, summary on lighting in buildings is included, the entire analysis on prospect of lighting until 2050, is presented in *Deliverable C1.1, Part 7*, was carried out by external assistance of Fakulteta za elektrotehniko/Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.

⁸ *Deliverable C1.1, Part 2a, Analysis of factors related to the financial capacity of households influencing energy efficiency investment decisions*, includes the entire analysis, carried out by external assistance of Center poslovne odličnosti Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, CPOEF, Centre of Business Excellence of the School of Economics and Business, University of Ljubljana.

- **Part 5, Transformation**, includes results of the analysis of GHG emission reduction potentials in the transformation sector. The analysis comprise overview of technical and economic potentials for hydroelectric power plants, solar power plants (summary), nuclear power plants, technology and fuel switching, carbon capture and storage, cogeneration of heat and electricity, small hydropower plants, smart flex technology, onshore wind farms, advanced (smart) networks, geothermal power plants and concentrator solar power plants. The energy storage is entirety, including the potential for penetration of mature technologies, discussed in Part 1 on new technologies;
 - **Part 5a, The analysis of shallow geothermal energy potential in Slovenia until 2050**, consists of overviews of economic aspects of geothermal energy exploitation, the other factors and limitations, preparation of concept and model for potential calculation, results for the case study Maribor and results of the analysis of potential for densely populated areas Slovenia;
 - **Part 5b, The analysis of the Photovoltaic Rooftop Potential in Slovenia by 2050**, provides a comprehensive presentation of potentials for reducing GHG emissions in Slovenia by electricity from rooftop PV systems and stand-alone systems in degraded areas Analysis includes data on insolation, surfaces, climatic conditions, technology degradation over the years, technology development, possible surface utilization, barriers, electricity grid, demand, energy storage options, economic parameters for potential assessments, and the results of the assessment of technical and economic potential;
 - **Part 5c, Study of roof orientations of the existing building stock in Slovenia**, presents results of an upgrade of the analysis photovoltaic rooftop potential, including a more detailed analysis of roofs orientation. The analysis includes data on cadastre and airborne laser scanning, calculations and results of the calculated segments by classes of slopes and roof orientation;
- **Part 6, Other Sectors - LULUCF**, which presents the situation in the field of reducing GHG emissions and increasing sinks in the sector of land use, land use change and forestry (LULUCF), and gives overview of measures and analysis technical potential in forest, land and other land categories.
- **Part 7, Analysis lighting in Slovenia until 2050**, which presents perspectives in the field of lighting technology development and their use in households, industry and buildings of the service sector and outdoor lighting, including new technologies.
- **Part 8, The Analysis of financial capacity factors influencing investment choices of end users**, includes analyses of characteristics of households that have made individual investments for energy efficiency, which have used the incentives of the Eco fund, characteristics of households and their equipment, and in terms of ability to finance the required volume of investments;
- **Part 9, Financing transition to low-carbon society in Slovenia - Key challenges and guidance towards policy strategies**, is addressing the following topics and challenges: current structure of public financing with climate relevance, investments in low-carbon options, institutional set up related to the governance of public climate finances, financial sector's set-up and distributional issues and acceptance;

- **Part 10, Methodology**, which provides selected chapters on methodologies for potential assessments: framework for assessing technical and economic potential for shallow geothermal energy, assessment of solar energy potential, analysis of factors related to household financial capacity to implement EEU and RES measures and assessment of the potential for exploitation of excess heat in industry. Selected methodologies are highlighted in this report, while the other methodologies are described in parts 1-7 of this composite report;
- **Supplement 1: Summary of results and materials of technical workshops** includes summaries of the outcomes, agendas and presentations of workshops: *Exploitation of solid biomass for energy purposes and potentials until 2050, reports* and *The future of natural gas and development of carbon-free alternative fuels includes*. Material of the other workshops on the analysis of potentials, see the project website (and *Deliverable C5.3, Documentation published on the project web page: A Synthesis of Outcomes and Documentation of Workshops on Scenario Analysis*).

This document contains **Part 2, Deep renovation of buildings**.

In 2010, buildings accounted for 32% of total global final energy consumption, 19% of greenhouse gas emissions (including electricity), about a third of black carbon emissions and an eighth to a third of F-gases (medium evidence, medium agreement). This energy consumption and related emissions may double or even triple by the middle of the century due to several key trends. A very important trend/fact is the increased access of billions of people in developing countries to adequate housing, electricity and improved appliances. Ways to meet these energy-related needs will significantly determine trends in energy use in buildings and related emissions. In addition, population growth, urban migration, household size are changing and wealth and lifestyle are increasing.

In contrast to global trends, the centralization of the population in larger cities and the relocation of people from rural to urban areas is not envisaged in Slovenia. Specifically, Slovene dispersed settlement is planned to continue, which has a significant impact on the structure of the use of technologies for the operation of buildings. In Slovenia, we have almost 400,000 boilers in single-dwelling buildings, while there are slightly more than 120,000 in multi-dwelling buildings. Many of these are old and inefficient, thus will be replaced in the future by new, more efficient ones. Knowledge of existing and new technologies is therefore extremely important in raising awareness and promoting boiler replacements.

In the field of building potentials, the report presents the technologies on the building's thermal envelope, building systems for heating and cooling, lighting, ventilation and household appliances (Figure 1). There are also significant improvements in efficiency and cost reductions for many technologies, and further significant improvements can be expected. Such examples include (1) day lighting and electric lighting; (2) household appliances; (3) insulating materials; (4) heat pumps; (5) indirect cooling; (6) fuel cells; (7) advances in digital building automation and control systems; and (8) smart meters. Many of these measures can individually reduce the corresponding energy consumption by half or more. In addition to new technologies, established

technology and knowledge are still very often used in practice, both in the construction of new buildings and in the renovation of existing buildings.

The report presents a detailed description of building envelope components and building systems and addresses issues and potentials in cultural heritage buildings and the estimated technical potential of building renovation and other measures in households, the public sector and the private service sector.

1 Tehnologije in rešitve za zmanjšanje emisij TGP

Ker okvirno tretjino svetovnih emisij TGP povzročajo stavbe v povezavi z rabo energije v njih in ker analize kažejo, da bo med 75 % in 90 % stavbnega fonda držav OECD do leta 2050 še vedno v uporabi, je energijska prenova obstoječih stavb ključnega pomena za postopno razogljičenje v tem sektorju⁹. Energijska prenova stavbnega fonda je velik investicijski zalogaj, zato je pomembno prenavo načrtovati integralno in ob vključevanju naprednih tehnologij za zmanjšanje emisij TGP v stavbah izvesti stroškovno optimalno prenavo.

Doseganje ciljev na področju zmanjševanja emisij TGP v stavbnem sektorju je tesno povezano z razvojem in inovacijami ter s tržnim prodorom nizkoogljičnih tehnologij za povečanje energijske učinkovitosti stavb. Mednje sodijo tako tehnologije za povečanje energijske učinkovitosti stavbnih ovojev kot napredne energijsko učinkovite tehnologije na področju stavbnih sistemov, ki lahko vključujejo tudi tehnologije za razpršeno proizvodnjo energije iz obnovljivih virov energije (OVE).

V nadaljevanju bodo predstavljene glavne tehnologije s področja povečanja energijske učinkovitosti stavbnih ovojev in sistemov, stanje na področju razvoja in inovacij, perspektive za tržno uveljavitev, vpogled v stroškovni vidik pričakovane uporabnosti določene tehnologije in ocena njihovega potenciala za zmanjšanje emisij TGP.

1.1 Ovoj stavbe

V stavbah je zmanjšanje emisij TGP, povezanih z rabo energije za zagotavljanje ustreznih bivalnih in delovnih pogojev, pogojeno z obvladovanjem toplotnih obremenitev stavbe. Toplotne obremenitve so v naših klimatskih razmerah povezane v pretežni meri z ogrevanjem, čeprav vpliv v povezavi s hlajenjem stavb ni zanemarljiv in bo v prihodnosti tudi zaradi klimatskih sprememb naraščal. Toplotne obremenitve stavbe pogojujejo klimatske razmere v zunanem okolju in toplotni pogoji v notranjosti stavbe, notranji toplotni viri in toplotne lastnosti stavbe, še posebej toplotne karakteristike njenega ovoja.

Toplotne izgube (oz. dobitke) stavbe delimo na transmisijske in ventilacijske toplotne izgube. Pri starejšem, neobnovljenem stavbnem fondu prevladujejo transmisijske toplotne izgube, ki so posledica prehoda toplote iz notranjega v zunanje okolje skozi transparentne in netransparentne dele ovoja. Pri novejših in energijsko prenovljenih stavbah se to razmerje izenačuje oz. postopoma relativni vpliv ventilacijskih toplotnih izgub narašča, še posebej pri stavbah, kjer je zaradi njihove namembnosti potreba po večjih količinah svežega zraka. Toplotne izgube (oz. dobitke) stavb v okviru energijske prenove stavbnega fonda obvladujemo z uporabo tehnologij, ki skladno s potrebami uporabnika ob pogojih v zunanem in notranjem okolju zagotovijo čim bolj primerne termodinamične lastnosti ovoja stavbe in posledično

⁹ Več informacij o stanju emisij in obstoječih ukrepih na za njihovo zmanjšanje je podano v vsakoletni publikaciji *Podnebno ogledalo*, <https://podnebnapot2050.si/rezultati-slovenije/letno-podnebno-ogledalo/>

oblikovanje celovitih (tudi dinamičnih) konceptov za energijsko prenovo in zmanjšanje emisij TGP.

Pri prenovi starejših stavb ostaja izboljšanje toplotnih lastnosti ovoja stavbe in s tem povečanje energijske učinkovitosti osnovni ukrep. Dosedanje izkušnje iz programov globoke energijske prenove stavb so pokazale na tehnične, finančne in družbene ovire pri izvajanju množične energijske prenove. Če se na tem mestu osredotočimo na tehnično tehnološki vidik uspešnosti prenove, je po mnenju Evropske gradbene tehnološke platforme (ECTP¹⁰) izziv pri prenovi stavbnih ovojev v prihodnosti uvedba različnih oblik pred-izdelave elementov za prenovo (s čimer se zmanjšajo draga in moteča dela na kraju samem) in izboljšanje celotnega postopka prenove z integralnim pristopom k tehnološkim rešitvam, ob upoštevanju stroškov življenjskega cikla. Od (pasivnih) rešitev za povečanje energijske učinkovitosti posamezne stavbe, bomo v prihodnosti prehajali na (aktivne) rešitve za nizkoogljična grajena okolja, kjer bodo v duhu prioritet krožnega gospodarstva, razogljičenja in trajnostne gradnje zaželeni reciklabilni in bio materiali, prilagodljivi, večfunkcionalni materiali in komponente, lahke konstrukcijske rešitve (cenejša in enostavnejša montaža, manjše tveganje v primeru potresa) ter oblikovalski koncepti, ki povzemajo zglede iz narave.

Evropska komisija (EK) je v svojem večletnem načrtu za energijsko učinkovite stavbe¹¹, ki je nastajal v sodelovanju z deležniki gradbenega sektorja (ECTP)¹², oblikovala vizijo razvoja visoko tehnološke gradbene industrije, ki naj energijsko učinkovitost preoblikuje v trajnostno poslovno priložnost. Ta vizija predstavlja tudi okvir za raziskave na področju energijske učinkovitosti stavb v okviru programa Obzorje 2020. Ovoj stavbe v načrtu EK predstavlja ključni element energijsko učinkovitih stavb, pri čemer so že danes v uporabi tehnologije, ki omogočajo visoko energijsko učinkovite nove stavbe (npr.: majhna toplotna prehodnost ovoja, dobra zrakotesnost ovoja ob sistemih za prezračevanje z rekuperacijo). Izzivi prihodnosti pa so znižanje investicijskih stroškov zaradi uporabe visoko energijsko učinkovitih proizvodov ob sočasnem upoštevanju tudi drugih vidikov gradnje (zvočno ugodje, varnost v primeru požara, potresa, kakovost notranjega zraka, prilagodljivost stavbe za starajoče se prebivalstvo). Dolgoročno gledano aktivni stavbni ovoj, ki lahko pametno upravlja energijske tokove med stavbo in okoljem, predstavlja potencial za energijsko pozitivne stavbe. Prenova stavb je zaradi arhitekturnih značilnosti, tehnologije gradnje, tipologije stavbe in klimatskih pogojev bolj kompleksna naloga od novogradnje, še posebej če prenavljamo stavbe kulturne dediščine. Pri tem ne gre več le za uporabo naprednih tehnologij temveč za inovativne celostne rešitve v povezavi s načrtovanjem prenove in samo izvedbo. Znižanje stroškov energijske prenove bi po viziji EK lahko dosegli s prefabrikacijo delov ovoja, z njihovo več-funkcionalnostjo in s kompaktnimi rešitvami (ki se lahko enostavno dodajajo na stavbo). Enako kot same tehnologije za ovoj stavbe je za energijsko učinkovite stavbe dolgoročno pomembna kakovostna izvedba, ki

¹⁰ ECTP Energy Efficient Buildings Committee, *FP9 2021-2027 Position paper*, June 2018.

¹¹ *Energy-efficient Buildings: Multi-annual Roadmap for the Contractual PPP under HORIZON 2020*, EC, 2013. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/dc665bc5-f05b-4f13-b29c-ec1fdfb4cf87>

¹² Zarli et al, *Energy-efficient Buildings contractual Public-Private Partnership (EeB cPPP) 2018 Progress Monitoring Report, ECTP*. (<http://e2b.ectp.org/>)

naj temelji na vzpostavitvi zagotavljanja kakovosti pri gradnji, stalnih izboljšavah v procesu gradnje ter uvedbi BIM v proces graditve.

Cilj pri razvoju stavbnih ovojev v prihodnjih desetletjih, ki bodo posvečena dekarbonizaciji grajenega okolja, je razvoj energijsko učinkovitih ovojev, ki kombinirajo lahko med seboj povezljive materiale in komponente za znižanje potreb po energiji v stavbi. Torej je razvojni potencial v izboljšanju izolacijskih lastnosti kot v sistemih pritrjevanja. Sedanje tehnologije še niso dovolj učinkovite tako po lastnostih kot stroškovno, še posebej pri stavbni dediščini. Razvoj proizvodov mora temeljiti na razumevanju njihovega delovanja v celi življenjski dobi, skladno s potrebami stavb. Danes napredni materiali in tehnologije (npr. na nanotehnologiji temelječi izolacijski materiali in nanosi) zadovoljujejo predvsem fazo uporabe stavbe, v prihodnje bo poudarek na zniževanju porabe energije, potrebne za njihovo proizvodnjo. Novi materiali bodo združevali konstrukcijske in toplotnoizolacijske lastnosti, toplotno akumulacijsko sposobnost in majhno težo. Razvoj bo šel tudi v smeri naslavljanja problema toplotnih mostov, ob upoštevanju načela učinkovitega ravnanja z viri v življenjskem ciklu.

Razvojno inovacijski cilji na področju stavbnega ovoja po omenjenem večletnem načrtu za energijsko učinkovite stavbe EK in ECTP izpostavljajo nekatere obetavne tehnologije, primerne za zmanjšanje rabe energije in izpustov CO₂. Razvojni načrti za njihovo komercializacijo:

- razvoj inovativnega super-izolacijskega materiala in komponent ter pripadajočega proizvodnega procesa za prenove stavb (tudi dediščine) in novogradnje. Pri tem izziv predstavljajo materiali, ki bodo stroškovno učinkoviti, energijsko učinkoviti, narejeni iz obnovljivih surovin ali odpadnega materialov; materiali na osnovi slika gela in nano pen z $\lambda < 0,03 \text{ W/mK}$, ki lahko zadržijo ali odbijejo toploto iz notranjosti ali zunanosti oziroma vključijo tudi katero od drugih funkcij, namenjeni za uporabo v novih stavbi in pri prenovi. Nadalje so razvojni trend bio materiali, na osnovi naravnih vlaken ali pen za izolacijo z visoko trajnostjo. Razvoj bo šel tudi v smeri inovativnih materialov za bariere, za cevi – za lažje vključevanje v stavbo – in za zmanjšanje toplotnih mostov;
- razvoj vrednostnih verig za izdelavo na bioloških virih temelječih materialov in njihovega bio vzdrževanja v življenjskem ciklu;
- izboljšanje tehničnih lastnosti organskih materialov, na primer požarne odpornosti;
- razvoj kemičnih vmesnih snovi in veziv;
- nove stavbne komponente na osnovi zidakov z integriranimi visoko izolacijskimi materiali;
- nizko ogljični napredni betoni za trajne stavbne ovoje;
- toplotna izolacija za kleti, sistemi za zaščito pred vlago in novi materiali drenažo;
- množična proizvodnja prefabriciranih modulov, ki so stroškovno in performančno optimalni ter omogočajo lahko in varno rokovanje z njimi med gradnjo pri novih stavbah in prenovi;
- modularne »plug and play« masovno uporabne rešitve za ovoj, za poenostavitev procesa gradnje in/ali zamenjave elementov (npr. oken).

Razvojno inovacijski cilji na področju k uporabniku usmerjenih ovojev obsegajo tehnologije, ki posredno vplivajo na zmanjšanje rabe energije v stavbah:

- tehnologije in metode za razumevanje uporabnikovih potreb in večjo sprejemljivost prilagodljivih ovojev, za nove in obstoječe stavbe (in dediščino), ki naslavlja na primer kakovost zraka, nadzor vlage, prezračevanja, avtomatizacijo senčil, v povezavi s poletnim pregrevanjem, zrakotesnostjo in kakovostjo notranjega zraka;
- tehnike za zmanjševanje hlapnih in delno hlapnih organski spojin (VOC, SVOC) v gradbenih materialih (v fazi proizvodnje in v fazi uporabe).

Razvojno inovacijski cilji za stavbne ovoje, ki se prilagajajo dinamičnemu in kompleksnemu okolju, obsegajo tehnologije s potencialno velikim potencialom za izboljšanje energijske učinkovitosti stavb:

- stavbni ovoji, ki izboljšujejo in optimizirajo dnevno svetlobo in prezračevanje v stavbi;
- materiali, ki s spremembo lastnosti omogočajo shranjevanje energije (fazno spremenljivi materiali, preklopne zasteklitve, kot so termo-, elektro- in fotokromna stekla, v povezavi s PV in steklenimi površinami);
- razvoj delno prepustnih izolacijskih membran in pigmentov s prilagodljivim adsorpcijsko reflektivnim spektrom (za fasadne komponente, ki se jim spreminja absorptivnost za IR in reflektivnost glede na potrebe, v kombinaciji z izolacijo s preklopnimi U-vrednostmi);
- metode za merjenje lastnosti novih naprednih materialov a prilagodljivimi lastnostmi;
- brezživni sistem integracije IKT komponent za optimizacijo delovanja ovojev v realnem času;
- izboljšanje fleksibilnosti in trajnostni fasadnih sistemov s premično protisončno zaščito.

Razvojno inovacijski cilji za stavbne ovoje, ki lahko integrirajo proizvodnjo in pretvorbo vpadnega sončnega sevanja, navajajo razvoj tehnologij za PV- in toplotno konverzijo, ki so pametno povezane, da lahko upoštevajo bodoče sončno sevanje, z možnostjo shranjevanje viškov. Fasade so lahko aktivne in/ali reaktivne glede na signale iz sistemov energetskega managementa. Integracija mora temeljiti na interoperabilnem IT sistemu in na povezavi z BEMS, pametnimi omrežji in pametnimi mesti:

- pametni ovoji stavb, ki lahko prilagajajo svojo proizvodnjo energije in shranjevanje zunanjim pogojem;
- povezovanje obstoječih in inovativnih PV komponent (npr. OPV, DSSC¹³);
- sistemsko vključevanje termično aktiviranih materialov za zmanjšanje rabe energije;
- interakcija s pametnimi omrežji in pametnimi mesti.

1.1.1 Ekonomski in okoljski parametri tehnologij na pragu tržne aplikacije

Podrobni časovni načrt razvoja tehnologij¹¹ v okviru obravnavanega večletnega načrta za energijsko učinkovite stavbe EK in ECTP navaja ciljne parametre tehnologij, ki so ta čas še

¹³ *Global dye sensitized solar cell market analysis size intelligence study forecast 2019-2025*, WiseGuyReport, 2019. <http://worldindustryinsights.com/44709/global-dye-sensitized-solar-cells-dssc-market-analysis-size-intelligence-study-forecast-2019-2025-grene-opv-tech-3g-solar-fujikura-q24-power-nissha/>

predmet raziskav in razvoja, in bodo predvidoma v 10 letih po pričetku razvoja v fazi komercializacije (ker gre za tehnologije, ki jih v razvojnih fazah podpira program H2020, bi lahko tržni prodor teh tehnologij pričakovali okvirno v letih 2025–2030).

Stekla in elementi za usmerjanje svetlobe – nove tehnologije bodo proizvedene na način, da bo raba energije za vsak 25 % manjša, do 100 % se bodo zmanjšale emisije CO₂ in za vsaj 50 % bodo manjše emisije NO_x. Za okna se predvideva izboljšanje U-vrednosti brez dodatnih stroškov zaradi tehnoloških inovacij.

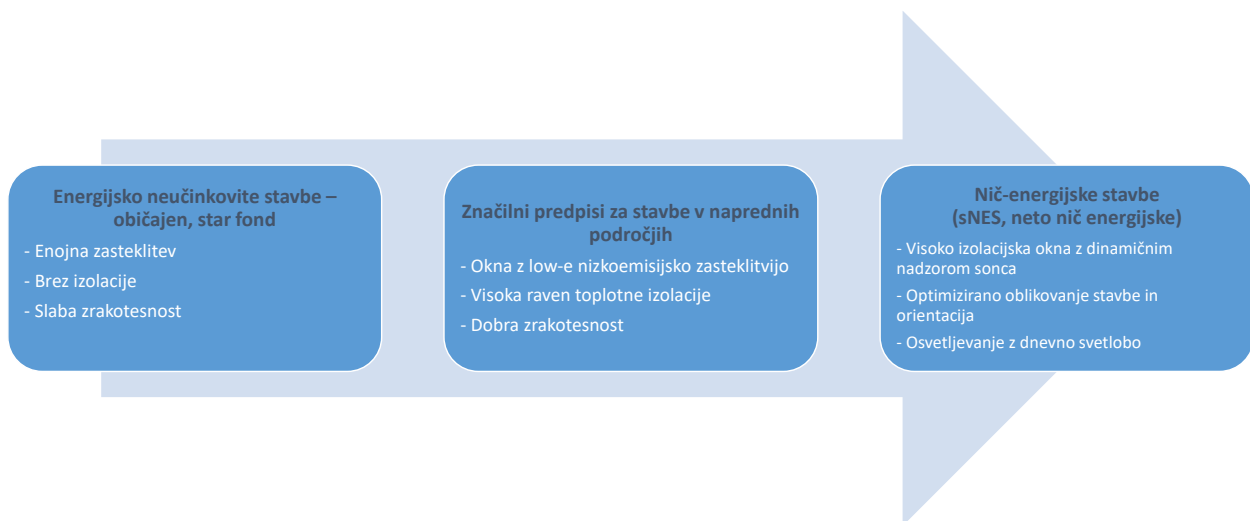
Za toplotno izolacijo, za katero je predviden v časovnem načrtu proizvodni proces z manj vgrajene energije in razvoj naprednih na nanotehnologijah temelječih visoko učinkovitih izolacij ter nanosov, kot tudi novih materialov in novih izolacijskih produktov, se pričakuje: pri tradicionalnih izolacijah za 20 % zmanjšanje vgrajenih emisij CO₂, pri bio izolacijah pa zmanjšanje toplotne prevodnosti λ na 0,02 do 0,03 W/mK. Pri nanotehnologijah se predvideva zmanjšanje stroškov za vsaj 30 % do 40 %.

Pri novih materialih se razvijajo novi načini izdelave z manjšo rabo energije in z manj emisijami CO₂ in raziskujejo super-izolacijske lastnosti stroškovno učinkovitih izolacije za gradbene materiale večjih prostornin s super izolacijskimi lastnostmi. Pri novih tehnologijah na pragu komercializacije pričakujemo zmanjšanje vgrajene energije in ogljičnih emisij ter povečanje izolacijskih in akumulacijskih lastnosti.

Primeri tehnologij na pragu tržne aplikacije. IEA (2013) je v tehnološkem načrtu za energijsko učinkovite ovoje stavb do leta 2050¹⁴ kot najbolj obetavne izpostavila naslednje tehnologije:

- visoko energijsko učinkovita okna ($U < 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) v povezavi;
- z dinamičnim nadzorom sončnega sevanja (za povečanje dnevne svetlobe in pasivnega ogrevanja stavbe) in senčenjem v zasteklitvi;
- napredna, visoko učinkovita »tanka« toplotna izolacija;
- manj delovno intenzivne tehnologije za zrakotesnost ovoja in cenejše testiranje zrakotesnosti;
- trajnejši in cenejši odsevni materiali za strehe in reflektivni premazi oz. nanosi.

¹⁴ *Technology Roadmap, Energy efficient building envelopes*, OECD/ IEA, 2013.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapEnergyEfficientBuildingEnvelopes.pdf>



Slika 2: Preobrat v graditeljstvu na poti k energijsko učinkovitim stavbam (povzeto po IEA, 2013)

Glede na to, da bodo vlaganja v energijsko prenavo stavb na svetovni ravni intenzivna med leti od 2015 do 2050, v Evropi celo najbolj do leta 2030 (zaradi starosti stavbnega fonda), je pravočasen razvoj tehnologij do ravni njihove skorajšnje tržne pripravljenosti (TRL 6-9) ključen.

Analiza IEA (IEA; 2013) o razvoju tehnologij za energijsko učinkoviti stavbni ovoj v obdobju od 2020 do 2030, njihovih lastnosti ter stroškov tehnologij je povzeta v preglednici (Preglednica 1).

Preglednica 1: Stroški in ciljne lastnosti naprednih tehnologij za energijsko učinkovit ovoj stavbe, 2020–2030 (povzeto po IEA, 2013).

Tehnologija	Tržna perspektiva	Cilji glede tehničnih karakteristik	Stroškovni cilji
Napredna toplotna izolacija (npr. aerogel, VIP)	Uporabljena za visoko učinkovite stavbe v hladnem podnebnju in pri prostorsko omejenih aplikacijah.	Toplotna prevodnost < 0,015 W/mK	Strošek materiala manjši za 50 %, strošek vgradnje primerljiv s klasičnimi sistemi.
Zrakotesnost ovoja	V široki uporabi na vsaj 95 % stavb, ki se ogrevajo ali hladijo.	Pri prenovi stavb je treba doseči izmenjavo zraka skozi ovoj $n_{50Pa} < 3,0$ /h ali 50 % zmanjšanje; Pri novogradnjah $n_{50Pa} < 0,5$ /h z mehanskim prezračevanjem	Meritve za validacijo zrakotesnosti ovoja se pocenijo za 30 do 60 %; 50 % nižja izmenjava zraka skozi netesna mesta v ovoju pri obstoječih stavbah znižana z 22 na 9 EUR/m ² .
Refleksivne površine	Uporabljene na novih kritinah in kot nanosi na strešinah pri vzdrževanju streh v vročih podnebnjih in v gosto poseljenih urbanih področjih.	Dolgotrajno doseganje SR > 0,75 za bele površine in SR > 4,0 za barvne površine.	Dodatna cena vgradnje nanosa < 9 EUR/m ²
Visoko izolacijska okna (npr. 3-zasteklitev, visoko izolacijski okenski okvir.	Potrebno v hladni klimi za vse stavbe, v mešani klimi za stanovanjske stavbe.	Uokna < 1,1 W/m ² K	Razlika v ceni v primerjavi z okni z 2-zasteklitvijo low-e nanosom) < 36 EUR/m ²

Tehnologija	Tržna perspektiva	Cilji glede tehničnih karakteristik	Stroškovni cilji
Plus energijska okna v hladni klimi (visoko izolacijska, dinamično uravnavanje sonca)	Dinamična kontrola sonca za večino stavb, ki imajo steklo zaradi doseganja dnevne svetlobe. Inovativnost in dinamični nadzor sonca za mešano in hladno klimo.	$U_{okna} < 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ in spremenljiva prepustnost za sončno sevanje (g) od 0,08 do 0,65	Razlika v ceni med visoko izolacijskim oknom s spremenljivo prepustnostjo za sončno sevanje in oknom z 2-zasteklitvijo z low-e nanosom $< 108 \text{ EUR/m}^2$.

Gradbeništvo oz. gradnja ter obnova stavb je dokaj tradicionalna panoga, ki tehnološke novosti privzema počasi in praviloma pogojeno s cenovno sprejemljivostjo. Evropsko tržišče¹⁴ je napredno z vidika uporabe novih tehnologij za energijsko učinkovit ovoj, še posebej je tržišče zrelo v primeru tehnologij toplotno izolacijskih materialov in ETICS¹⁵ sistemov, tesnjenja stikov v ovoju, uporabe nizkoemisijjskih (low-e) dvojnih zasteklitev, energijsko učinkovitih oken in dodatne opreme za okna (senčila, polkna...). Prav tako je v Evropi vzpostavljeno tržišče za različne nanose na okenskih zasteklitvah in sisteme hladnih streh z refleksijskimi nanosi, tudi trojna zasteklitev ima že uveljavljen trg. Med tehnologije prihodnosti, ki se šele uveljavljajo na evropskem trgu (in s tem tudi v Sloveniji) sodijo napredni super izolacijski materiali (aerogel in vakuumska izolacija – VIP) ter integrirani PV paneli (BIPV¹⁶).



Slika 3: Primer BIPV – v ovoj stavbe integrirani fotonapetostni elementi¹⁷

V nadaljevanju so opisani primeri nekaterih obetavnih tehnologij za visoko energijsko učinkovit ovoj, na pragu tržne aplikacije.

1.1.2 Fazno spremenljivi materiali (PCM) za integracijo v stavbno tkivo

Fazno spremenljive snovi (PCM), so snovi, ki imajo v območju spremembe agregatnega stanja visoko kapaciteto shranjevanja toplote. Med sprejemanjem ali oddajanjem toplote materiali ne

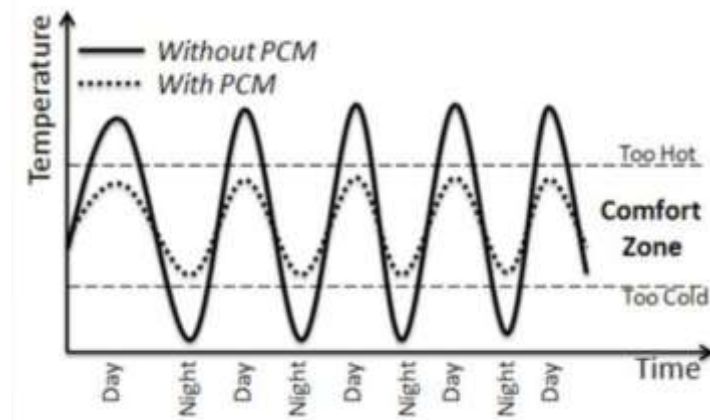
¹⁵ External Thermal Insulating Contact System (ETICS)

¹⁶ Building-Integrated PhotoVoltaics (BIPV), PV materiali, ki nadomestijo klasične gradbene material na delih stavbnega ovoja

¹⁷ Reynaers Aluminium, <https://www.reynaers.com/en/bipv>

spreminjajo temperature, ampak agregatno stanje. Ob strjevanju ti materiali toploto oddajajo in ob taljenju toploto sprejmejo. S fazno spremenljivimi snovmi rešujemo problematiko toplotne stabilnosti stavb, ki je izrazitejša pri lahkih stavbah in ki postaja bolj in bolj pomembna v ekstremnih klimatskih razmerah povezanih s podnebnimi spremembami.

V stavbnem ovoju uporabljamo materiale, ki imajo fazni prehod (taljenje/strjevanje) v območju sobnih temperatur zraka. PCM lahko v obdobju ogrevanja viške toplote shranjuje in jih vrača v prostor (ponoči, v hladnejšem obdobju), da se notranjost ne ohlaja prekomerno. V poletnem obdobju, ko je sicer potrebno hlajenje, se odvečna toplota akumulira v PCM, tako da se objekt ne pregreva. S tem zmanjšamo rabo energije (za hlajenje in gretje) zaradi ekstremnih toplotnih obremenitev stavbe in izboljšamo toplotno ugodje v bivalnih prostorih. Izbor PCM je odvisen od potreb in ga lahko prilagodimo za sezono gretja, hlajenja ali kot kombinacijo za obe sezoni (milo podnebje). Primernost materialov se določa na podlagi optimalne projektne temperature tališča, višja tališča (28–24°C) – reševanje pregrevanja, srednja tališča (24–21°C) – letno uravnavanje, nižja tališča (21–17°C) – preprečevanje podhlajevanja.



Slika 4: Shematični prikaz temperature v stavbi s PCM ali brez njega

(Vir: Sakulich, Aaron & Bentz, D.. (2011). Limiting Freeze/Thaw Damage in Cementitious Infrastructure Systems with Phase Change Materials (PCMs). *Microscopy and Microanalysis - MICROSC MICROANAL.* 17. 1482-1483. DOI: [10.1017/S1431927611008282](https://doi.org/10.1017/S1431927611008282))

PCM so že od sredine 20. stoletja prepoznani kot obetavna tehnologija za opisani namen^{18,19}, vendar je njihovo širšo komercialno uporabo v gradbeništvu zavirala tehnološko zahtevnejša umestitev PCM v stavbni ovoj (povezana z ognjevarnostjo, korozivnostjo, iztekanjem, podhlajevanjem, nizko toplotno prevodnostjo, ki lahko ovira aktiviranje PCM po globini), in

¹⁸ Šijanec Zavrl, M., *Uporaba fazno spremenljivih materialov v elementih zgradbe in njihov vpliv na toplotno ugodje v pasivnih solarnih zgradbah*, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 1993.

¹⁹ Tomšič, M., *Primerjalna analiza toplotnega odziva fazno spremenljivih materialov*, magistrska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 1994.

sorazmerno visoka cena²⁰ za gradbene aplikacije. V zadnjem času smo priča oživitvi interesa za uporabo PCM v stavbnem tkivu (in ne le v aktivnih sistemih)^{21,22}.

Omenjene fazno spremenljive materiale (PCM) — v grobem delimo glede na izvor na organske, anorganske in evtektike (kot zmesi organskih in anorganskih spojin). Najpogosteje uporabljene organske spojine so tako parafini, maščobne kisline, PEG (polietilen glikol) in sladkorni alkoholi. Anorganski materiali pa so najpogosteje hidratne soli (na primer Glauberjeva sol). Načelno so anorganski materiali na splošno nekoliko cenejši od organskih, a jih je po drugi strani nekoliko bolj zahtevno za ustrezeni način aplicirati v stavbno tkivo oz. v ovoj.

PCM je v ovoj lahko apliciran v obliki makro-kapsul ali mikro kapsul, ki jih vgradimo oz. vmešamo v matrico nosilnega materiala, poznane so tudi zmesi neenkapsuliranega PCM v nosilni matrici²³. Sam PCM oz. PCM v obliki mikro-kapsul (mikro kroglice) se zameša npr. v mavčno ali cementno maso, ki jo nato nanesimo na zunanji ali notranji del ovoja, ali npr. v beton, ki mu tako zmanjšamo težo in ohranimo sposobnost akumulacije. PCM lahko dodajamo tudi k toplotnoizolacijskim (TI) materialom v nasutem stanju (celulozna izolacija) ali penjenim TI materialom (poliuretanska pena, ekspanzirani polistiren). Makro-kapsule, večje kapsule/votli kalupi, v katere je zajeta snov (v obliki žogic, kvadrov ali pa plošč) se pritrjuje na/v stavbne elemente (zidake, strešne elemente, lesene elemente).

Prednosti in slabosti uporabe PCM v stavbnem ovoju

Prednosti uporabe PCM v stavbnem ovoju so izrazite zlasti pri povečanju toplotne akumulativnosti lahkih konstrukcij oz. sklopov s sicer nizko toplotno kapaciteto, kar ima za posledico manj izrazit odziv na obremenitve stavbe s toploto iz hladom, manjšo potrebo po ogrevanju/hlajenju v toplotno obremenjenih obdobjih ter boljše notranje toplotno ugodje. PCM omogoča zmanjšanje toplotnih obremenitev stavbe in omogoči njihov časovni zamik na ravni stavbe in elementa ovoja. Uporaba PCM v ovoju ima velik potencial predvsem pri zmanjšanju potreb po hlajenju, kar je še posebej aktualno zaradi globalnega segrevanja oz. klimatskih sprememb (ekstremno vročih poletij). Praviloma so sklopi s PCM tanjši kot primerljive tradicionalne gradbene konstrukcije, kar omogoča boljši izkoristek bivalnih površin in dodatne ekonomske koristi. Prednost organskih PCM je njihova inertnost, niso strupeni, so zanesljivi in biokompatibilni. Prednost anorganskih PCM je nekoliko večja latentna toplota pri enaki prostornini (tudi zaradi večje gostote). Slabosti PCM v ovoju stavbe so lahko tehnične narave, npr. pri organskem PCM nekoliko nižja latentna toplota, gorljivost, sorazmerno nizka toplotna prevodnost, ki ovira toplotno aktiviranje globljih plasti, če z dodatki same toplotne prevodnosti ne izboljšamo. Zato je za dnevno blaženje temperaturnih nihanj učinkovita namestitvev

²⁰ Kosny, J., Shukla, N., and Ali Fallahi, A. (Fraunhofer CSE), *Cost Analysis of Simple Phase Change Material-Enhanced Building Envelopes in Southern U.S. Climates*, DOE, Energy efficiency and renewable energy, 2013. (<https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/55553.pdf>)

²¹ Akeiber, H., Nejat, P., Majid, M. Z. A., Wahid, M. A., Jomehzadeh, F., Zeynali Famileh, I., Calautit, J. K., Hughes, B. R., Zaki, S. A., *A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes*, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 60, 1470–1497, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.036>, 2016.

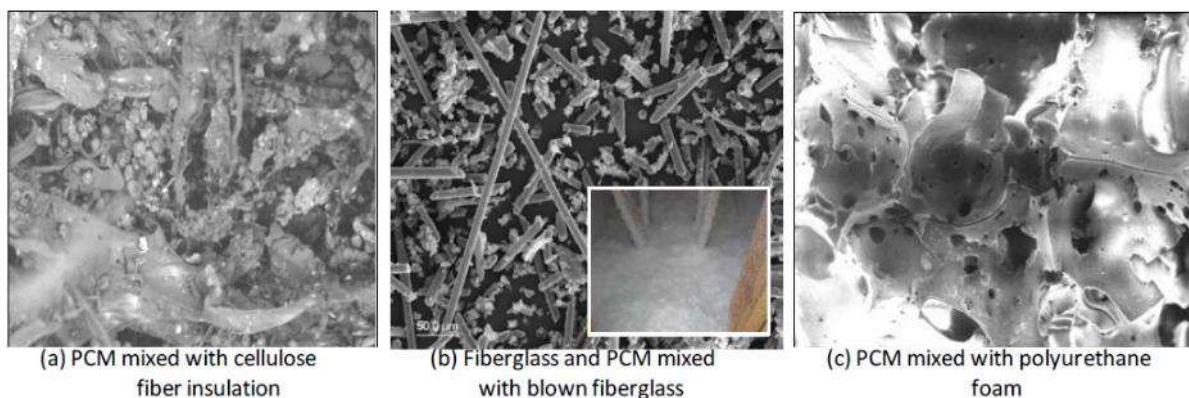
²² Kocjančič, U., *Fazno spremenljiv material v visokoizolativnem tankoslojnjem stavbnem ovoju*, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2011.

²³ Pajek, L., Kunič, R., Jagličič, Z., *Fazno spremenljive snovi (PCM) in njihova uporaba v stavbah*, *Gradbeni vestnik*, letnik 67, 51–62, 2018.

optimalnih debelin PCM čim bolj proti notranji površini. Pri nekaterih (anorganskih) PCM predstavlja težavo kemijska stabilnost, ki se kaže v podhlajevanju PCM in posledično težavnem sproščanju shranjene latentne toplote. Novejše generacije hidratov soli z izboljšanimi lastnostmi postajajo znova konkurenčne.

Omeniti velja še zelene, alternativne PMC biološkega izvora, za katere uporabljajo živalsko maščobo ali rastlinsko, palmovo, kokosovo ali sojino olje. Ti PCM so nestrupeni, funkcionalno trajni in ne degradirajo, so bolj ognjeodporni in cenejši.

Cena samega PCM (ta predstavlja le okoli 20 % cene končne aplikacije) kot tehnološke rešitve za njegovo aplikacijo v toplotnem ovoju je praviloma visoka in ta čas ovira širši prodor na trgu. Parafin kot najpogostejši organski PCM je proizvod, ki temelji na nafti, zato je tudi njegova cena odvisna od gibanja cen nafte na svetovnem trgu. Ekonomika PCM v stavbnem ovoju je močno odvisna od robnih pogojev (cene energije in PCM, klimatskih pogojev, količine, vrste in načina vgradnje PCM). Raziskava²⁰ je pokazala, da je cena parafina do 2 USD/kg in da znaša strošek enkapsulacije še nadaljnjih 45 % do 65 % cene samega PCM. Anorganski PCM so lahko v osnovi cenejši, vendar je po embaliranju praviloma cena višja (mikroenkapsulacija je zaradi kemijskih težav še predmet razvoja). Nadalje je ista raziskava pokazala, da so (enostavnejše) aplikacije PCM v ovoju (30 % volumski delež razpršenega PCM v strešni TI) lahko stroškovno učinkovite v toplem podnebjju, pri čemer je bil kot ekonomski prag privzeta najmanj 10 letna vračilna doba.



Slika 5: Mikroenkapsuliran PCM z (a) izolacijo iz celuloznih vlaken, (b) vpihan v matrico steklenih vlaken in (c) v poliuretanski peni; slika z elektronskim mikroskopom²⁴

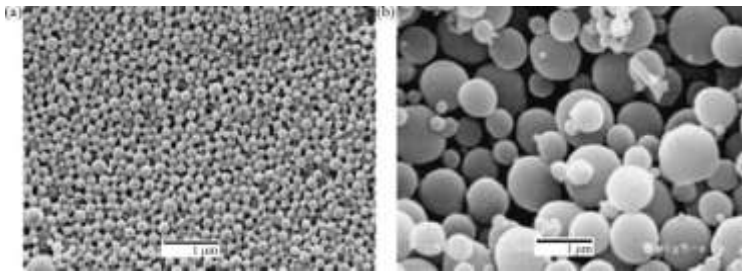
²⁴ Prav tam



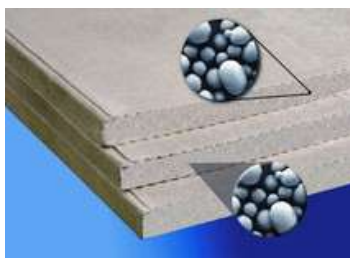
Slika 6: Makroenkapsulirani anorganski PCM (hidrat soli) 25



Slika 7: Makroenkapsulirani organski PCM²⁶



Slika 8: Mikroenkapsulirani organski PCM (parafin) v polimernem ovoju²⁷



Slika 9: Mikroenkapsulirani organski PCM v mavčnokartonski plošči²⁸

²⁵ Infinte R, <https://www.insolcorp.com/>; https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-change_material#/media/File:InfiniteR_Energy_Sheet.png

²⁶ BioPCM, <https://phasechange.com/>

²⁷ <http://andores.sell.everychina.com/p-107043480-micro-pcm-phase-change-material-phase-change-fabric-for-thermal-management.html>

²⁸ <http://www.bine.info/en/publications/publikation/latentwaermespeicher-in-gebaeuden/baustoffe-stabilisieren-raumklima/>

1.1.3 Visoko učinkovite toplotne izolacije

Uvod²⁹: klasični toplotna izolacijski materiali, kot so steklena volna, kamena volna, ekspanzirani polistiren, ekstrudirani polistiren imajo toplotno prevodnost λ v območju 0,03 – 0,04 W/mK. Visokozmogljivi izolacijski materiali iz pene, kot so poliuretanske in fenolne smole štejejo za prehod materiali med običajnimi in super-izolacijskimi materiali. Iz primerjave toplotnih prevodnosti je razvidno, da imajo aerogeli, vakuumske izolacijske plošče in vakuumske zasteklitve izjemno nizke toplotne prevodnosti, zaradi katerih jih uvrščamo med super izolacijske materiale.

Preglednica 2. Pregled toplotnizolacijskih materialov glede na njihovo toplotno prevodnost ³⁰.

Table 4
Overview of thermal insulation materials sorted by their thermal conductivity range [44].

Insulation product	Chemical composition	λ (W/m K)
Mineral wool	Inorganic oxides	0.034–0.045
Glass wool	Silicon dioxide	0.031–0.043
Foam glass	Silicon dioxide	0.038–0.050
Expanded polystyrene (EPS)	Polymer foam	0.029–0.055
Extruded polystyrene (XPS)	Polymer foam	0.029–0.048
Phenolic resin foam	Polymer foam	0.021–0.025
Polyurethane foam	Polymer foam	0.020–0.029
Silica aerogels	SiO ₂ based aerogel	0.012–0.020
Organic aerogels	Aerogels derived from organic compounds	0.012–0.020
Vacuum insulation panels (VIP)	Silica core sealed and evacuated in laminate foil	0.003–0.011
Vacuum glazing (VG)	Double glazing unit with evacuated space and pillars	0.003–0.008

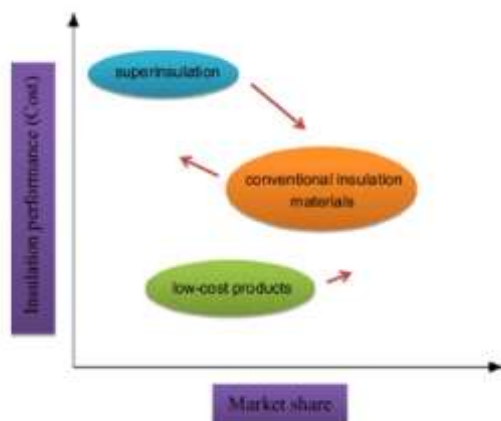


Fig. 3. A simplified view of correlation between cost, performance and market share in the insulation sector [46].

Slika 10: Poenostavljen pregled korelacija med stroški, karakteristikami (performancami) in tržnimi deleži izolacijskih materialov: poceni proizvodi, konvencionalni izolacijski materiali, super izolacijski materiali³⁰

Ker je pri naših klimatskih pogojih in prevladujoči tipologiji obstoječega stavbnega fonda težišče energetske prenove na izboljšanju toplotnoizolacijskih lastnosti stavbnega ovoja ob sočasnem

²⁹ <https://www.globalinsulation.com/conferences/global-insulation/review/2018-review>

³⁰ E. Cuce et al., *Toward aerogel based thermal superinsulation in buildings: A comprehensive review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 34 (2014) 273–299.

ohranjanju uporabnih površin stavb, je poudarek na komercializaciji toplotnih superizolacijskih materialov, seveda ob njihovem nadaljnjem razvoju. Ti materiali so namreč bistveno učinkovitejši od tradicionalne izolacije: 6 do 10-krat boljši v primeru vakuumске izolacijske plošče in 2 do 3-krat boljši v primeru super-izolatorjev pri atmosferskem tlaku (organskih ali anorganskih aerogelov)³¹.

Aerogel

Aerogel je sintetični porozni material, pri katerem se tekoča komponenta gela nadomesti s plinom. Aerogel ima precej nižjo toplotno prevodnost ($\approx 0.013 \text{ W/m K}$) kot ostali tržno dostopni izolacijski materiali. Ima tudi dobre fizikalno kemijske lastnosti, kot npr. prosojna struktura, je izjemno lahek material. Zato velja za enega najbolj obetavnih toplotnoizolacijskih materialov za gradbene namene.

Čeprav so trenutni stroški aerogela še vedno višji v primerjavi z običajnimi izolacijskimi materiali, si proizvajalci prizadevajo intenzivno zmanjšati proizvodne stroške in razviti nove vrste aerogelov ter s tem omogočiti širšo uporabo. Najpogosteje se v stavbah uporablja silikagel, manj pa ogljikov in aluminijev gel. Silikagel se odlikuje po majhni toplotni prevodnosti in gostoti, medtem ko je njegova slabost nizka natezna trdnost. Njegova stopnja poroznosti je povprečno 95 %, pore so zelo majhnih dimenzij (povprečno 20 nm). Ker je dokaj transparenten za vidno svetlobo, je uporaben tudi v transparentnih delih ovoja, tudi v vlogi toplotne izolacije transparentne za sončno sevanje, ki izboljša učinek konverzij sončnega sevanja v toploto. Aerogel je tudi odlični zvočni izolator in material za zaviranje požara, zaradi česar je izjemen med alternativnimi izolacijskimi materiali. Zaradi svojih dobrih lastnosti aerogel omogoča prihranek prostora, kar je zlasti zanimivo pri restavriranju in obnovi stavb kulturne dediščine.

V tej študiji je predstavljen tudi celovit pregled aerogela in njegove uporabe v zgradbah: nanaša se na blazine in dobavlja v rolah, kot nasutje ali za vpihovanje, v obliki plošč, kot , ter ekonomska analiza in prihodnji potencial aerogela.³²

³¹ YRIEIX, B., *Future trends in materials for thermal insulation and building envelope*. Mapping the Future of Materials Science, Sevres, France, Sept. 7–9, 2015, DOI: 10.13140/RG.2.1.1505.8323.
https://www.researchgate.net/publication/301674565_Future_trends_in_materials_for_thermal_insulation_and_building_envelope

³² Prav tam

Preglednica 3: Toplotno izolacijski materiali: njihova kemijska sestava in toplotna prevodnost v primerjavi z aerogelom in njegovimi aplikacijami (povzeto po Cuce, 2014)

E. Cuce et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 34 (2014) 273–299

Table 4
Overview of thermal insulation materials sorted by their thermal conductivity range [44].

Insulation product	Chemical composition	λ (W/m K)
Mineral wool	Inorganic oxides	0.034–0.045
Glass wool	Silicon dioxide	0.031–0.043
Foam glass	Silicon dioxide	0.038–0.050
Expanded polystyrene (EPS)	Polymer foam	0.029–0.055
Extruded polystyrene (XPS)	Polymer foam	0.029–0.048
Phenolic resin foam	Polymer foam	0.021–0.025
Polyurethane foam	Polymer foam	0.020–0.029
Silica aerogels	SiO ₂ based aerogel	0.012–0.020
Organic aerogels	Aerogels derived from organic compounds	0.012–0.020
Vacuum insulation panels (VIP)	Silica core sealed and evacuated in laminate foil	0.003–0.011
Vacuum glazing (VG)	Double glazing unit with evacuated space and pillars	0.003–0.008



Fig. 19. A facade application of aerogel at the Yale University Scripps Building and Gallery [108].

Slika 11: Primer uporabe aerogela v stavbnem ovoju Yale Univerze in galerije (povzeto po Cuce, 2014)

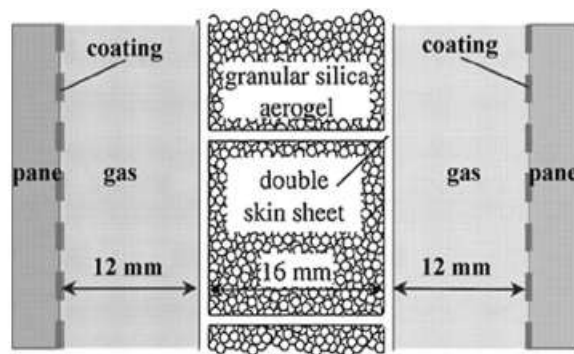


Fig. 23. Cross-section through the aerogel-glazing consisting of two glass panes [114].

Slika 12: Visoko energijsko učinkovita zasteklitev z aerogelom, sestava in primer uporabe (povzeto po Cuce, 2014).

Identifikacija ovir in pospeševalcev

Aerogel lahko zaradi izredno majhne toplotne prevodnosti z majhnimi debelinami (npr. 70 % debeline kot pri kamni volni) doseže želeni učinek toplotnega ugodja, in pri tem omogoča vitko gradnjo ter večjo uporabno površino stavb. Primeren je za problem reševanja toplotnih mostov v ovoju pri prenovi stavb. Prosojnost aerogela je spodbudila tudi druge oblike uporabe, kot npr. v kombinaciji z zasteklitvijo (kjer se monolitski aerogel zaradi svoj višje svetlobne prepustnosti obnese bolje kot granulirani)

Aerogel je približno 10-krat dražji od konvencionalnih izolacij, a prognoze pravijo, da naj bi do leta 2050 zaradi razvoja materiala in tehnologije cena zanj padla pod 500 GBP/m³, kar napoveduje dominanten položaj aerogela na trgu.

Primeri aplikacij tehnologij v večfunkcijskih sistemih

A2PBEER - Zunanja toplotno izolacijska fasada z vakuumskim izolacijskim panelom (VIP), ki predstavlja super-izolacijsko tanko prezračevano fasadno oblogo z VIP namenjeno prenovi stavb³³. Fasada vključuje naslednje komponente: VIP panele debeline 3 cm, s toplotno prehodnostjo 0.16 W/m²K, ki skupaj s sistemom sidranja, zračno komoro in poljubno oblogo omogočajo končno debelino fasade zgolj 10 cm ter zagotavljajo skupno toplotno prehodnost fasadnega sistema (U-vrednost) 0,276 W/m²K. Ker je fasadno oblogo z VIP treba izdelati v naprej (je ni mogoče rezati na kraju samem), je predvidenih 10 različnih dimenzij fasadnih plošč (najpogostejša dimenzija je 1100 mm x 770 mm), ki v kombinaciji zadoščajo za izvedbo prenove večine fasad. Plošče fasadnega sistema se pritrjujejo z inovativnim sistemom sidranja, ki zagotavlja prekrivanje stikov fasadnih panelov. Prednosti so: majhna toplotna prehodnost fasadnega sistema, majhna debelina, racionalno predhodno dimenzioniranje VIP panelov v fasadnih paneli 10 dimenzij, fasada je higrotermično inertna, uporabimo lahko različne materiale za vrhnji sloj, tudi npr. mavčno ploščo v primeru uporabe fasadnega sistema za notranjo toplotno zaščito. Fasadna obloga je primerna za prenavo v mestnih jedrih, kjer je zaželena suha montaža s čim manj vpliva na obstoječe stavbno tkivo, za prenavo v mokrih področjih (dež z vetrom), pogojno tudi za historične stavbe (v primeru sprejemljive prezračevane fasade).

ISOCAL – izolacijski apneni omet za prenavo predstavlja izolacijski hidravlično apni omet z dodatkom aerogela za zidane stavbe kulturne dediščine³⁴. Hidravlično apni omet sledi tržnim potrebam dediščinskih stavb, ki pogojujejo prenavo z uporabo kompatibilnih materialov z izvornimi (pred letom 1900). Ometu napredne toplotno izolacijske lastnosti zagotavlja dodatek aerogela, tako da pri 3 cm debeline omet izkazuje toplotno prehodnost (U-vrednost) 1,16 W/m²K, kar je dvakrat manj kot pri navadnem apnenem ometu. Uporablja se lahko kot zunanji ali notranji omet. Naša se lahko ročno in strojno, nanj je treba nanesti še zaščitni zaključni sloj. Poleg naštetega je prednost te tehnologije tudi enostavna uporaba in konkurenčni stroški, kar je posebej zanimivo za prenavo stanovanj v starejših stavbah.

SUSCON - Geopolimerni beton z vezivom na osnovi elektrofiltrskega pepela in agregatom iz mešane odpadne plastike za oblikovanje zidnih blokov ali stenskih panelov³⁵.

³³ Projekt A2PBEER (www.a2pbeer.eu)

³⁴ Projekt EFFESUS (www.effesus.eu)

³⁵ Projekt SUSCON (www.sus-con.eu)

Prednost materiala je uporaba odpadnih surovin in s tem 50 % manjše emisije CO₂ v fazi proizvodnje ter izpolnitev ideje krožnega gospodarstva. Material je s svojimi dobrimi mehanskimi ter toplotnimi lastnostmi (tlačna trdnost 18,2 MPa, toplotna prehodnost 0,266 W/m²K) konkurenčen lahkim betonskim blokom, zagotavlja tudi dobri zvočno zaščito in požarno odpornost. Material je, brez prilagajanja proizvodnih obratov, neposredno uporaben za izdelavo zidnih blokov ali za industrijsko proizvodnjo litih sten.

ASPBEER - Reverzibilno okno z nizkoemisijskim (low-E) nanosom, predstavlja pametno vrtljivo okno s sprektralno selektivnim nanosom³⁶. Pametno vrtljivo okno je primer zagotavljanja dinamičnih lastnosti v ovoju stavbe, saj če okno zavrtimo po vodoravni ali navpični zamenjamo t.i. zimske lastnosti okna z letnimi. V zimskem položaju je low-e nanos nameščen na notranjem steklu v medstekelnem prostoru in deluje kot zrcalo za toplotno sevanje iz bivalnega prostora navzven. V poletnem času pri obrnjenem položaju okna low-e nanos odbija sončevo toploto in preprečuje pregrevanje. Poleg tega ima okno tudi napredna hidravlična tesnila, ki lahko stik med krilom in okenskim okvirom hermetično zatesnijo oziroma v drugi poziciji omogočijo stalno zračenje pri zaprtih oknih. Okenski okvir je v osnovi lesen. Okna so nadzorovana ročno ali elektronsko, da je mogoče izkoristiti njihove lastnosti glede na potrebe. Cena okna je konkurenčna drugim tipom vrtljivih oken, le da to okno združuje več funkcij: prilagodljivo možnost infiltracije, dobre toplotne lastnosti, udobje pri uporabi ter robustnost.

Anerdgy tehnologija strešnih robov, predstavlja večnamenske strešne robove, in kombinira atraktivno oblikovalsko rešitev in proizvodnjo trajnostne energije³⁷ iz vetra in/ali sonca, tako da je proizvodnja energij zagotovljena ves čas. Vsebuje visoko učinkovit sistem z vetrno turbino, ki izrablja veter in tlačno razliko okoli stavbe. Ob tem je mogoče namestiti tudi poljubno število PV panelov. Tehnologija je primerna za območja s hitrostjo vetra nad 3 m/s, za ravne strehe s površino vsaj 30 m², tako za novogradnje kot prenovo. Prednost je, ker sistem namestitve komponent ne posega v notranjost strešne površine stavbe in celo soustvarja uporabni prostor. (www.zeroplus.org).



Figure 41. WindRail[®] C30 used in the France case study

production.

Table 12. Specifications for the WindRail[®] C30 module used in case study

Module	Wind / Pressure	C30-W5+ / 25"
Nominal power (W)	Photovoltaic	1500
		1200
	H1	1050
	H2	2000
	B	2000
	L1	2600
	L2	4200
	e	25"
Open platform space		4.7 m ²
Weight		250 kg
Integrated system safety features:		
Lightning protection		yes
Safety rail		yes
Snow & ice handling		yes
Rainwater handling		yes

Slika 13. Modularna vetrnica v kombinaciji s PV panelom, za namestitev v Andergy strešne robove³⁸ (H2020 Zero-Plus, www.zeroplus.org)

³⁶ Projekt A2PBEER (www.a2pbeer.eu)

³⁷ Projekt ZERO-PLUS (www.zeroplus.org)

³⁸ http://www.zeroplus.org/pdf/ZERO-PLUS_Booklet2.pdf

1.1.4 Visoko energijsko učinkovita okna in zasteklitve

Po podatkih IEA Najboljše razpoložljive tehnologije za okna in zasteklitve:

Preglednica 4: Najboljše razpoložljive tehnologije za okna in zasteklitve (povzeto po IEA, 2013)

Table 7: BAT for windows and classification based on market readiness and R&D

<i>Key technical attribute</i>	<i>BAT (market viable)</i>	<i>BAT (pre-market viable)</i>	<i>Future technology/R&D</i>
Low U-value	Triple-glazed, dual low-e coating, advanced frames.	Quadruple-glazed, exotic inert gases, aerogel-filled frames.	Vacuum-insulated glass; market-viable, multiple-glazed cavity system (U-value 0.6 or lower).
Variable SHGC	Automated shade control; exterior shading; architectural features.	Dynamic solar control (glazing and shading – still with high price premiums).	Dynamic glazing (SHGC 0.08-0.65).

Note: BAT = best available technology.

Različne tehnologije zasteklitve in oken lahko izboljšajo njihovo energetske učinkovitost. Take dobro znan tehnologije so polnjenjem s plinom, nizko emisijski (low-e) premazi in visoko zmogljivi okviri. Učinkovitost celotnega okna predstavlja kombiniran učinek zasteklitve, distančnikov in okvirja (toplotno izboljššanega). Obstajajo trije temeljni pristopi k izboljšanju energetske učinkovitosti izdelkov za zasteklitve (dva ali več teh pristopov je mogoče kombinirati). Prvi pristop je sprememba samega materiala za zasteklitve s spreminjanjem njegove kemične sestave ali fizikalnih lastnosti. Primer tega je tonirana zasteklitve. Drugi pristop je nanašanje premaza na površino zasteklitvenega materiala. Odsevni premazi in filmi so bili razviti za zmanjšanje toplotne porabe in bleščanja, v zadnjem času pa so bili razviti premazi z majhnimi emisijami za izboljšanje lastnosti v ogrevalni in hladilni sezoni. Tretji pristop je sestavljanje različnih plasti zasteklitve in nadzor lastnosti prostorov med plastmi. Te strategije vključujejo uporabo dveh ali več plošč ali folij, nizko prevodne plinske zalivke med plastmi in toplotno izboljšane distančnike³⁹.

Casini⁴⁰ je pripravil izčrpen pregled aktivnih dinamičnih zasteklitvev.

³⁹ Efficient windows collaborative (<https://www.efficientwindows.org/technologies.php>)

⁴⁰ Casini, Marco. (2018). *Active dynamic windows for buildings: A review*. Renewable Energy. 119. 923–934. 10.1016/j.renene.2017.12.049.

M. Casini / Renewable Energy 119 (2018) 923–934

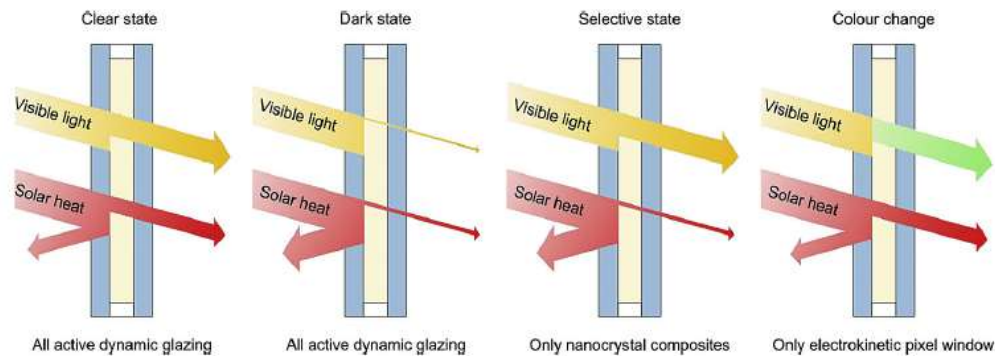


Fig. 1. Active dynamic glazing operating modes.

Slika 14. Pregled načinov aktivne dinamične zasteklitve (Vir: Casini, 2018)

M. Casini / Renewable Energy 119 (2018) 923–934

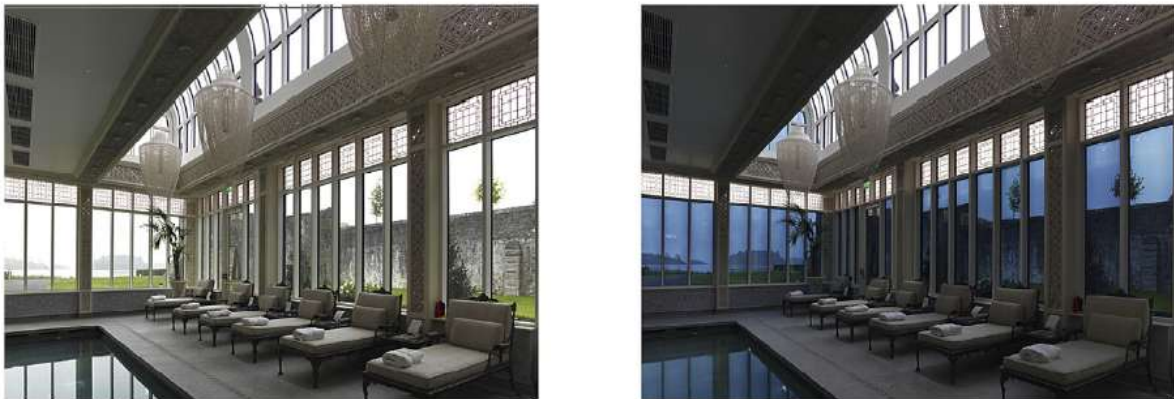


Fig. 3. Electrochromic dynamic glazing: Clear/Tinted state (courtesy of Sageglass Inc[®]).

Slika 15. Primeri aktivne dinamične zasteklitve (Vir: Casini, 2018)

Raziskave⁴¹ inovativnih sistemov zasteklitve s silikagelom v medprostoru so za monolitne zračne zasteklitve pokazale boljše delovanje kot pri granularnem silikagelu, tako za prepustnost svetlobe (0,62 med dvema 4 mm ravnima stekloma) kot za toplotno izolacijo (0,6 W/m²K). Prepustnost za sončno sevanje je znašala 0,74. Rezultati so pokazali zelo obetavno delovanje oken z aerogelom v primerjavi z okni, ki se običajno uporabljajo v državah EU: monolitni aerogel med dvema 4 mm ravnima stekloma je povzročil 62-odstotno zmanjšanje toplotnih izgub in 17-odstotno zmanjšanje prepustnosti svetlobe v primerjavi z dvojno low-e zasteklitvijo; zagotovljen je bil tudi visok sončni faktor in dobro barvno upodabljanje.

⁴¹ C. Buratti, E. Moretti, *Glazing systems with silica aerogel for energy savings in buildings*, Applied Energy, Volume 98, 2012, 396–403, ISSN 0306-2619. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.062> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912002826>)

1.1.5 Gradbeni materiali in proizvodi z majhnimi okoljskimi vplivi v fazi proizvodnje

Gradbeni materiali in proizvodi v vseh faza svojega življenjskega cikla vplivajo na okolje. Z metodo vrednotenja življenjskega cikla (LCA) lahko objektivno presojava vplive v fazi proizvodnje, gradnje, uporabe in v fazi po izteku življenjske dobe, tako za proizvod kot za celotno stavbo.

Za doseganje ciljev trajnostne gradnje je ključna transparentnost glede okoljskih lastnosti gradbenih proizvodov, kot jo podajajo okoljske produktne deklaracije (EPD). Okoljska deklaracija tipa III – EPD (Environmental Performance Declaration) je dokument, ki daje najbolj transparenten vpogled v okoljske lastnosti gradbenega proizvoda. Predstavlja osnovo za vpis izdelka v podatkovno bazo izdelkov z znanimi okoljskimi lastnostmi in je zato nepogrešljivo orodje pri okoljskem vrednotenju stavb. Osnova za EPD je izvedena LCA analiza, ki mora zadoščati določenim kakovostnim standardom. EPD se izdeluje skladno s standardom SIST EN 15804⁴² in s kazalniki ovrednoti več vplivov na okolje, med njimi je najbolj izpostavljen potencial za globalno segrevanje (GWP⁴³), ki ga vrednotimo z ekvivalentom izpuščenega ogljikovega dioksida (ta poleg ogljikovega dioksida zajema tudi vpliv drugih toplogrednih plinov) in poimenujemo tudi ogljični odtis. Obstaja več podatkovnih baz, kjer so na voljo EPD gradbenih proizvodov (npr. Ecoplatform ali Oekobau.dat in vrsta drugih). Po pričakovani novelaciji omenjenega standarda bodo postavljene osnove za vključitev okoljskih lastnosti proizvoda tudi v oznako CE.⁴⁴

Toplotna izolacija je tehnologija, ki najbolj vpliva na energijsko učinkovitost stavbnega ovoja in stavbe kot celote, vendar se v okviru prizadevanj za okoljsko manj obremenjujoče grajeno okolje ne moremo zadovoljiti le s prednostmi, ki jih uporaba toplotne izolacije prinaša v fazi uporabe stavbe, pač pa moramo upoštevati vpliv, ki jih proizvod povzroča tudi v preostalih fazah življenjskega cikla, še posebej v fazi proizvodnje npr. toplotnoizolacijskega materiala. O tem se lahko poučimo iz podatkov v EPD.

Kunič⁴⁵ poroča o kvantitativni primerjavi ogljičnega odtisa različnih toplotno izolacijskih materialov, ki se uporabljajo v gradbeništvu, pri čemer primerjave ne izvaja glede na enoto mase temveč glede na razlike v toplotni prevodnosti toplotnih izolacij. Izpostavlja, da je izolacija v toplotnem ovoju stavbe je lahko izdelana iz različnih izolacijskih materialov, ki se med seboj razlikujejo po kemični sestavi (organska in anorganska), izvoru (izhajajo iz novih surovin ali pa iz delno oz. popolnoma recikliranih), gostoti (minimalno 12 kg/m³ do približno 600 kg/m³), toplotni prevodnosti (λ se giblje od manj kot 3 mW/(mK) do nad 45 mW/(mK)) in v odpornosti na fizikalne in kemijske dejavnike. Ogljični odtis toplotno izolacijskih materialov, za razliko od najpogosteje dostopne primerjave glede na enoto mase materiala, podaja na za uporabnika bolj verodostojen način in sicer glede na enotni doseženi izolacijski učinek $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ pri

⁴² *SIST EN 15804:2012, Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products / Trajnostnost gradbenih objektov - Okoljske deklaracije na proizvodih - Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.*

⁴³ Global Warming Potencial (GWP)

⁴⁴ *Pregled sistemov trajnostnih kriterijev s predlogom prenosa*, GI ZRMK, ZAG, 2017.

⁴⁵ *Kunič, R. Carbon footprint of thermal insulation materials in building envelopes*, Energy Efficiency (2017) 10: 1511. <https://doi.org/10.1007/s12053-017-9536-1>

ustreznih (različnih) debelinah izolacije. Kunič⁴⁶ ugotavlja, da izolacije na osnovi lesa (lesna volna) minimalno vplivajo na okolje, podobno tudi reciklirana celuloza (časopisni papir), pri čemer je pri obeh materialih pomemben del vpliva posledica dodatkov, ki preprečujejo gnitje, propadanje in gorenje. Mineralna, steklena in kamena volna (zlasti nizke gostote) ima prav tako nizek vpliv na okolje. Avtor v raziskavi analizira še vidik okoljske nevtralnosti, t.j. časa kot se ogljični odtis izolacij izniči z dosežnim zmanjšanjem emisije ogljika, kar se pri obravnavani tipični stavbi za večino obravnavanih izolacij zgodi znotraj 10 let.

Preglednica 5: Fizikalne lastnosti in ogljični odtis toplotnih izolacij glede na doseženi izolacijski učinek $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ na enotno površino ovoja stavbe (m^2) (povzeto po Kunič, 2017).

1522 Energy Efficiency (2017) 10:1511–1528

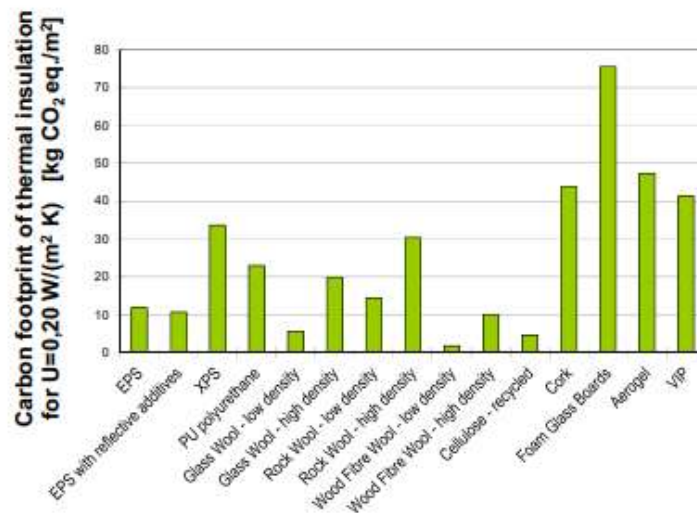
Table 3 Physical properties and carbon footprint of various thermal insulation materials enabling thermal transmittance $U = 0.20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ per unit area of the building envelope (m^2)

Thermal insulation material	Carbon footprint per mass of most commonly used material for building envelopes	Required weight of thermal insulation per surface (1 m^2), for $U = 0.20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$	Carbon footprint of thermal insulation per surface unit (1 m^2), for $U = 0.20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$
	kg CO_2 -eq./kg	kg/ m^2	kg CO_2 -eq./ m^2
EPS	4.205	2.803	11.8
EPS with reflective additives	4.400	2.424	10.7
XPS	5.840	5.757	33.6
PU polyurethane	4.307	5.326	22.9
Glass wool–low density	1.494	3.750	5.6
Glass wool–high density	1.380	14.393	19.9
Rock wool–low density	1.082	13.256	14.3
Rock wool–high density	0.920	33.023	30.4
Wood fibre wool–low density	0.062	28.407	1.8
Wood fibre wool–high density	0.062	161.919	10.0
Cellulose–recycled	0.367	12.499	4.6
Cork	1.156	37.876	43.8
Foam glass	1.565	48.292	75.6
Aerogel	4.200	11.268	47.3
VIP	8.551	4.829	41.3

⁴⁶ Prav tam



Fig. 3 Carbon footprint of thermal insulation materials needed to achieve the value of thermal insulation of the building envelope $U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$; presented per unit area of building thermal envelope (m^2)



Slika 16: Ogljični odtis različnih toplotnoizolacijskih materialov pri izolacijskem učinku $U = 0,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (Vir: Kunič, 2017)⁴⁷

Identifikacija ovir in pospeševalcev

Po raziskavi⁴⁸, ki jo od leta 2012 dalje izvaja Dodge Data & Analytics skupaj z World Green Building Council (WGBC), se svetovni trg gradnje zelenih oziroma trajnostnih stavb intenzivno povečuje. Če je v letu 2018 27 % ključnih deležnikov menilo, da je več kot polovica njihovih projektov zelenih, naj bi do leta 2021 tako mnenje delilo že 47 % deležnikov. Zavezanost okolju prijazni gradnji se kaže kot izrazit trend v prihodnosti, tudi zaradi poslovnih priložnosti, kot je vsaj 10 % povečanje vrednosti zelene nepremičnine v primerjavi s tradicionalno grajeno. Omenjena raziskava za Evropo pokaže, da so pomembni pospeševalci razvoja trga oz. gradnje z okoljsko prijaznejšimi materiali in proizvodi: zahteve končnega uporabnika, okoljska zakonodaja in težnja po bolj zdravih stavbah. Med ovirami za prodor okolju prijaznejših tehnologij prednjačijo višji začetni stroški zelenih stavb, pri čemer velja izpostaviti, da se je med leti 2012 in 2018 pomembnost te ovire že zmanjšala za tretjino. Evropski deležniki so med ovirami izpostavili tudi premalo politične podpore in spodbud za zelene tehnologije v stavbah, dostopnost zelenih rešitev (so pretežno dostopne izpostavljenim projektom) in pomanjkanje ozaveščenosti javnosti.

1.2 Sistemi za ogrevanje in hlajenje v stavbah

Vgrajeni tehnični sistemi v stavbi so bistveni, da stavba lahko obratuje skladno s tem, kakor je bila načrtovana. Zagotavljajo pogoje, da jo njeni uporabniki lahko normalno uporabljajo, naj si bo to toploto, hlad ali dotok svežega zraka.

⁴⁷ Prav tam

⁴⁸ Dodge Data & Analytics, 2018. *SmartMarket Report, World Green Building Trends 2018*. World Green Building Trends 2018: Europe. <https://www.construction.com/toolkit/reports/world-green-building-trends-2018>

Ločimo med osrednja področja sistemov za delovanje stavbe. To so:

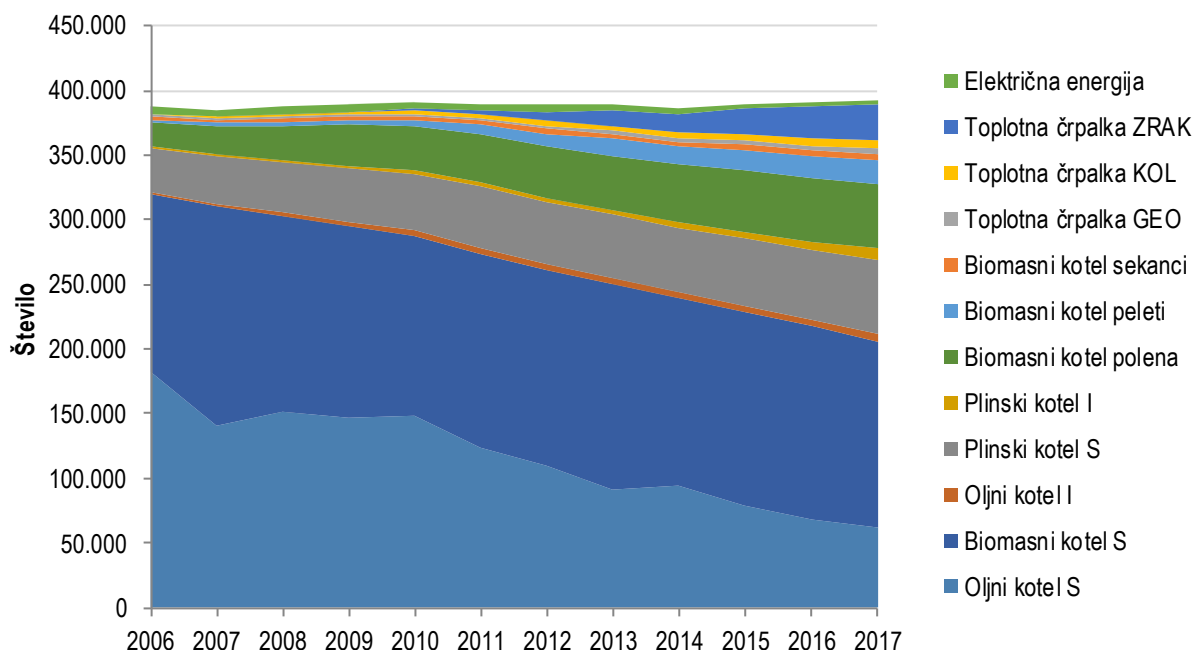
- ogrevanje in/ali pripravo sanitarne tople vode;
- hlajenje in
- prezračevanje.

Vse tehnologije pod posameznih področjem so posebej predstavljene.

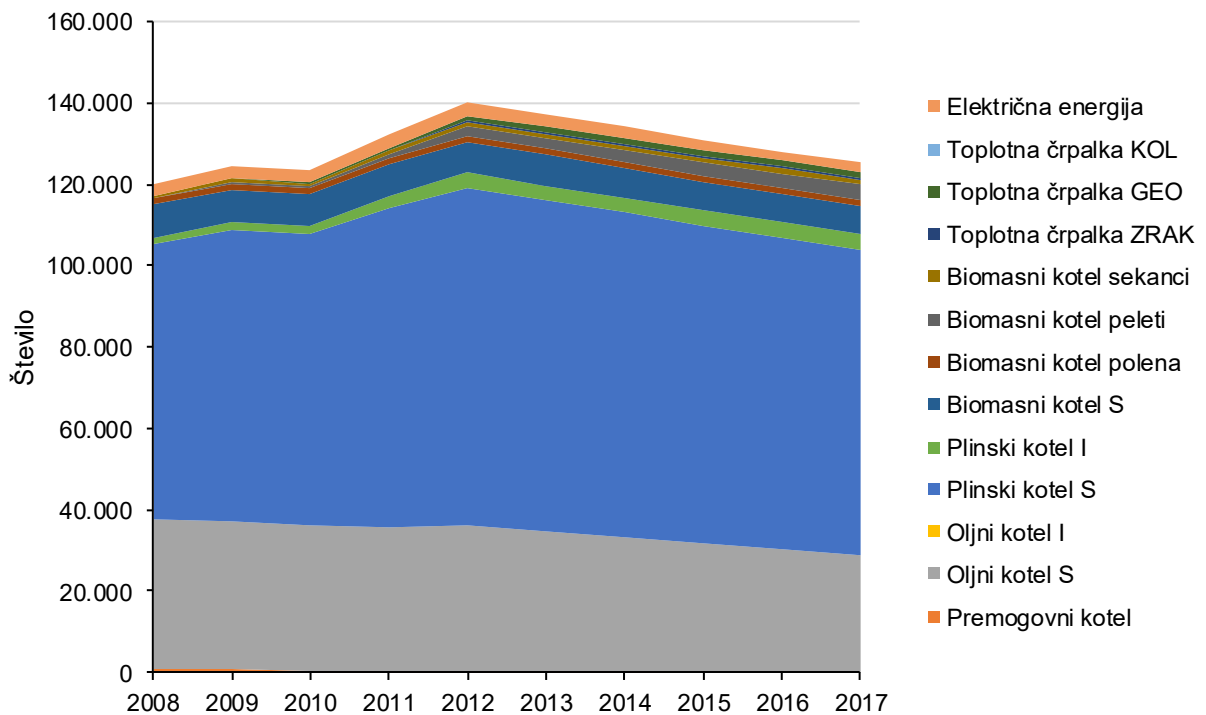
V enostanovanjskih stavbah je v Sloveniji glede na obstoječe baze podatkov trenutno 429.816 kotlov, pri čemer prednjačijo tehnologije, kjer je energent lesna biomasa (Slika 17). To velja že od nekdanj, ta delež se je povečal še posebej proti letu 2010, ko so bile v hišah množično zamenjani stari kotli na ekstra lahko kurilno olje z novimi, pri čemer so prednjačili biomasni kotli. Še vedno je veliko kotlov na kurilno olje (67.852) in standardni plinski kotli (56.189).

Ti podatki predstavljajo tehnološki potencial. V 2. fazi bo natančno opredeljen tehnični in ekonomski potencial posameznih tehnologij, pri čemer bo narejena razmejitev med:

- gosto in redko poseljenimi območji;
- dovoljeno uporabo tehnologij v posameznih območjih;
- območji, ki imajo sprejet Odlok o zagotavljanju kakovosti zraka in
- območji, kjer so danes sistemi daljinskega ogrevanja in predvidenimi območji širjenja omrežij.



Slika 17: Struktura kotlov za centralno ogrevanje v enostanovanjskih stavbah



Slika 18: Struktura kotlov za ogrevanje (centralno in etažno) v večstanovanjskih stavbah

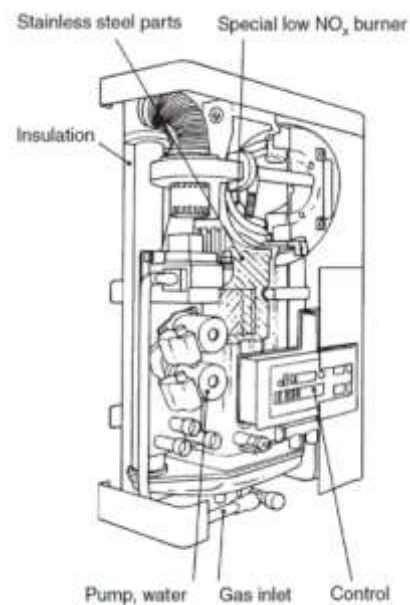
1.2.1 Kondenzacijski plinski kotel

Opis tehnologije

Plinski kotli kurijo plin (npr. zemeljski plin, bioplín itd.). Energija, ki jo daje zgorevanje, se uporablja za ogrevanje vode skozi toplotni izmenjevalec, ki je vgrajen v kotel.

V kurilnem kotlu se plin zgoreva na zgorevalnem delu. Lahko je to tradicionalni plamen ali posebej zasnovan gorilnik z nizko vsebnostjo NO_x . Toplota se v vodi prenaša skozi vodno hlajene stene in skozi vodni toplotni izmenjevalec po zgorevalnem delu. Plinski kotli so lahko stenski (slika desno⁴⁹) ali talni.

Vročá voda iz plinskega kotla kroži v radiatorjih v hiši (zato je pri vgradnji ali v kotlu potrebna črpalka).



Schema kotla

⁴⁹ VarmeStåbi®, Nyt Teknisk Forlag

Plinski kotel pogosto imenujemo "kotel za centralno ogrevanje", saj je eden od elementov centralne ogrevalne naprave, vključno s kotlom, sistemom za distribucijo toplote, oddajniki toplote (radiatorji, konvektorji itd.) In krmilni sistem za naprave.

Kondenzacijski kotel je kotel, ki je zasnovan za nizkotemperaturno delovanje, vključno z odvzemom nizkotemperaturne toplote in latentne toplote iz vodne pare, ki nastane med zgorevanjem goriva. Kondenzacijski kotli vključujejo dve stopnji prenosa toplote v primerjavi s tradicionalnimi kotli (ne-kondenzacijski kotli), ki vključujejo samo eno stopnjo. V kondenzacijskem kotlu je pred izhodom dimnih plinov nameščen drugi toplotni izmenjevalnik, ki zbira latentno toploto, ki jo vsebuje dimnik. Večina plinskih kotlov omogoča kondenzacijo tudi v zgorevalni komori.

Kondenzacijske toplotne izmenjevalnike dimnih plinov je možno namestiti tudi kot pomožno opremo po kotlu. Plinskih kotlov, ki ne izkoriščajo kondenzacijske tehnike, v stavbah ni več mogoče nameščati (Tehnična smernica za URE⁵⁰). Plinski kotli se pogosto uporabljajo za ogrevanje in proizvodnjo sanitarne tople vode. Pri slednjih se večinoma uporablja zalogovnik tople vode.

Učinkovitost plinskih kotlov

Energetska učinkovitost plinskega kotla je odvisna predvsem od temperature vode. Izboljšana izolacija kotlov in nove tehnologije gorilnikov omogočajo približevanje teoretično dosegljive učinkovitosti. Letna energetska učinkovitost v realnih napravah je danes nad 100 % in do 104 % (na podlagi nižje kalorične vrednosti).

Preglednica 6: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo plinski kotli

Vhod	Izhod
Kot gorivo se uporablja bodisi zemeljski plin bodisi utekočinjeni naftni plin. Potencialno bi lahko bil koriščen tudi bioplín pri plinskih omrežjih v kombinaciji z zemeljskim plinom ali za neposredno uporabo.	Oblíka energije, ki jo ustvarjajo plinski kotli, se kot toplota prenaša v ogrevano vodo. Torej je izhod topla voda, ki uporabi bodisi za ogrevanje bodisi neposredno za sanitarno toplo vodo.

Tipične nazivne moči

Na domačem trgu ima večina plinskih kotlov nazivno toplotno moč približno 20 kW in za nove tehnologije modulirajo do 1 kW. Za pokrivanje proizvodnje tople vode v gospodinjstvu je potrebno do 20/35 kW (zlasti v primeru kotlov brez rezervoarja za vodo), medtem ko bi za ogrevanje 10 kW ali manj zadostovalo večino gospodinjstev hiš. Ni velike razlike med kotli za nove stavbe v primerjavi z obstoječimi stavbami, ker je večina kotlov zasnovana tako, da pokrivajo potrebe po sanitarni vodi, kar ni odvisno od nove ali obstoječe stavbe. Na splošno se plinski kotli proizvajajo kot niz podobnih naprav, ki imajo različne zmogljivosti. Primeri nazivne zmogljivosti so 10, 20, 30 in 50 kW. Pri stanovanjskih blokíh in drugih velikih stavbah, kjer je poraba toplote večja kot pri enodružinskih hišah, se uporabljajo večji kotli, npr. več sto kW, alternativno pa je mogoče povezati več kotlov v tako imenovani "kaskadi". V tem primeru se število obratovalnih naprav določi glede na potrebo po toploti.

⁵⁰ Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.

Regulacija

Kotli se običajno prodajajo s krmilnimi napravami, ki omogočajo optimalno ujemanje med povpraševanjem uporabnika in proizvodnjo toplote v napravi ter dejanskimi potrebami po topli vodi. Na primer, v primeru, da uporabnik potrebuje toplo vodo, bo sistem nadzora dal prednost proizvodnji. Krmilni sistemi lahko komunicirajo s komponentami, kot sta zunanji temperaturni senzor ali črpalka. Krmilni sistem se bo prilagodil tudi drugim krmilnim elementom, kot je radiatorski termostat itd. Nekateri krmilni sistemi so samodejno prilagodljivi: naučili se bodo iz nedavne preteklosti za optimizacijo upravljanja kotla. Večina kotlov na današnjem trgu so tako imenovani "modulacijski" kotli. Ta funkcija omogoča napravi oddajo zmanjšano toploto brez zaustavitve gorilnika (dotok plina in zraka v gorilnik je zmanjšan). Večina takšnih kotlov lahko modulira do približno 20 % nazivne največje moči. Na primer, za domače kotle so značilni modulacijski razponi od 4 do 20 kW in razvite so tehnologije, ki omogočajo zelo nizek minimalni obseg (od 1 kW). Modulacijska funkcija zmanjšuje prepogost zagon kotla in izboljšuje uporabnikovo udobje in življenjsko dobo naprave. Kotel lahko deluje zagon / zaustavitev pod minimalno kontinuirano toplotno močjo brez večje izgube učinkovitosti, zato se načeloma lahko toplotna moč regulira od 0 do največje.

Prednosti in slabosti

Glavne prednosti vključujejo:

- plinski kotli ponujajo učinkovit način za neposredno uporabo primarne energije v domovih in so zasnovani tako, da pokrijejo celotne potrebe po toploti in topli vodi končnih uporabnikov;
- emisije CO₂ in NO_x v plinskih kotlih so najnižje v primerjavi z drugimi kotli na fosilna goriva;
- distribucija zemeljskega plina do stavb skozi plinsko omrežje je razmeroma poceni;
- zaradi nizkih naložbenih stroškov in nizkih cen plina so plinski kotli danes ena izmed stroškovno najučinkovitejših rešitev za končnega uporabnika.

Glavne pomanjkljivosti so:

- polaganje cevovoda zahteva nekaj dodatnih gradbenih del v primerjavi z drugimi ogrevalnimi tehnologijami, zlasti v mestnih območjih, kjer je treba tlakovati, da se vzpostavi potrebna infrastruktura;
- je fosilno gorivo, ki dolgoročno ni vzdržno pri blaženju podnebnih sprememb.

Okoljski vidik

Plinski kotli imajo nizke emisije NO_x (zaradi narave goriva manj kot oljni kotli) in nizke emisije CO. Plinski kotli imajo čisto emisijo CO₂, če se napajajo s fosilnimi plini.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Kondenzacijski kotli na plin so danes že skoraj dosegli najvišjo možno energetska učinkovitost in pričakujemo le nekajodstotno izboljšanje v prihodnosti. Kljub temu so možne izboljšave za zmanjšanje porabe električne energije in emisij. Poraba električne energije se je zmanjšala zaradi razvoja nizkoenergijskih modulacijskih črpalk in sistemov za označevanje plinskih kotlov.

Z uvedbo iste etikete so se zmanjšale tudi emisije NO_x. Dodatne izboljšave bodo potrebne, ko bodo začele veljati zahteve za okoljsko primerno zasnovo leta 2018.

Največji napredek pa je predviden na področju kombiniranja plinskih kotlov z drugimi tehnologijami, da bi optimizirali zmogljivosti in dali večjo prožnost pri prilagajanju na naraščajočo proizvodnjo vsestranske obnovljive energije. Hibridni sistemi združujejo različne tehnologije:

- Plinske kotle je mogoče uporabljati v kombinaciji s sončno toploto, na trgu pa so namenjeni in prilagojeni izdelki.
- Plinski kotli se lahko uporabljajo tudi v kombinaciji z električnimi toplotnimi črpalkami in zagotavljajo vrhunsko ogrevanje v obdobjih z visokimi potrebami po toploti in / ali nizki zunanji temperaturi. Takšna nastavitve poveča učinkovitost toplotne črpalke. Paketi z električnimi toplotnimi črpalkami in plinskimi kotli so že na trgu. Hibridne enote se lahko dobro dopolnjujejo, kar lahko doseže visoko učinkovitost sistema.
- Plinski kotel kot rezervoar za plinsko toplotno črpalko in mikro sproizvodnjo. Iz podobnih razlogov kot zgoraj se plinski kotli lahko uporabljajo v kombinaciji z drugimi tehnologijami, da se izboljša učinkovitost več tehnoloških sistemov. Na primer, nekatere plinske toplotne črpalke imajo slabši izkoristek pri nizki obremenitvi (preveč zagonskih zaustavitvev), kombinacija s kotlom pa povečuje učinkovitost sistema.

Negotovosti

- **Toplotna učinkovitost, letno povprečje, (%)**: Negotovost glede števil, podanih v tabeli, je precej majhna, saj so razlike v kotlih z najboljšo razpoložljivo tehnologijo precej majhne. Razlike v letnih izkoristkih so večinoma odvisne od načina uporabe in vgradnje kotlov in zlasti od načrtovanja radiatorkega sistema (nizkotemperaturnega ali tradicionalnega), toda za najboljšo tehnologijo, ki je na voljo, nameščeno v novi stavbi, bo sistem radiatorjev nizko- temperaturni sistem, kar ima za posledico najvišjo energetska učinkovitost.
- **Poraba pomožne električne energije, (kWh / leto)**: Negotovost je večja, saj so sestavni deli in način njihovega krmiljenja (po času delovanja črpalk in ventilatorja) lahko precej različni.
- **NO_x (g na gorivo v GJ)**: Možne so velike razlike, vendar bodo predpisi omejili emisije na precej nizko raven emisij (Direktiva EcoDesign).
- **Finančni podatki**: Glavna negotovost pri finančnih podatkih je posledica negotovosti glede cen energije, ki lahko zelo vplivajo na trg. Vendar smo v zadnjih nekaj letih opazili zmanjšanje stroškov kotlov na slovenskem trgu, kar je posledica ohranjanja konkurenčne prednosti napram tehnologijam OVE iz ekonomskega vidika.

Ekonomika obsega učinka

Cena kotlov za manjša stanovanja (<35 kW) je ločena od zmogljivosti kotla, namesto tega so stroški majhnih kotlov odvisni od drugih lastnosti, kot je izbira materiala itd. Z drugimi besedami, stroški kotlov niso neposredno sorazmerni z moč (24 kW kotel ni 2-krat dražji v primerjavi z 12 kW kotlom!), seveda pa bo pri serijskih kotlih iste konstrukcije prišlo do zvišanja cene s povečanjem moči. Pri velikem kotlu je očiten vpliv velikosti na ceno, povprečne vrednosti pa

kažejo na bolj ali manj linearno rast 50 EUR/kW za kotle nad 35 kW (vendar pod 700 kW ali manj).

Preglednica 7: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - enostanovanjska stavba, starejša ali prenovljena

Tehnologija:		Kondenzacijski plinski kotel							
Referenčna stavba:		Starejša ali prenovljena enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	20	20	20	20	5	35	5	35
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	97	97	98	99	95	100	98	102
Letni izkoristek	%	97	97	98	99	95	100	98	102
Poraba električne energije	kWh/leto	150	140	130	110	100	160	90	150
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
NO _x	g/GJ	32,4	32,4	32,4	32,4	25,9	38,9	25,9	38,9
CH ₄	g/GJ	5	5	5	5	4	6	4	6
N ₂ O	g/GJ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,12	0,08	0,12
CO ₂	kg/GJ	55	55	55	55	44	56	44	56
VOC	g/GJ	10,5	10,5	10,5	10,5	8,4	12,6	8,4	12,6
PM2.5	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	4,3	4,1	4,0	3,6	4,0	6,0	3,3	5,3
delež opreme	%	63	63	63	63	50	75	50	75
delež namestitve	%	37	37	37	37	25	50	25	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	2	2	2	2	1	3	1	3
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enota/leto	209	205	199	181	187	161	141	218
stroški električne energije	EUR/enota/leto	9	10	13	13	7	11	11	18
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enota/leto	200	195	186	168	180	250	130	200
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 8: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Kondenzacijski plinski kotel							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	10	10	10	10	5	35	5	35
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	97	97	98	99	95	100	98	102
Letni izkoristek	%	97	97	98	99	95	100	98	102
Poraba električne energije	kWh/leto	150	140	130	110	100	160	90	150
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
NO _x	g/GJ	32,4	32,4	32,4	32,4	25,9	38,9	25,9	38,9
CH ₄	g/GJ	5	5	5	5	4	6	4	6
N ₂ O	g/GJ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,12	0,08	0,12
CO ₂	kg/GJ	55	55	55	55	44	56	44	56
VOC	g/GJ	10,5	10,5	10,5	10,5	8,4	12,6	8,4	12,6
PM2.5	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enoto	3,2	3,1	3	2,7	3	4,5	2,5	4
delež opreme	%	63	63	63	63	50	75	50	75
delež namestitve	%	37	37	37	37	25	50	25	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enoto	2	2	2	2	1	3	1	3
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	209	205	199	181	187	161	141	218
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	9	10	13	13	7	11	11	18
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	200	195	186	168	180	250	130	200
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 9: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - večstanovanjska stavba, starejša ali prenovljena

Tehnologija:		Kondenzacijski plinski kotel							
Referenčna stavba:		Starejša večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	400	400	400	400	70	750	70	750
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	101	101	102	102	99	103	100	104
Letni izkoristek	%	101	101	102	102	99	103	100	104
Poraba električne energije	kWh/leto	750	700	600	500	500	1000	250	750
Tehnološka doba	leto	25	25	25	25	20	30	20	30
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
NO _x	g/GJ	32,4	32,4	32,4	32,4	25,9	38,9	25,9	38,9
CH ₄	g/GJ	5	5	5	5	4	6	4	6
N ₂ O	g/GJ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,12	0,08	0,12
CO ₂	kg/GJ	55	55	55	55	44	56	44	56
VOC	g/GJ	10,5	10,5	10,5	10,5	8,4	12,6	8,4	12,6
PM2.5	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	25,2	24,6	23,4	21,1	20	30	16	26
delež opreme	%	84	84	84	84	84	84	84	84
delež namestitve	%	16	16	16	16	16	16	16	16
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	2	2	2	2	1	3	1	3
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	683	669	651	620	531	841	478	761
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	47	48	61	59	35	69	29	88
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	636	621	590	561	497	745	449	673
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 10: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - večstanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Kondenzacijski plinski kotel							
Referenčna stavba:		Nova večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	160	160	160	160	35	500	35	500
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	101	101	102	102	99	103	100	104
Letni izkoristek	%	101	101	102	102	99	103	100	104
Poraba električne energije	kWh/leto	375	350	300	250	250	500	200	400
Tehnološka doba	leto	25	25	25	25	20	30	20	30
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
NO _x	g/GJ	32,4	32,4	32,4	32,4	25,9	38,9	25,9	38,9
CH ₄	g/GJ	5	5	5	5	4	6	4	6
N ₂ O	g/GJ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,12	0,08	0,12
CO ₂	kg/GJ	55	55	55	55	44	56	44	56
VOC	g/GJ	10,5	10,5	10,5	10,5	8,4	12,6	8,4	12,6
PM2.5	g/GJ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	18	17,6	16,7	15,1	15	20	12	18
delež opreme	%	80	80	80	80	80	80	80	80
delež namestitve	%	20	20	20	20	20	20	20	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	2	2	2	2	1	3	1	3
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	448	438	424	403	348	531	323	496
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	24	24	30	29	17	35	23	47
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	424	414	394	374	331	497	299	449
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

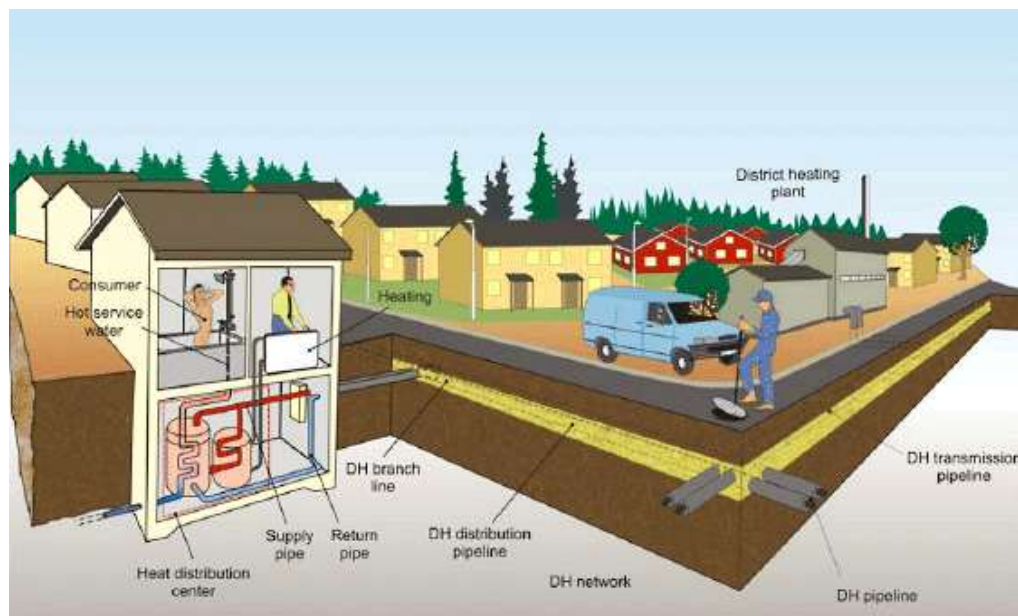
1.2.2 Toplotna podpostaja

Opis tehnologije

Daljinsko ogrevanje je hidravlični sistem cevi z namenom distribucije toplotne toplote končnim uporabnikom ogrevanja prostorov in sanitarne vode. Toplota prihaja do toplotne postaje (slika desno⁵¹) iz številnih virov, vključno s toploto iz kombinirane proizvodnje toplote in električne energije (SPTE), presežkom toplote iz industrije in toploto iz sežigalnic odpadkov in kotlov.



Okrog 20 % slovenskih gospodinjstev oskrbuje z daljinskim ogrevanjem nekaj manj kot 100 omrežij daljinskega ogrevanja. V tujini je delež povezanih stavb na daljinskem sistemu med 80–90 %, medtem kot je ta delež v Sloveniji znatno manjši – ocenjeno na okrog 40 % v povprečju. Enote daljinskega ogrevanja so razvrščene kot neposredne ali posredne. Podpostaja daljinskega ogrevanja je namenjena končnemu uporabniku z namenom priprave sanitarne vode in dovajanja toplote za sistem ogrevanja prostorov (Slika 19). Vsaka stavba s podpostajo za daljinsko ogrevanje se napaja iz odvodne cevi, ki zgradbo povezuje s celotnim distribucijskim omrežjem. Slika 20 prikazuje tudi postajo daljinskega ogrevanja, nameščeno v enodružinski hiši.

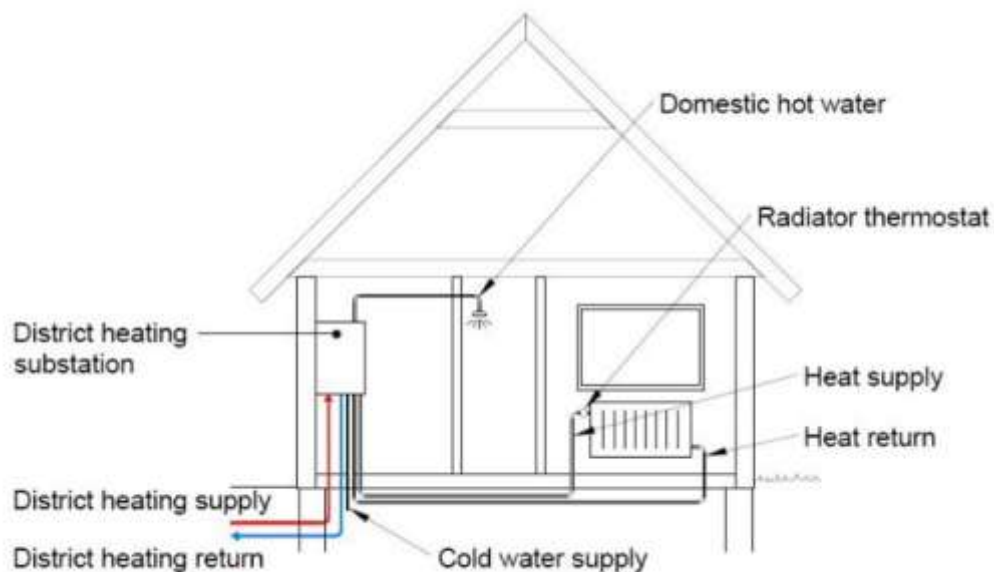


Slika 19: Osnovne komponente sistema daljinskega ogrevanja⁵²

⁵¹ <https://www.gebwell.fi/en/products/district-heating-substations/>

⁵² <http://www.carbonsole.ie/what-we-do/what-is-district-heating/>

Podpostaja je opremljena z grelnikom sanitarne vode na osnovi bodisi akumulacijskega rezervoarja z vgrajenim izmenjevalnikom toplote ali toplotnega izmenjevalnika brez shranjevanja, npr. ploščni izmenjevalec toplote. V nekaterih primerih opazimo kombinacijo zunanjega izmenjevalnika toplote in rezervoarja za shranjevanje. Ogrevanje prostora se dovaja z direktno oskrbo vode za daljinsko ogrevanje ali s pomočjo toplotnega izmenjevalnika, nameščenega med vodo daljinskega ogrevanja (primarna stran) in ogrevalno vodo prostora (sekundarna stran). Poleg tega podpostaja vključuje vse ventile, regulatorje, filtre, črpalke itd., ki so potrebni za delovanje. Podpostaja vključuje tudi števec toplotne energije. Za postaje, zgrajene kot enote, je enota pripravljena za priročno vgradnjo merilnika toplote.



Slika 20: Toplotna podpostaja za daljinsko ogrevanje z grelnikom sanitarne vode in izmenjevalnikom toplote za ogrevanje prostora

V stanovanjskih je standardizirana in montažna podpostaja lahko postavljena v središču ali pa se v vsako stanovanje namestijo majhne podpostaje.

Podpostaja je opremljena z grelnikom sanitarne vode na osnovi bodisi akumulacijskega rezervoarja z vgrajenim izmenjevalnikom toplote ali toplotnega izmenjevalnika brez shranjevanja, npr. ploščni izmenjevalec toplote. V nekaterih primerih opazimo kombinacijo zunanjega izmenjevalnika toplote in rezervoarja za shranjevanje. Ogrevanje prostora se dovaja z direktno oskrbo vode za daljinsko ogrevanje ali s pomočjo toplotnega izmenjevalnika, nameščenega med vodo daljinskega ogrevanja (primarna stran) in ogrevalno vodo prostora (sekundarna stran). Poleg tega podpostaja vključuje vse ventile, regulatorje, filtre, črpalke itd., ki so potrebni za delovanje. Podpostaja vključuje tudi števec toplotne energije. Za postaje, zgrajene kot enote, je enota pripravljena za priročno vgradnjo merilnika toplote.

Preglednica 11: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo toplotne postaje

Vhod	Izhod
Toplota v obliki vroče vode, ki se napaja iz cevovoda za daljinsko ogrevanje.	Toplota za ogrevanje in sanitarno toplo vodo.

Tipične nazivne moči

Kapaciteta ogrevanja podpostaje se meri na podlagi temperatur daljinskega ogrevanja in največjega dovoljenega padca tlaka. V enodružinskih hišah je zmogljivost ogrevanja prostora običajno v območju 20 kW za temperature daljinskega ogrevanja 70/40 °C in največja dovoljena razlika tlaka v glavnih ceveh v območju 0,3 bara. Če ogrevanje sanitarne vode pripravi trenutni grelnik vode (običajno vključuje ploščni izmenjevalnik toplote), je potreba za ogrevanje za eno družinsko hišo 33 kW. Pri velikih stavbah se zmogljivosti običajno gibljejo od 70 kW do 250 kW. Nad 250 kW so podpostaje individualno zasnovane in izdelane. Na sliki (Slika 21) je prikazan primer podstanice. Zmogljivosti velikih stavb se v nadaljevanju nanašajo na temperature daljinskega ogrevanja 70/40 °C.



Slika 21: Toplotna podpostaja za večjo stavbo

Regulacija

Na ravni komponent konstrukcijska merila vključujejo možnost nadzora temperature vode iz sanitarne vode, temperature dovoda v ogrevalni sistem, izgube tlaka in zmožnost vzdrževanja nizke povratne temperature. Sedanja uredba določa, da se temperatura dovoda uravnava glede na zunanjo temperaturo. Radiatorski termostati morajo biti nameščeni na vseh radiatorjih v stavbi.

Prednosti in slabosti

Podpostaje daljinskega ogrevanja samo po sebi ni mogoče primerjati s posameznimi možnostmi ogrevanja, kot so plinski kotli ali toplotne črpalke. Za celotno tehnično-ekonomsko primerjavo je treba upoštevati celoten sistem daljinskega ogrevanja, vključno z distribucijskim omrežjem in virom toplote. Zato se prednosti in slabosti, obravnavane v tem poglavju, primerjajo s posameznimi ogrevalnimi rešitvami.

Glavne prednosti vključujejo:

- kompaktna zasnova – majhne zahteve za namestitveni prostor;
- nizki stroški vzdrževanja;
- zelo nizka raven hrupa;
- ni lokalnega onesnaževanja;

- lahko se uporablja za izrabo presežne toplote v industriji in proizvodnji električne energije.

Glavne pomanjkljivosti so:

- Polaganje cevovoda zahteva nekaj dodatnih gradbenih del v primerjavi z drugimi ogrevalnimi tehnologijami, zlasti v urbanih območjih, kjer je treba tlakovati, da se vzpostavi potrebna infrastruktura.
- Izgube distribucijskega omrežja povečajo stroške obratovanja in vzdrževanja.
- Specifični investicijski stroški in izgube distribucijskega omrežja sistema daljinskega ogrevanja naraščajo s padajočo gostoto prebivalstva. To je ovira, ki podjetjem za daljinsko ogrevanje preprečuje zagotavljanje daljinskega ogrevanja odjemalcem na območjih z nizko toplotno gostoto.

Okoljski vidik

Okoljske značilnosti so odvisne od vnosa toplote v določeno omrežje daljinskega ogrevanja.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Raziskave in razvoj potekajo predvsem na naslednjih področjih:

- oblika toplotnih izmenjevalnikov;
- strategije nadzora;
- delovanje pri nizkih temperaturah (<55°C temperatura pretoka daljinskega ogrevanja);
- zmanjšanje izgube v stanju pripravljenosti (predvsem v novih enodružinskih hišah);
- integracija ali kombinacija z drugimi tehnologijami.

Negotovosti

Tehnologija je dobro uveljavljena in verjetno se bodo stroški proizvodnje daljinske ogrevalne enote v prihodnosti zmerno znižali: izboljšana in cenejša tehnologija za proizvodnjo toplotnih izmenjevalnikov, ventilov, elektronike, novih sistemov za vgradnjo in cev bo pripomogla k temu procesu.

Ekonomika obsega učinka

Za majhno enoto v enodružinski hiši je cena v območju 2.000 evrov, kar je 150 EUR za kW. Cena za enoto s kapaciteto 400 kW je v razponu od 28.000 EUR, kar je enako 70 EUR na kW.

Preglednica 12: Podatkovni list za toplotno podpostajo – enostanovanjska stavba, starejša ali prenovljena

Tehnologija:		Toplotna podpostaja							
Referenčna stavba:		Starejša ali prenovljena enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	20	20	20	20	5	15	5	15
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	97	98	98	98	95	99	95	99
Letni izkoristek	%	97	98	98	98	95	99	95	99
Poraba električne energije	kWh/leto	120	110	100	80	75	125	50	100
Tehnološka doba	leto	25	25	25	25	20	30	20	30
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	3,5	3,1	2,9	2,7	2,0	5,0	1,0	3,8
delež opreme	%	70	70	70	70	70	70	70	70
delež namestitve	%	30	30	30	30	30	30	30	30
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	3	3	3	3	2	4	2	4
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	58	56	56	51	40	74	36	72
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	8	8	10	9	5	9	6	12
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	50	49	46	42	35	65	30	60
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 13: Podatkovni list za toplotno podpostajo – enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna podpostaja							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	10	10	10	10	5	15	5	15
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	96	96	97	98	95	99	95	99
Letni izkoristek	%	96	96	97	98	95	99	95	99
Poraba električne energije	kWh/leto	60	55	50	40	40	80	25	75
Tehnološka doba	leto	25	25	25	25	20	30	20	30
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	2,2	2,1	2,0	1,8	1,0	3,0	1,0	2,5
delež opreme	%	70	70	70	70	70	70	70	70
delež namestitve	%	30	30	30	30	30	30	30	30
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	3	3	3	3	2	4	2	4
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	54	53	51	47	38	71	33	69
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	4	4	5	5	3	6	3	9
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	50	49	46	42	35	65	30	60
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 14: Podatkovni list za toplotno podpostajo – večstanovanjska stavba, starejša ali prenovljena

Tehnologija:		Toplotna podpostaja							
Referenčna stavba:		Starejša ali prenovljena večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	400	400	400	400	150	500	150	500
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	100	100	100	100	98	100	98	100
Letni izkoristek	%	100	100	100	100	98	100	98	100
Poraba električne energije	kWh/leto	600	550	500	400	400	1000	250	800
Tehnološka doba	leto	25	25	25	25	20	30	20	30
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enoto	16	15,6	14,8	13,4	12	20	10	20
delež opreme	%	70	70	70	70	70	70	70	70
delež namestitve	%	30	30	30	30	30	30	30	30
Možna dodatna investicija	1000EUR/enoto	4	4	4	3	3	6	3	6
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	139	136	144	132	108	189	94	199
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	38	38	57	47	28	69	29	94
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	101	99	94	85	80	120	65	105
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 15: Podatkovni list za toplotno podpostajo – večstanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna podpostaja							
Referenčna stavba:		Nova večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	160	160	160	160	150	500	150	500
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	100	100	100	100	98	100	98	100
Letni izkoristek	%	100	100	100	100	98	100	98	100
Poraba električne energije	kWh/leto	350	325	300	250	250	500	200	400
Tehnološka doba	leto	25	25	25	25	20	30	20	30
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	11,2	10,9	10,4	9,4	10	15	8	12
delež opreme	%	70	70	70	70	70	70	70	70
delež namestitve	%	30	30	30	30	30	30	30	30
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	4	4	4	3	3	6	3	6
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	107	105	109	101	87	135	83	137
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	22	22	30	29	17	35	23	47
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	85	83	79	71	70	100	60	90
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

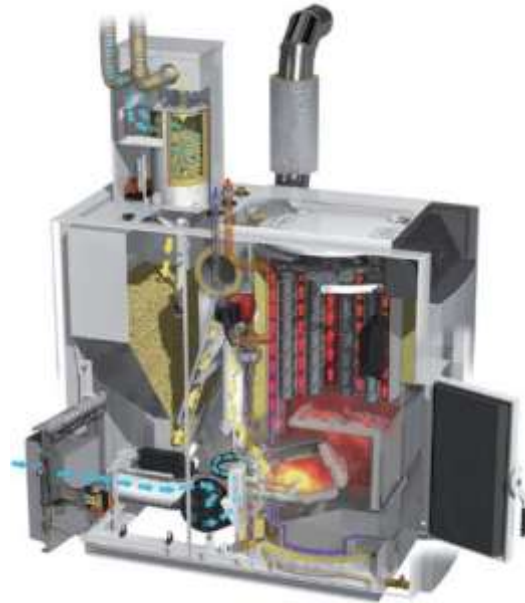
1.2.3 Biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem

Opis tehnologije

Lesni peleti se običajno uporabljajo v kotlih na biogoriva z avtomatskim dovajanjem. Kljub temu pa so nekateri kotli, zlasti večji, zasnovani tudi za kurjenje z drugimi vrstami biomase, kot sta na primer sekance in zrna.

Gorivo se dovaja prek polnilnega vijaka iz dovoda goriva v enoto gorilnika. Izgorevanje v gorilniku poteka med dovajanjem primarnega in sekundarnega zraka. Kotel je pogosto kotel iz jeklene pločevine s konvekcijsko enoto, sestavljeno iz kotlovskih cevi ali plošč.

Gorivo se lahko dovaja iz zunanjega rezervoarja za zemljo, shrambe ali podobno, lahko pa se dobavi iz vgrajenega rezervoarja za gorivo, ki je del kotlovske enote. Gorivo je na voljo v vrečah in ga lahko dodate v silos ročno ali – v primeru lesnih peletov – gorivo lahko izpihnate v zalogovnik ali prostor.



Znotraj avtomatskih kotlov na bio gorivo obstajata dve vrsti naprav: kompaktna naprava, ki so sestavljene iz kotla in gorilnika v isti enoti, ter kotli s snemljivim gorilnikom. Snemljivi gorilniki imajo dovoljeno moč do 70 kW in se uporabljajo izključno za zalaganje s peleti.

Avtomatski kotli na biogoriva so lahko samostojna rešitev, vendar so hibridni sistemi, kot npr. sončni kolektorji – biomasa, v praksi že uveljavljena kombinacija. V poletnem obdobju se vroča voda iz pipe proizvaja iz termalnega sonca, medtem ko grelna enota na biomaso pokriva potrebe po ogrevanju za toplo vodo iz pipe in za ogrevanje prostora v preostalem letu.

Preglednica 16: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo biomasni kotli z avtomatskim nalaganjem

Vhod	Izhod
Primarno lesni peleti ali sekanci . Potencialno je možno uporabiti kot gorivo še žito.	Toplota za ogrevanje in sanitarno toplo vodo.

Tipične nazivne moči

Od 8 kW do 500 kW ali celo večji, snemljivi gorilniki na pelete od 8 kW do 70 kW.

Regulacija

Vsi kotli se lahko regulirajo z manj kot 30 % do 100 % polne zmogljivosti, ne da bi pri tem kršili zahteve glede emisij. Najboljše tehnologije lahko regulirajo od 10 do 120 % nazivne toplotne moči, ki jo je navedel proizvajalec na plošči kotla.

Prednosti in slabosti

Glavne prednosti vključujejo:

- investicija v nov kotel na biomaso je pogosto omejena, če je treba obstoječi oljni gorilnik vseeno zamenjati.

Glavne pomanjkljivosti so:

- kotli in skladiščne zmogljivosti na biomaso zahtevajo prostor in ustrezno kotlovnico;
- pri večjih kotlih in tudi v primeru kurjenja z drugimi vrstami goriv (npr. Slamnati ali lesni sekanci), razen peletov, je treba upoštevati delovno silo, potrebno za vzdrževanje;
- v primerjavi s daljinskim ogrevanjem, plinskimi kotli ali toplotnimi črpalkami je treba vložiti veliko truda v prevoz in ravnanje z kurilnim lesom;
- kotlov in dimni sistem zahteva lastnika redno čiščenje in vzdrževanje.

Okoljski vidik

Uporaba visoke kakovosti goriva in naprednih tehnoloških konceptov zgorevanja zagotavljata, da so avtomatski sistemi zgorevanja okolju prijazni in učinkovite bivalne tehnologije ogrevanja. Zahteve zakonodaje so nenehno stroge in zadevajo varnost, učinkovitost, omejitve emisij itd.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Kotli na biomaso z avtomatskim kovanjem so tehnologija, ki se nenehno razvija in zahteva raziskave in razvoj na naslednjih področjih:

- visoko učinkovite in tehnologije z nizkimi emisijami;
- avtomatizacija in udobje;
- prilagodljivi kotli na gorivo;
- izboljšati zasnovo sistemov za ogrevanje na biomaso;
- kombinirane uporabe toplote in energije.

Negotovosti

Stroški manjših enot se močno razlikujejo in so bolj odvisni od modelov in blagovnih znamk kot od zmogljivosti kotla. Na splošno cene v majhnih enotah odražajo stopnjo avtomatizacije, kar pomeni večjo avtomatizacijo in višje stroške. Cene velikih enot so odvisne tudi od prilagodljivosti goriva, npr. ali je enota sposobna samo za kurjenje lesenih peletov ali tudi sekancev itd.

Cena in zmogljivost tehnologije je danes dobro znana, pričakujejo pa se le še postopne izboljšave. Zato se lahko prihodnje cene in zmogljivosti napovedujejo tudi z dokaj visoko gotovostjo.

Ekonomika obsega učinka

Kot navedeno se stroški bistveno razlikujejo od drugih parametrov kot zmogljivosti, zato pri kotlih na biomaso z ročnim kotaljenjem ni ekonomičnega učinka obsega.

Preglednica 17: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – enostanovanjska stavba, starejša ali prenovljena

Tehnologija:		Biomasní kotel – avtomatsko nalaganje							
Referenčna stavba:		Starejša ali prenovljena enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		zgornja		spodnja		zgornja		spodnja	
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	12	10	10	10	8	15	8	10
Pričakovani delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovani delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	80	82	86	88	74	90	80	96
Letni izkoristek	%	80	82	86	88	74	90	80	96
Poraba električne energije	kWh/leto	250	240	220	200	200	300	150	250
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	30	30	30	30	27	33	24	36
NO _x	g/GJ	120	120	120	120	108	132	96	144
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	270	330	240	360
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,8	4,2	3,6	4,4
CO ₂	kg/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	250	250	250	250	225	275	200	300
PM2.5	g/GJ	93	87,1	75,4	75,4	78,4	95,8	60,4	90,5
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	7,0	6,8	6,5	5,9	25,0	11,0	2,0	10,0
delež opreme	%	80	80	80	80	80	80	80	80
delež namestitve	%	20	20	20	20	20	20	20	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	1,6	1,6	1,5	1,3	1,5	2	1,2	2
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	516	504	486	443	414	571	638	529
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	16	17	22	23	14	21	18	29
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	500	488	464	420	400	550	350	500
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 18: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Biomasi kotel – avtomatsko nalaganje							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		zgornja		spodnja		zgornja		spodnja	
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	12	10	10	10	8	15	8	10
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	75	78	80	85	70	85	80	96
Letni izkoristek	%	75	78	80	85	70	85	80	96
Poraba električne energije	kWh/leto	200	190	180	160	175	250	150	200
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	30	30	30	30	27	33	24	36
NO _x	g/GJ	120	120	120	120	108	132	96	144
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	270	330	240	360
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,8	4,2	3,6	4,4
CO ₂	kg/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	250	250	250	250	225	275	200	300
PM2.5	g/GJ	93	87,1	75,4	75,4	78,4	95,8	60,4	90,5
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enoto	7,0	6,8	6,5	5,9	25,0	11,0	2,0	10,0
delež opreme	%	80	80	80	80	80	80	80	80
delež namestitve	%	20	20	20	20	20	20	20	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enoto	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,5	1	1,3
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	513	501	482	438	412	567	368	523
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	13	13	18	19	12	17	18	23
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	500	488	464	420	400	550	350	500
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 19: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – večstanovanjska stavba, starejša ali prenovljena

Tehnologija:		Biomasn timer – avtomatsko nalaganje							
Referenčna stavba:		Starejša ali prenovljena večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	400	400	400	400	150	500	150	500
Pričakovani delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovani delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	80	82	86	88	74	90	80	96
Letni izkoristek	%	80	82	86	88	74	90	80	96
Poraba električne energije	kWh/leto	2500	2400	2200	2000	2200	3000	1800	2500
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	30	30	30	30	27	33	24	36
NO _x	g/GJ	120	120	120	120	108	132	96	144
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	270	330	240	360
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,8	4,2	3,6	4,4
CO ₂	kg/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	250	250	250	250	225	275	200	300
PM2.5	g/GJ	93	87,1	75,4	75,4	78,4	95,8	60,4	90,5
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	90	88	83	76	80	95	68	83
delež opreme	%	80	80	80	80	80	80	80	80
delež namestitve	%	20	20	20	20	20	20	20	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	15	14,6	13,9	12,6	7	22	5	20
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enota/leto	1758	1726	1706	1577	1152	2407	1011	2193
stroški električne energije	EUR/enota/leto	158	166	222	234	152	207	211	293
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enota/leto	1600	1560	1484	1343	1000	2200	800	1900
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 20: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – večstanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Biomasi kotel – avtomatsko nalaganje							
Referenčna stavba:		Nova večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	160	160	160	160	150	500	150	500
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	80	85	90	90	79	91	85	95
Letni izkoristek	%	80	85	90	90	79	91	85	95
Poraba električne energije	kWh/leto	1500	1400	1320	1250	1200	2000	1000	1800
Tehnološka doba	leto	20	20	20	2	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	30	30	30	30	27	33	24	36
NO _x	g/GJ	120	120	120	120	108	132	96	144
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	270	330	240	360
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,8	4,2	3,6	4,4
CO ₂	kg/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	250	250	250	250	225	275	200	300
PM2.5	g/GJ	93	87,1	75,4	75,4	78,4	95,8	60,4	90,5
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	54	53	50	45	45	60	38	53
delež opreme	%	80	80	80	80	80	80	80	80
delež namestitve	%	20	20	20	20	20	20	20	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	9	8,8	8,3	7,6	1	16	0	15
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1155	1130	1117	1036	883	1538	717	1411
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	95	97	133	146	83	138	117	211
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	1060	1034	983	889	800	1400	600	1200
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

1.2.4 Biomasni kotel z ročnim nalaganjem

Opis tehnologije

Sodobni kotli z ročnim kurjenjem za kurjenje iz masivnega lesa imajo ugrez navzdol. Načelo je, da se gorivo segreva, suši in razplinja v zgorevalni komori, nakar se plini vodijo navzdol skozi vrzel na dnu zgorevalne komore v komoro, kjer se zgorevanje poteka med dovajanjem sekundarnega zraka. Ta tip kotla je pogosto opremljen z zračnim ventilatorjem za dovod zgorevalnega zraka ali ventilatorjem dimnih plinov.



Starejši tipi kotlov so vgrajeni kotli in ne ustrezajo trenutnim okoljskim zahtevam. Ročne kotle je treba namestiti z akumulacijskim rezervoarjem ustrezne velikosti. Potrebe po toploti stavbe je mogoče pokriti samo z ročnim kotlom na biomaso z dobro izoliranim akumulacijskim rezervoarjem.

Preglednica 21: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo biomasni kotli z ročnim nalaganjem

Vhod	Izhod
Vhod predstavljajo drva različnih velikosti v odvisnosti od velikosti kotla.	Toplota za ogrevanje in sanitarno toplo vodo.

Tipične nazivne moči

Kotli na drva so na voljo od nekaj do 100 kW.

Regulacija

Kotli so nameščeni s hranilnikom. Nekateri kotli na drva imajo možnost regulacije.

Prednosti in slabosti

Glavne prednosti vključujejo:

- kotel na biomaso z ročnim nalaganjem je preprosta in robustna zasnova.

Glavne pomanjkljivosti so:

- v primerjavi s daljinskim ogrevanjem, plinskimi kotli ali toplotnimi črpalkami je treba vložiti veliko truda v prevoz in ravnanje z kurilnim lesom;
- kotlov in dimni sistem zahteva redno čiščenje in vzdrževanje.

Okoljski vidik

Pregledi kažejo, da novejši kotli z akumulacijskim rezervoarjem povzročajo bistveno manj onesnaženja v primerjavi s starimi kotli. Zakonodajne zahteve so stroge nenehno in zadevajo varnost, učinkovitost, omejitve emisij itd.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Kotli na biomaso z ročnim taljenjem so tehnologija, ki se nenehno razvija in zahteva raziskovanje in razvoj na naslednjih področjih:

- visoko učinkovite in tehnologije z nizkimi emisijami;
- avtomatizacija.

Negotovosti

Stroški so odvisni od modelov in blagovnih znamk, pa tudi od stopnje avtomatizacije več kot od zmogljivosti.

Ekonomika obsega učinka

Kotli na biomaso z ročnim nalaganjem se proizvajajo le v zelo majhnem območju, zato je ekonomičnost obsega omejena.

Preglednica 22: Podatkovni list za biomasni kotel z ročnim nalaganjem – enostanovanjska stavba, nova in starejša

Tehnologija:		Biomasn timer – ročno nalaganje							
Referenčna stavba:		Starejše in nove enostanovanjske stavbe							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota									
						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	35	30	25	25	25	35	20	35
Pričakovani delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Pričakovani delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Toplotni izkoristek	%	80	82	86	88	70	90	80	96
Letni izkoristek	%	80	82	86	88	70	90	80	96
Poraba električne energije	kWh/leto	250	240	220	200	200	300	150	250
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	30	30	30	30	27	33	24	36
NO _x	g/GJ	120	120	120	120	108	132	96	144
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	270	330	240	360
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,8	4,2	3,6	4,4
CO ₂	kg/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	350	350	350	350	315	385	280	410
PM _{2.5}	g/GJ	470	407,2	281,5	281,5	423,2	517,2	253,3	309,6

Tehnologija:		Biomasn kotel – ročno nalaganje							
Referenčna stavba:		Starejše in nove enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enoto	7,0	6,8	6,5	5,9	5,0	14,0	4,0	12,0
delež opreme	%	80	80	80	80	80	80	80	80
delež namestitve	%	20	20	20	20	20	20	20	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enoto	3,1	3	2,9	2,6	3	2,6	2,4	4
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	466	455	440	401	364	521	318	479
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	16	17	22	23	14	21	18	29
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	450	439	417	378	350	500	300	450
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

1.2.5 Peč na drva

Opis tehnologije

Peč na drva je zaprti sobni grelec, ki se uporablja za ogrevanje prostora, v katerem je peč. Običajno se peč na drva kuri z 2–3 kosi drv naenkrat. Užiganje poteka kadar na prejšnjem osnovnem ognjenem dnu ni več vidnih rumenih plamenov in ko je ustvarjena ustrezna plast žerjavice.

Sodobne peči na drva imajo do tri sisteme za dovod zraka, da bi dosegli čim boljše zgorevanje in zagotovili, da steklena plošča na vhodnih vratih ne postane sočna: primarni zrak navzgor skozi dno zgorevalne komore, sekundarni zrak kot pranje zraka za ohranjanje zgorevanja v živo in za vzdrževanje stekla čistega ter terciarnega zraka na hrbtni strani zgorevalne komore za vžig plinov. Nekatere peči morajo imeti ročne nastavitve dušilcev zraka v povezavi z vsako novo serijo (največ 3–5 minut po vsakem polnjenju); drugi bolj ali manj samoregulirajo.



Dimnik deluje kot motor peči in je ključnega pomena za delovanje peči. Ugrez dimnika sesa zrak skozi dušilce zraka do zgorevalne komore.

Toplota iz peči na drva je običajno dodatek k drugim vrstam oskrbe s toploto. Nekatere peči so sestavljene z vgrajenim kotlom in se tako lahko priključijo na sistem centralnega ogrevanja.

Preglednica 23: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo peči na drva

Vhod	Izhod
Lesni hlodi različnih vrst, kot so bukov, brezov in borov les. Vlažnost mora biti od 12 do 20 %, velikost hloedov na drva pa je odvisna od peči, vendar običajno približno 250 do 330 mm s težo od 700 do 1000 g.	Toplota za ogrevanje in sanitarno toplo vodo.

Tipične nazivne moči

Običajne zmogljivosti so nazivna moč 4 do 8 kW.

Regulacija

Z regulacijo zračnih blažilnikov se lahko toplotna moč peči v nekaj minutah zmanjša ali poveča, vendar pa lahko to poveča emisije.

Prednosti in slabosti

Glavne prednosti vključujejo:

- peči na drva so običajno neodvisne od oskrbe z električno energijo;
- lahko dopolni primarno ogrevalno enoto, kar lahko zmanjša odvisnost primarne ogrevanja.

Glavne pomanjkljivosti so:

- v primerjavi s daljinskim ogrevanjem, plinskimi kotli ali toplotnimi črpalkami je treba vložiti veliko truda v prevoz in ravnanje z kurilnim lesom;
- visoka raven lokalne emisije onesnaževal zraka, npr. trdne delce.

Okoljski vidik

Lesne peči oddajajo visoko stopnjo onesnaževal zraka, npr. trdne delce na lokalni ravni. Onesnaževanje iz peči na drva je odvisno od vrste dejavnikov, kot so način nalaganja polen, individualna peč, nadzor zgorevanja in dimnika glede na okoliško topografijo. Dimnik je motor za zgorevanje in kjer je ugrez bistveni del tega, koliko zraka doseže zgorevanje, na to lahko vpliva višina dimnika in kako okolica, npr. druge hiše, hribi, gozdovi so smer vetra. Če ugrez ne zadostuje, bo to povzročilo slabo izgorevanje in več emisij.

Še vedno pa so emisije iz sodobne peči na drva veliko večje kot iz npr. plinski, oljni ali biomasni kotli. V bližnji prihodnosti se bodo pojavile strožje zahteve glede emisij.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Potreben je nenehen razvoj peči z namenom zmanjšanja emisij delcev in zmanjšanja oskrbe z nizkoenergijskimi hišami.

Negotovosti

Cene se zelo razlikujejo glede na kapaciteto peči v primerjavi z različicami, ki so povezane z dizajni in znamkami. Cena in zmogljivost tehnologije je danes dobro znana, vendar se pričakuje, da bo od leta 2030 naprej razvitih še več avtomatskih peči, ki bodo premagale zakonodajo in prihodnje zahteve. Zato se pričakuje povečanje naložbe. Po tem obdobju se pričakuje, da

tehnologija postane splošna, zato se pričakuje, da bodo naložbe upadale, ko bo tehnologija cenejša.

Ekonomika obsega učinka

Peči na drva se proizvajajo le z zelo majhnim razponom zmogljivosti, zato je ekonomičnost obsega omejena, če sploh velja.

Preglednica 24: Podatkovni list za peč na drva brez zalagovnika za vodo – enostanovanjska stavba, starejše in nove

Tehnologija:		Peč na drva brez zalagovnika za vodo							
Referenčna stavba:		Starejše in nove enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		zgornja		spodnja		zgornja		spodnja	
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	6	5	4	4	4	8	4	8
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	40	40	40	40	20	60	20	60
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplotni izkoristek	%	65	70	75	75	62	78	67	83
Letni izkoristek	%	65	70	75	75	62	78	67	83
Poraba električne energije	kWh/leto	0	0	0	0	0	0	0	0
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	10	10	10	10	9	11	8	12
NO _x	g/GJ	50	50	50	50	45	55	40	60
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	240	360	180	420
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,6	4,4	3,2	4,8
CO ₂	g/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	600	600	600	600	540	660	480	720
PM2.5	g/GJ	740	690	590	590	621	759	531	649
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	2,5	2,5	3,5	3,1	2,0	3,0	2,5	4,0
delež opreme	%	100	100	100	100	100	100	100	100
delež namestitve	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	1,6	1,6	1,5	1,3	1,5	2	1,2	2
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	150	145	200	190	125	200	150	250
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	0	0	0	0	0	0	0	0
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	150	145	200	190	125	200	150	250
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 25: Podatkovni list za peč na drva z zalogovnikom za vodo – enostanovanjska stavba, starejše in nove

Tehnologija:		Peč na drva z zalogovnikom za vodo							
Referenčna stavba:		Starejše in nove enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	15	12	10	10	10	15	8	12
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	45	45	45	45	20	70	20	70
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	20	20	20	20	10	40	10	40
Toplotni izkoristek	%	65	70	75	75	62	78	67	83
Letni izkoristek	%	65	70	75	75	62	78	67	83
Poraba električne energije	kWh/leto	150	140	130	110	100	160	90	150
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	10	10	10	10	9	11	8	12
NO _x	g/GJ	50	50	50	50	45	55	40	60
CH ₄	g/GJ	300	300	300	300	240	360	180	420
N ₂ O	g/GJ	4	4	4	4	3,6	4,4	3,2	4,8
CO ₂	g/GJ	0	0	0	0	0	0	0	0
VOC	g/GJ	600	600	600	600	540	660	480	720
PM2.5	g/GJ	740	690	590	590	621	759	531	649
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	4,0	4,0	4,5	4,2	3,0	5,0	3,5	5,5
delež opreme	%	88	88	88	88	88	88	88	88
delež namestitve	%	15	15	15	15	15	15	15	15
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota	1,6	1,6	1,5	1,3	1,5	2	1,2	2
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	209	205	263	253	157	261	161	268
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	9	10	13	13	7	11	11	18
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	200	195	250	240	150	250	150	250
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

1.2.6 Električne toplotne črpalke

Opis tehnologije

Toplotne črpalke uporabljajo isto tehnologijo kot hladilniki, toploto prenašajo iz nizkotemperaturnega v visokotemperaturni nivo. Toplotne črpalke črpajo toploto iz vira toplote (vhodna toplota) in skozi zaključen proces pretvorijo toploto v na višje temperaturni nivo (izhodna toplota); bodisi toplotne črpalke tipa kompresije bodisi toplotne črpalke s „termičnim pogonom“.

Toplotne črpalke je mogoče razvrstiti po svojem načinu delovanja na naslednji način:

- toplotne črpalke s kompresorjem, ki jih lahko poganja plin ali elektrika;
- sorpcijske toplotne črpalke (razdeljene na absorpcijske in adsorpcijske toplotne črpalke), ki jih lahko poganja plin, vroča voda pod tlakom ali olje. Tak tip toplotnih črpalk imenujemo toplotne črpalke s »termičnim pogonom«.

Geotermalna toplota, podzemna ali površinska voda, sonce in zrak so primerni kot naravni viri toplote za toplotne črpalke.

Toplotne črpalke se razlikujejo po načinih, ki se uporabljajo za zbiranje toplote iz vira toplote in načinih, ki se uporabljajo za distribucijo toplote v hiši:

- Toplotne črpalke zrak-zrak črpajo toploto iz zunanjega zraka in lokalno dovajajo toploto prek toplotnih izmenjevalnikov. Toplotne črpalke zrak-voda črpajo toploto iz zunanjega zraka in dovajajo toploto s hidravličnim sistemom za distribucijo toplote na vodi (radiator, konvektorji, talno ogrevanje).
- Geotermalne toplotne črpalke običajno nabirajo toploto iz tal, ki kroži hladno slanico po ceveh in pogosto oddajajo toploto v hiši prek vodnega sistema (radiator, talno ogrevanje itd.) imenovane toplotne črpalke "zemeljski vir". Kot vir se lahko uporablja bodisi zemljina bodisi podtalnica.
- Prezračevalne toplotne črpalke črpajo toploto iz izpušnega zraka za prezračevanje in segrevajo dovod zraka v prezračevalni sistem in so lahko zrak-zrak, zrak-voda ali kombinacija obojega.

Toplotne črpalke se uporabljajo za individualno ogrevanje prostorov, industrijske procese in daljinsko proizvodnjo toplote. Danes je večina majhnih sistemov toplotnih črpalk, ki se uporabljajo za individualno ogrevanje prostorov, na električni pogon kompresijske toplotne črpalke, ki uporabljajo energijo iz zunanjega zraka, izpušnih prezračevalnih sistemov ali zemeljske toplote. Na Danskem je to edina vrsta toplotnih črpalk, ki se v nekaterih državah uporablja za individualno ogrevanje, druge vrste (na primer hibridne plinske toplotne črpalke) pa se uporabljajo tudi za večje gradbene komplekse.

Toplotne črpalke za vodne distribucijske sisteme imajo najvišjo izstopno temperaturo okoli 55 °C, nižja temperatura izhoda pa višji izkoristek toplotne črpalke, zato je privlačna temperatura na vhodu le 35 °C. Kljub temu pa temperatura na izhodu okoli 35–55 °C zahteva sistem

distribucije, ki je skladen s temperaturami v tem območju. V mnogih primerih je potrebno namestiti večje radiatorje, talno ogrevanje in / ali izboljšati stopnjo izolacije ovoja stavbe.

Temperaturna razlika med nivojem temperature vira toplote in temperaturno stopnjo oddane toplote vpliva na COP. Ko se razlika v temperaturi med toplotnim virom in dovajanjem toplote zmanjša, se bo COP povečal in obratno. To pomeni, da se bo COP spreminjal, npr. glede na letni čas – nizka zunanja temperatura pomeni večjo temperaturno razliko, ko je toplotna moč enaka. Zato bo pozimi COP manjši kot poleti.

Sprva je bilo v Sloveniji nameščenih razmeroma malo toplotnih črpalk in je znanje o namestitvi manjše kot pri tradicionalnih tehnologijah, zato so se pojavila vprašanja glede pravilne namestitve, zlasti toplotnih črpalk na vodni osnovi (zrak-voda in zemlja-vir). Nepravilna namestitve povzroči zmanjšano učinkovitost in obstaja razvojni potencial za boljše namestitve. Vendar pa ni pričakovati, da bodo cene povišale, saj slabe naprave pogosto izhajajo iz neustrezne temeljitosti.

Ločimo med naslednjimi tehnologijami:

- zrak-zrak;
- zrak-voda;
- zemlja-voda;
- prezračevalna toplotna črpalka.

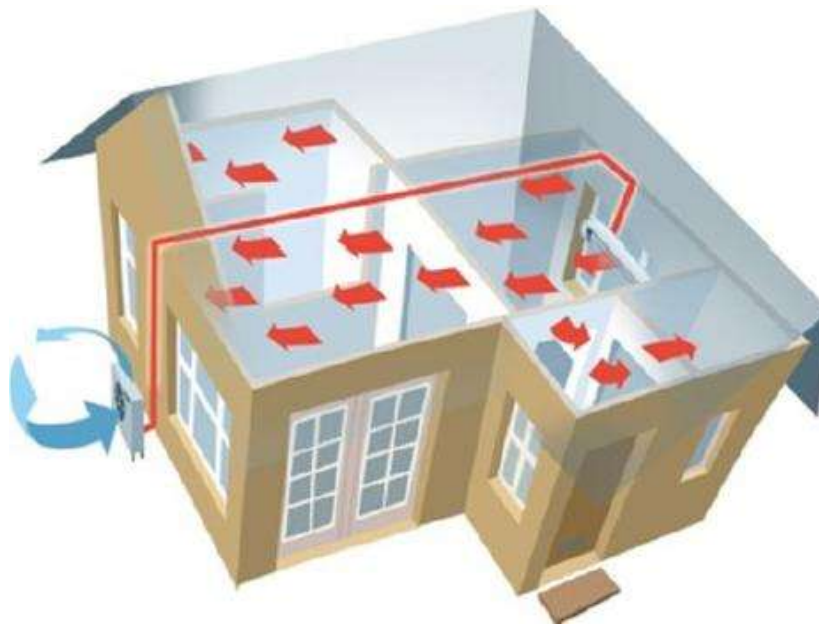
Tehnologija: zrak – zrak

Toplotne črpalke zrak-zrak črpajo toploto iz zunanjega zraka in lokalno dovajajo toploto s pomočjo toplotnega izmenjevalnika. Večina toplotnih črpalk zrak-zrak ima eno zunanjo enoto in eno notranjo enoto in jih pogosto imenujemo »ločene« enote (angl. split units). Ta konfiguracija pomeni, da lahko toplotna črpalka dovaja toploto samo na enem mestu v hiši in da je za večje pokritje potreben sistem kroženja zraka ali da so vrata v sosednje prostore odprta. Preostale potrebe po toploti morajo pokrivati drugi viri, npr. električni grelci ali dodatne toplotne črpalke zrak-zrak.

Toplotne črpalke zrak-zrak običajno pokrivajo med 60 % in 80 % potreb po ogrevanju prostora. Tako je potrebno dodatno ogrevanje v najhladnejših obdobjih ali če zrak ne kroži po hiši. Zato je zrak-zrak običajno nameščen kot pomožna ogrevalna enota v kombinaciji kot dodatek k obstoječemu primarnemu viru toplote. Obstoječi vir toplote bi lahko bil karkoli, običajno pa je na plinski ali oljni kotel.

Mnoge toplotne črpalke zrak-zrak so povratne, kar pomeni, da se lahko uporabljajo tudi za hlajenje (klima).

Število toplotnih črpalk zrak-zrak, nameščenih v Sloveniji, je 85.885 v enostanovanjskih stavbah in 83.161 v večstanovanjskih stavbah.



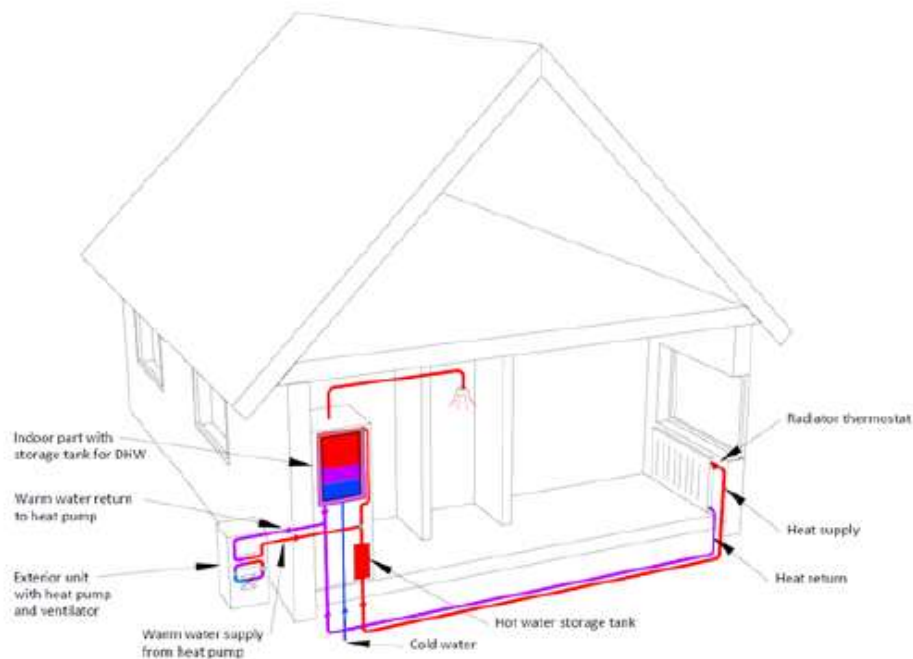
Slika 22: Toplotna črpalka zrak-zrak, kjer sta dve enoti nameščeni glede na lokalne pogoje

Tehnologija: zrak-voda

Toplotne črpalke zrak-voda črpajo toploto iz zunanjega zraka in dovajajo toploto za ogrevanje prostora s pomočjo distribucijskega sistema na vodni osnovi. Toplotne črpalke zrak-voda ogrevajo tudi vodo za porabo sanitarne vode in bodo pogosto opremljene z električnim grelcem za dopolnitev v obdobjih največjih obremenitev, tako da lahko enota oskrbuje 100 % potrebe po toploti.

Nekatere toplotne črpalke zrak-voda so zasnovane posebej za pripravo sanitarne tople vode. Tovrstna toplotna črpalka zrak-voda se uporablja v številnih poletnih domovih, še posebej, če obstaja velika poraba tople vode.

Število toplotnih črpalok zrak-voda v Sloveniji v začetku leta 2017 znašalo skoraj 28.000.



Slika 23: Toplotna črpalka zrak-voda

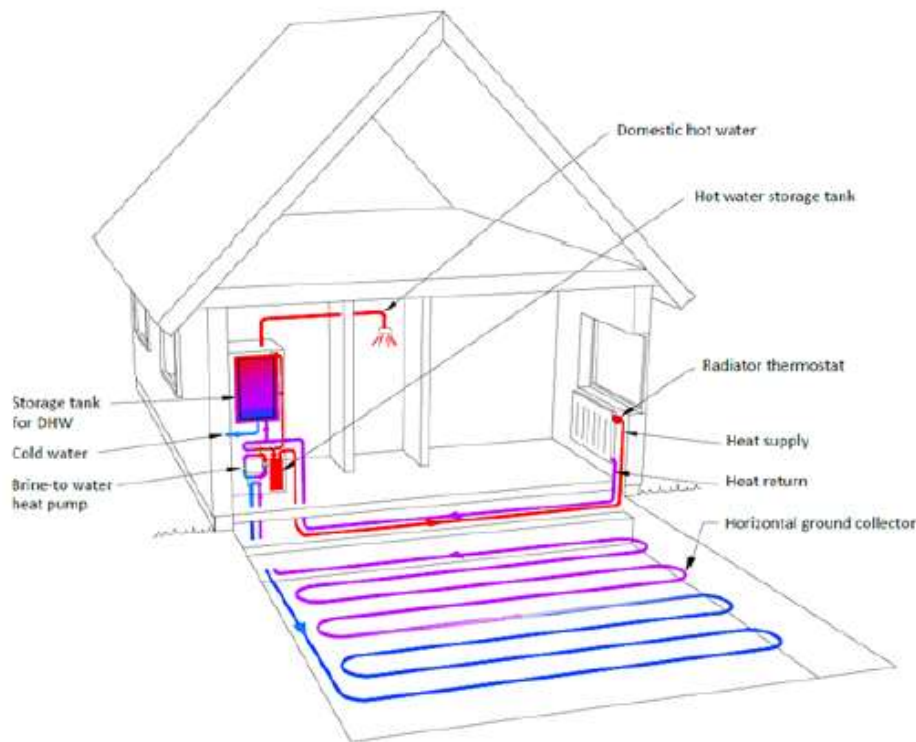
Tehnologija: zemlja-voda

Toplotne črpalke zemlja-voda črpajo toploto iz tal in prek distribucijskega sistema na vodni osnovi dovajajo toploto za ogrevanje prostora. Toplotne črpalke slanica-voda segrevajo tudi vodo za porabo tople vode v gospodinjstvu in so pogosto opremljene z električnim grelcem za dopolnitev v obdobjih največjih obremenitev, tako da lahko enota oskrbuje 100 % potrebe po toploti.

Večina toplotnih črpalk zemeljskega vira uporablja vertikalni kolektor toplote, ki je sestavljen iz cevi, ki vsebujejo slanico proti zmrzovanju, ki jo kroži, da odzame toploto iz plasti tal.

Teoretično bodo toplotne črpalke iz zemeljskega izvora v ogrevalni sezoni dosegale večji toplotni izkoristek v primerjavi s toplotnimi črpalkami zrak-voda. Pri izkoriščanju plitve geotermalne energije so lahko vertikalne cevi globoke tudi do 250 m. Vendar so tu investicijski stroški večji in se uporabljajo predvsem tam, kjer površina ni primerna ali ni primerna za vgradnjo vodoravnih cevi, npr. kamnita območja.

Število takšnih toplotnih črpalk zemeljskega vira v Sloveniji je ocenjeno na slabih 10.000 v letu 2017.



Slika 24: Toplotna črpalka zemlja-voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem

Tehnologija: prezračevanje

Prezračevalne toplotne črpalke so lahko zrak-zrak, zrak-voda ali kombinacija obeh. Ta vrsta črpa toploto iz prezračevalnega zraka in segreva dovod zraka v prezračevalni sistem in običajno tudi toplo sanitarno vodo. Tovrstne toplotne črpalke imenujemo tudi toplotne črpalke za izpušni zrak.

Toplotna črpalka lahko ogreva dovodni zrak na raven, ki zagotavlja več toplote kot toplotne izgube prezračevanja in s tem lahko do neke mere nadomesti izgubo prenosa. Glede na razmerje med toplotnimi izgubami pri prenosni toploti in toplotnimi izgubami pri prezračevanju lahko ta vrsta toplotne črpalke zahteva dodatni vir toplote, da pokrije potrebe po toploti skozi vse leto in omogoči individualno regulacijo prostora.

Sistem je pogosto kombiniran z neposrednim izmenjevalnikom toplote, ki bo odvajal del toplote iz izstopnega zraka. To pomeni, da se zmogljivost toplotne črpalke zmanjša, poveča pa se splošna energetska učinkovitost. Ta vrsta toplotne črpalke se pogosto uporablja v Nemčiji [1].



Slika 25: Prezračevalna toplotna črpalka

Preglednica 26: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo toplotne črpalke

Vhod	Izhod
<p>Vhodi za toplotne črpalke so vir toplote in pogonska energija.</p> <p>Viri toplote za posamezne toplotne črpalke so predvsem zunanji zrak, prezračevalni zrak ali tla (tla). Običajne temperature so med -5 in 18 °C, temperatura tal v globini 1 metra pa med 2 in 14 °C (pozimi z odvzemom toplote pade na približno 0 °C). Drugi viri toplote so lahko sončni grelni paneli, površinska voda (jezero ali morska voda).</p> <p>Pogonska energija posameznih toplotnih črpalk je elektrika ali plin.</p>	<p>Izhodna energija je toplota za ogrevanje prostora kot vroč zrak ali voda, za nekatere instalacije pa tudi sanitarna voda.</p>

Tipične nazivne moči

Kapaciteta ogrevanja se razlikuje med vrstami, na primer toplotne črpalke zrak-zrak in prezračevanje običajno ogrevajo le del hiše, medtem ko zemlja-voda in toplotne črpalke zrak-voda dovajajo toploto za celotno hišo, vključno s toplo sanitarno vodo.

Tehnologija: zrak-zrak

Običajne ogrevalne zmogljivosti za eno toplotno črpalko zrak-zrak so 3–8 kW, kar običajno pokriva med 60 % in 80 % potreb po ogrevanju prostora.

Tehnologija: zrak-voda in zemlje-voda

Toplotne črpalke, ki oskrbujejo sisteme na vodni osnovi, običajno znašajo od približno 4 kW do nekaj sto kW ogrevalne zmogljivosti, kar pokriva potrebe po ogrevanju prostorov in sanitarni vodi tako v nizkoenergijskih stavbah kot v drugih stavbah. Toplotne črpalke na vodni osnovi so običajno zasnovane tako, da pokrijejo med 95 % in 98 % potrebe po toploti.

Tehnologija: prezračevanje

Zmogljivost ogrevalnih črpalk za prezračevanje znaša od 1,5 kW v enodružinskih hišah do nekaj sto kW v velikih pisarnah. V zasebnih gospodinjstvih je zmogljivost ogrevanja običajno do 3 kW.

Prezračevalne toplotne črpalke običajno niso ustrezne kot edini vir toplote za ogrevanje prostorov in toplotno ogrevanje vode. Razlog je v tem, da je zrak za izpušno prezračevanje lahko nezadosten kot edini vir toplote. Posledično in odvisno od razmerja med toplotnimi izgubami pri prenosu in prezračevalnimi toplotnimi izgubami lahko prezračevalna toplotna črpalka v nekaterih obdobjih zahteva dodaten vir toplote.

Regulacija

Vse toplotne črpalke imajo regulacijo vklopa / izklopa, nekatere pa so opremljene tudi z regulacijo zmogljivosti, kar pomeni, da lahko toplotna črpalka nenehno uravnava proizvodnjo toplote do približno 20 % največ. Toplotne črpalke za individualno ogrevanje se lahko takoj ustavijo in ustavljena toplotna črpalka lahko doseže polno porabo energije v 1 minuti.

Pomembno je priznati, da spreminjanje strategije delovanja toplotne črpalke sčasoma vpliva na splošno porabo energije in udobje. Pri toplotnih črpalkah, ki so vklopljene / izklopljene, bo učinkovitost padala z naraščajočim številom zagonov in postankov. Za zagotovitev najvišje učinkovitosti je potrebno pravilno dimenzioniranje in uporaba hranilnikov. Toplotne črpalke z regulacijo zmogljivosti vsebujejo več sestavnih delov kot vklopljene / izklopljene toplotne črpalke, kar lahko poveča ceno.

Glavni del toplotnih črpalk zrak-zrak, ki so danes nameščene, ima regulacijo zmogljivosti. Le približno 20 % nameščenih toplotnih črpalk zrak-voda in zemlja-vir ima regulacijo zmogljivosti. Medtem ko je večina toplotnih črpalk na trgu danes opremljena z regulacijo zmogljivosti, kar pomeni, da se bo odstotek nameščenih toplotnih črpalk z regulacijo zmogljivosti povečal.

Ker imajo distribucijski sistemi na vodni osnovi višjo regulacijo vklopa / izklopa toplotne inercije, to ne vpliva na udobje na enak način, kot bi to urejali toplotne črpalke zrak-zrak.

Prednosti in slabosti

Splošna prednost tehnologij toplotnih črpalk je, da se poraba primarne energije zmanjša v primerjavi s kotli ali tradicionalnim električnim ogrevanjem.

Hrup iz toplotnih črpalk iz zraka lahko predstavlja težavo. Na splošno je raven hrupa zakonsko urejena in mora biti na meji drugih lastnosti manjša od 35 dB (A) [17]. Poleg tega EU ECO oblikovna uredba toplotnih črpalk [16] vključuje specifikacijo največjega hrupa same toplotne črpalke. Toplotne črpalke zrak-zrak višje kakovosti imajo običajno nižjo raven hrupa.

Tehnologija: zrak-zrak

Prednosti toplotnih črpalk zrak-zrak so, da jih je enostavno vgraditi v prostore in zgradbe z električnim ogrevanjem, saj distribucijski sistem na vodni osnovi ni potreben in imajo toplotne črpalke zrak-zrak večji izkoristek kot neposredno električno ogrevanje. Zunanja inštalacija potrebuje le omejen zunanji prostor in ne potrebuje kopanja v tleh. Glavni razlogi za veliko število nameščenih toplotnih črpalk zrak-zrak so nizki naložbeni stroški in enostavna namestitve.

Pomanjkljivost toplotne črpalke zrak-zrak je ta, da, če ni nameščena kot multi-split enota, lahko odda toploto le v enem prostoru.

Poleg tega so toplotne črpalke zrak-zrak toplotne črpalke omejene in ne morejo ogrevati gospodinjske vode. Zato je za to vrsto toplotne črpalke potreben dodaten vir toplote.

Tehnologija: zrak-voda in zemlje-voda

V primerjavi z geotermalnimi toplotnimi črpalkami je te lažje namestiti in ne potrebujejo velikega območja za zemeljske kolektorje toplote.

V primerjavi s toplotnimi črpalkami zrak-zrak lahko vodni sistemi dovajajo toploto prek ogrevalnega sistema na vodni osnovi v več prostorih in je možno individualno regulirati prenos toplote v vsaki sobi.

V primerjavi s toplotnimi črpalkami zemlja-voda je toplotna črpalka zrak-voda manj učinkovita, saj bo temperatura zraka v zimskih obdobjih nižja od temperature tal. Poleg tega se bo na zunanjem izmenjevalniku toplote nabral led in s tem znižal temperaturo izhlapevanja in izkoristek.

Tehnologija: zrak-voda in zemlje-voda

Kar zadeva toplotne črpalke zrak-voda, lahko toplotna črpalka voda-voda (zemlja-vir) oddaja toploto prek ogrevalnega sistema na vodni osnovi v več prostorih in je možno individualno regulirati prenos toplote v vsaki sobi.

V primerjavi s sistemi na zraku ima ta tip običajno višji letni COP, saj so tla v ogrevalni sezoni toplejša od zunanjega zraka.

Pomanjkljivost je, da zemeljski vir vključuje kopanje ali druge ureditve za pridobivanje potrebne toplote. To povečuje naložbene stroške v primerjavi z rešitvami na zraku, vendar bodo do nekaterih izravnalnih stroškov znižane. Toplotna črpalka zemlja-vir bo približno 15 % učinkovitejša od toplotne črpalke zrak-voda.

Med delovanjem toplotne črpalke ni težav s hrupom, zaradi česar je to edina možna rešitev na gosto pozidanih območjih.

Tehnologija: prezračevanje

Ta toplotna črpalka je uporabna le v hišah s prezračevalnim sistemom. V starih hišah z velikim, nenadzorovanim prezračevanjem zaradi infiltracije zraka ta tehnologija ne bo primerna. V novih in bolj neprepustnih hišah se pogosto uporabljajo prezračevalni sistemi, kar pomeni, da bi lahko bile toplotne črpalke za prezračevanje primerna rešitev.

Pomanjkljivost prezračevalnih toplotnih črpalk je, da je toplotna zmogljivost omejena s toploto, ki jo lahko odvajamo iz izpušnega zraka.

Okoljski vidik

Vpliv toplotnih črpalk na okolje se nanaša predvsem na porabo energije, puščanje sintetičnih hladilnih sredstev in hrup.

Vpliv okolja na okolje zaradi uporabe električne energije bo odvisen od načina proizvodnje električne energije.

Danes vse toplotne črpalke za individualno ogrevanje na danskem trgu uporabljajo sintetična hladilna sredstva. To so znani HFC (fluorogljikovodiki), ki so fluorirani plini (F-plini), ki imajo močan toplogredni učinek in so zajeti v Kjotskem protokolu. Obstaja veliko različnih hladilnih sredstev na osnovi HFC-jev. Najpomembnejše so mešanice HFC-134a (R134a) in HFC: R404A, R410A in R407A. Najpogostejša hladilna sredstva na osnovi HFC imajo potencialne globalnega segrevanja (GWP) od približno 1.500 do 4.000 v primerjavi s CO₂, katerega GWP je 1.

Obstaja pa nekaj toplotnih črpalk, ki delujejo z naravnimi hladilnimi sredstvi (vključno z R290-propanom), vendar je to manjšina. Pričakuje se, da bo prišlo do prehoda k naravnim hladilnim sredstvom ali drugim manj škodljivim hladilnim sredstvom. Evropska uredba o F-plinu iz leta 2015 navaja, da bodo F-plini postopoma opuščeni do leta 2030 in prepovedani v mnogih aplikacijah, kjer je na voljo manj škodljivih alternativ, kar bo verjetno povzročilo povečano uporabo naravnih hladilnih sredstev v toplotnih črpalkah.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Raziskave in razvoj se nanašajo predvsem na nove načrte in energetske učinkovitost, kjer so v središču pozornosti učinkovitejše obremenitve delov in nadzorne strategije za vodne sisteme.

Pričakujemo, da se bo v bližnji prihodnosti uvedla toplotna črpalka zrak-zrak, ki ogreva tudi toplo sanitarno vodo. Možne so tudi druge postavitev, na primer toplotne črpalke zrak / zrak z več notranjimi enotami.

Učinkovite strategije krmiljenja so še posebej pomembne, kadar toplotne črpalke delujejo z drugimi sistemi, kot so prezračevanje, proizvodnja sanitarne vode, kotli ali solarni termalni sistemi. Pomembno je tudi medsebojno delovanje z elektroenergetskim sistemom.

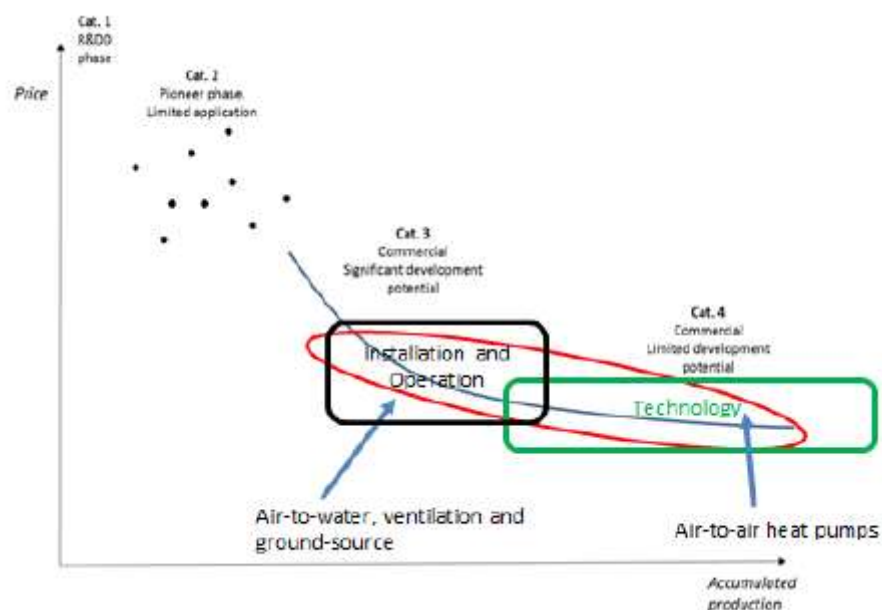
Obstaja perspektiva razvoja za boljše namestitve zlasti toplotnih črpalk zrak-voda in zemlja-vir. Zaradi okvarjenih inštalacij te vrste toplotnih črpalk pogosto delujejo slabše od potenciala. Zaznavanje slabe učinkovitosti je lahko zapleteno, kar pomeni, da je ne odkrijejo vsi končni uporabniki. Višje izobraževalne zahteve monterjev in boljše spremljanje delovanja toplotnih črpalk bodo to težavo zmanjšali. Če pa se doseže večja zmogljivost vgradnje toplotnih črpalk, lahko to zmanjša stroške namestitve in delovanje toplotne črpalke.

Napoved učinkovitosti in stroškov

Kar zadeva razvoj stroškov, se domneva, da toplotne črpalke zrak-zrak spadajo v kategorijo 4 kot "komercialne tehnologije, ki so bile doslej velike uvedene". Medtem ko se domneva, da druge vrste spadajo v kategorijo 3 „Komercialne tehnologije z velikim potencialom uporabe“.

Glede same tehnologije jo lahko razvrstimo v kategoriji 3 in 4, kot je prikazano na sliki. Pri vgradnji in obratovanju je mogoče izboljšati, čeprav to verjetno ne bo povzročilo nižje cene, temveč boljše vgradnje, kar pomeni boljše delovanje toplotnih črpalk. Razvoj bi tako lahko bil manjši in bolj usposobljeni monterji toplotnih črpalk.

Toplotne črpalke zrak-zrak se proizvajajo v veliko večjem številu kot druge vrste toplotnih črpalk za posamezno ogrevanje prostorov. Toplotne črpalke zrak-zrak so zelo podobne split klimatskim napravam (pogosto isti aparat lahko zagotavlja ogrevanje in hlajenje), kar pomeni, da so proizvodne številke ogromne, proizvodni obrati pa zelo učinkoviti, zato je treba predvidevati, da je razvoj cen počasnejše kot pri drugih vrstah toplotnih črpalk. Torej so toplotne črpalke zrak-zrak v kategoriji 4, medtem ko so toplotne črpalke za prezračevanje, zrak-voda in zemlja-vir v kategoriji 3. Proizvodne številke za te vrste so veliko manjše, zato je čas podvajanja predvidevajo, da so krajši, stroški pa se lahko hitreje zmanjšajo. Zmanjšani stroški vgradnje zahtevajo povečanje trgov z geografskimi regijami. Namestitev in delovanje je v kategoriji 3 za vse vrste toplotnih črpalk, kar pomeni, da je mogoče izboljšati vgradnjo in delovanje.



Slika 26: Razmerje med ceno in tehničnimi karakteristikami za različne vrste toplotnih črpalk

Na podlagi zgoraj navedenega se uvedejo naslednje predpostavke glede nabranega obsega in zmanjšanja stroškov za naložbe in vzdrževanje toplotnih črpalk.

Zmanjšanje stroškov sčasoma se lahko izrazi kot investicijski stroški kot funkcija kumulativne uporabe. Obstaja značilno upadajoči profil stroškov, prav tako tudi pogojnost upada in stabilizacije na tržnih pogojih in tehnološka zrelost. V danskem, evropskem in tudi svetovnem kontekstu je več pozornosti namenjena energetske učinkovitosti (danska energetska politika, evropska energetska unija in direktiva o energetske učinkovitosti). Toplotne črpalke so lahko orodje za povečanje energetske učinkovitosti. Zato lahko pri toplotnih črpalkah pričakujemo velik tržni učinek.

Preglednica 27: Predvidena rast prodaje toplotnih črpalk v prihodnosti v različnih obdobjih

Povečan obseg prodaje enot toplotnih črpalk	2020–2030	2030–2050
Zrak-zrak	0,75	0,75
Zrak-voda	1,25	1,25
Zemlja-voda	1,25	1,25
Prezračevanje	1,25	1,25

Preglednica 28: Predvideno zmanjšanje stroškov za investicije v toplotne črpalke v različnih časovnih obdobjih

Zmanjšanje stroškov	2020–2030	2030–2050
Zrak-zrak	6 %	6 %
Zrak-voda	10 %	10 %
Zemlja-voda	10 %	10 %
Prezračevanje	10 %	10 %

Negotovosti

Cene goriv vplivajo na konkurenčnost toplotnih črpalk. Npr. draga biomasa, plin ali nafta bodo pomenile, da bodo toplotne črpalke boljše alternative. Če pa cene goriv padejo glede na cene električne energije, bodo toplotne črpalke postale manj konkurenčne.

Ekonomika obsega učinka

Ekonomičnost obsega zlasti velja za toplotne črpalke zrak-voda in zemlja-vir, saj instalacijska in pomožna oprema predstavljata veliko količino celotne naložbe. V tipičnem razponu zmogljivosti za enodružinske hiše bo povečanje zmogljivosti za 100 % običajno povečalo naložbene stroške za te sisteme za 20–35 %. Značilni stroški naložb za toplotne črpalke zrak-voda in zemlja 5 do 10 kW in 15 kW so prikazani v spodnji tabeli.

Preglednica 29: Tipični investicijski stroški v enoto toplotne črpalke

Velikost	5 kW	10 kW	15 kW
Zrak-voda (EUR/enoto)	7.500	10.000	12.000
Zemlja-voda (EUR/enoto)	12.500	16.000	19.000

Ker stroški vgradnje toplotnih črpalk zrak-zrak predstavljajo le majhen del naložbe, so ekonomični učinki zelo omejeni v razponu za domača gospodinjstva. Povečanje zmogljivosti 100 % bo običajno povečalo stroške za 80–100 %.

Ker toplotne črpalke zrak-zrak in prezračevanje običajno uporabljajo toploto samo na enem mestu, je največja velikost takšnih enot omejena na približno 6 kW. Znotraj tega omejenega obsega povečanje zmogljivosti 50 % bo običajno dodalo približno 25 % ceni.

Preglednica 30: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-zrak – enostanovanjska stavba, starejša

Tehnologija:		Toplotna črpalka zrak-zrak							
Referenčna stavba:		Starejša enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	4	4	6	6	2	10	2	10
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	60	60	60	60	50	70	40	80
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	0	100	100	100	0	100	0	100
Toplotni izkoristek	%	500	510	410	420	400	550	350	600
Letni izkoristek	%	500	510	410	420	400	550	350	600
Poraba električne energije	kWh/leto	0	0	0	0	0	0	0	0
Tehnološka doba	leto	12	12	12	12	10	15	10	15
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	1,8	1,7	1,9	1,8	1,4	2,0	1,2	2,0
delež opreme	%	85	85	75	75	60	90	60	90
delež namestitve	%	15	15	25	25	40	10	40	10
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	170	162	146	132	150	250	100	150
stroški električne energije	EUR/enoto/leto								
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto								
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 31: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-zrak – enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna črpalka zrak-zrak							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	2,5	2,5	3,5	3,5	2	5	2	5
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	60	60	60	60	50	70	40	80
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	0	0	100	100	0	100	0	100
Toplotni izkoristek	%	480	490	340	360	330	510	330	520
Letni izkoristek	%	480	490	340	360	330	510	330	520
Poraba električne energije	kWh/leto	0	0	0	0	0	0	0	0
Tehnološka doba	leto	12	12	12	12	10	15	10	15
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	1,2	1,1	1,8	1,7	0,8	2,0	0,8	2,0
delež opreme	%	70	70	70	70	58	80	50	80
delež namestitve	%	30	30	30	30	20	50	20	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	170	162	146	132	150	250	100	150
stroški električne energije	EUR/enoto/leto								
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto								
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 32: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – enostanovanjska stavba, starejša

Tehnologija:		Toplotna črpalka zrak-voda							
Referenčna stavba:		Starejša enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	10	10	10	10	5	15	5	15
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	400	410	430	450	380	450	380	500
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	390	400	420	440	370	440	370	490
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	330	340	360	380	310	370	310	400
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	325	335	355	370	300	360	300	390
Poraba električne energije	kWh/leto	100	100	100	100	80	120	80	120
Tehnološka doba	leto	18	18	18	18	15	20	15	20
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enoto	10,0	9,4	8,5	7,6	8,0	12,0	6,0	12,0
delež opreme	%	70	70	65	60	50	85	50	85
delež namestitve	%	30	30	35	40	15	50	15	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enoto								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	291	278	255	239	256	328	188	295
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	6	7	10	17	6	8	13	20
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	285	271	245	222	250	320	175	275
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 33: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna črpalka zrak-voda							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	4	4	4	4	2,5	6	2,5	6
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	345	355	365	380	330	364	330	400
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	325	335	345	365	315	345	315	390
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	300	320	340	355	290	330	290	375
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	285	305	320	335	280	315	280	365
Poraba električne energije	kWh/leto	100	100	100	100	80	120	80	120
Tehnološka doba	leto	18	18	18	18	15	20	15	20
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	7,0	7,0	6,0	5,0	6,0	9,0	4,0	8,0
delež opreme	%	60	60	50	50	45	85	40	85
delež namestitve	%	40	40	50	50	15	55	15	60
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	291	278	255	239	256	328	188	295
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	6	7	10	17	6	8	13	20
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	285	271	245	222	250	320	175	275
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 34: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – večstanovanjska stavba, starejša

Tehnologija:		Toplotna črpalka zrak-voda							
Referenčna stavba:		Starejša večstanovanjska stavba							
						Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		2015	2020	2030	2050	zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	400	400	400	400	300	500	300	500
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	430	440	450	480	430	460	440	500
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	410	420	430	460	410	450	420	480
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	380	390	400	415	380	420	390	450
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	365	375	390	405	370	410	375	430
Poraba električne energije	kWh/leto	10000	10000	10000	10000	8000	12000	8000	12000
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	150,0	141,0	127,0	114,0	130,0	160,0	100,0	150,0
delež opreme	%	70	70	70	70	50	85	50	85
delež namestitve	%	30	30	30	30	15	50	15	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1640	1650	1866	2411	1070	2850	1820	3980
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	640	710	1020	1650	570	850	1320	1980
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	1000	940	846	761	500	2000	500	2000
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0,5	0,47	0,42	0,38	0,2	1	0,2	1

Preglednica 35: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – večstanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna črpalka zrak-voda							
Referenčna stavba:		Nova večstanovanjska stavba							
						Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		2015	2020	2030	2050	zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	160	160	160	160	140	200	140	200
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	440	450	460	480	440	470	450	520
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	390	400	405	410	390	410	400	490
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	420	430	440	460	420	460	430	500
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	370	380	390	405	370	400	380	480
Poraba električne energije	kWh/leto	10000	10000	10000	10000	8000	12000	8000	12000
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	75,0	71,0	63,0	57,0	60,0	100,0	50,0	100,0
delež opreme	%	60	60	60	60	50	85	50	85
delež namestitve	%	40	40	40	40	15	50	15	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1640	1650	1866	2411	1070	2850	1820	3980
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	640	710	1020	1650	570	850	1320	1980
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	1000	940	846	761	500	2000	500	2000
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0,5	0,47	0,42	0,38	0,2	1	0,2	1

Preglednica 36: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – enostanovanjska stavba, starejša

Tehnologija:		Toplotna črpalka zemlja-voda							
Referenčna stavba:		Starejša enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		zgornja		spodnja		zgornja		spodnja	
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	10	10	10	10	5	15	5	15
Pričakovani delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	80	100	80	100
Pričakovani delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	80	100	80	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	440	450	460	485	420	480	420	500
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	430	440	450	475	410	460	410	480
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	370	380	390	405	360	400	360	420
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	360	370	380	395	350	380	350	405
Poraba električne energije	kWh/leto	100	100	100	100	80	120	80	120
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	16,0	15,0	14,0	12,0	13,0	17,0	10,0	16,0
delež opreme	%	65	65	65	65	55	75	55	85
delež namestitve	%	35	35	35	35	25	45	15	45
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	291	278	255	239	256	328	188	295
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	6	7	10	17	6	8	13	20
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	285	271	245	222	250	320	175	275
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 37: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna črpalka zemlja-voda							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	4	4	4	4	2,5	6	2,5	6
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	355	365	375	390	335	385	335	410
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	335	345	360	375	325	375	325	400
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	310	320	330	345	300	340	300	380
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	295	305	315	330	285	325	285	370
Poraba električne energije	kWh/leto	100	100	100	100	80	120	80	120
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	12,0	11,0	10,0	9,0	9,0	13,0	8,0	14,0
delež opreme	%	55	55	55	55	45	65	45	75
delež namestitve	%	45	45	45	45	35	55	25	55
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	291	278	255	239	256	328	188	295
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	6	7	10	17	6	8	13	20
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	285	271	245	222	250	320	175	275
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 38: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – večstanovanjska stavba, starejša

Tehnologija:		Toplotna črpalka zemlja-voda							
Referenčna stavba:		Starejša večstanovanjska stavba							
		Enota				Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
		2015	2020	2030	2050	zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	400	400	400	400	300	500	300	500
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	470	480	490	510	470	500	470	550
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	450	460	470	490	450	480	450	530
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	420	430	440	460	420	450	420	500
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	400	410	420	440	400	430	400	480
Poraba električne energije	kWh/leto	10000	10000	10000	10000	8000	12000	8000	12000
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	265,0	249,0	224,0	202,0	235,0	265,0	200,0	265,0
delež opreme	%	60	60	60	60	50	85	50	85
delež namestitve	%	40	40	40	40	15	50	15	50
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1640	1650	1866	2411	1070	2850	1820	3980
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	640	710	1020	1650	570	850	1320	1980
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	1000	940	846	761	500	2000	500	2000
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0,5	0,47	0,42	0,38	0,2	1	0,2	1

Preglednica 39: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – večstanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Toplotna črpalka zemlja-voda							
Referenčna stavba:		Nova večstanovanjska stavba							
						Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota		2015	2020	2030	2050	zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	160	160	160	160	140	200	140	200
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	500	510	520	540	500	530	500	580
Letna učinkovitost, letno povprečje, talno ogrevanje	%	430	440	450	460	430	490	430	530
Toplotna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	480	490	500	520	480	510	480	560
Letna učinkovitost, letno povprečje, radiatorsko ogrevanje	%	420	430	440	455	420	470	420	520
Poraba električne energije	kWh/leto	10000	10000	10000	10000	8000	12000	8000	12000
Tehnološka doba	leto	20	20	20	20	15	25	15	25
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	95,0	89,0	80,0	72,0	80,0	100,0	60,0	700,0
delež opreme	%	50	50	50	50	40	80	40	80
delež namestitve	%	50	50	50	50	20	60	20	60
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1640	1650	1866	2411	1070	2850	1820	3980
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	640	710	1020	1650	570	850	1320	1980
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	1000	940	846	761	500	2000	500	2000
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0,5	0,47	0,42	0,38	0,2	1	0,2	1

Preglednica 40: Podatkovni list za ventilacijsko toplotno črpalko – enostanovanjska stavba, nova

Tehnologija:		Ventilacijska toplotna črpalka							
Referenčna stavba:		Nova enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	2	2	3	3	2	3	2	3
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	70	80	85	100	40	100	40	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	90	90	100	100	0	100	0	100
Toplotni izkoristek	%	320	330	350	370	320	350	320	400
Letni izkoristek	%	315	325	345	365	315	345	315	395
Poraba električne energije	kWh/leto	30	30	30	30	20	40	20	50
Tehnološka doba	leto	15	15	15	15	10	20	10	20
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	2,0	1,9	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	2,0
delež opreme	%	90	90	90	90	80	90	80	90
delež namestitve	%	10	10	10	10	10	20	10	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	202	190	172	157	151	253	153	258
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	2	2	3	5	1	3	3	8
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	200	188	169	152	150	250	150	250
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0	0	0	0	0

Preglednica 41: Podatkovni list za ventilacijsko toplotno črpalko – večstanovanjska stavba, nova

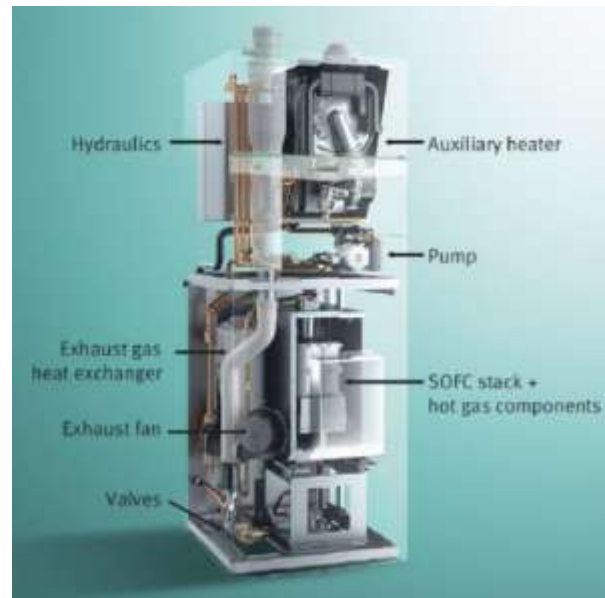
Tehnologija:		Ventilacijska toplotna črpalka							
Referenčna stavba:		Nova večstanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	160	160	160	160	140	200	140	200
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	100	100	100	100	70	100	70	100
Toplotni izkoristek	%	550	560	570	590	550	580	550	620
Letni izkoristek	%	530	540	550	570	530	560	530	600
Poraba električne energije	kWh/leto	3000	3000	3000	3000	2000	4000	2000	4000
Tehnološka doba	leto	15	15	15	15	12	20	12	20
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH ₄	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N ₂ O	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Delci	g/GJ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	75,0	71,0	63,0	57,0	60,0	100,0	50,0	100,0
delež opreme	%	70	70	70	70	50	85	50	85
delež namestitve	%	30	30	30	30	15	50	15	20
Možna dodatna investicija	1000EUR/enota								
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1195	1150	1151	1256	650	2285	830	2660
stroški električne energije	EUR/enoto/leto	195	210	305	495	140	285	330	660
drugi stroški vzdr. in obr.	EUR/enoto/leto	1000	940	846	761	510	2000	500	2000
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0,5	0,47	0,42	0,38	0,2	1	0,2	1

1.2.7 Mikro SPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom

Opis tehnologije

Mikro SPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom (SOFC mSPTE) običajno uporabljajo zemeljski plin ali bioplin kot gorivo, zato jih je mogoče preprosto priključiti na plinsko omrežje kot običajni kotli na zemeljski plin. Alternativno lahko SOFC mSPTE kot gorivo uporabljajo vodik, sintezni plin, propan/UNP ali dizelsko gorivo.

Ker pa gorivna celica potrebuje vhodni vodik in/ali CO, mora sistem SOFC mSPTE za zemeljski plin vključevati reformator (bodisi ločen sestavni del bodisi notranje reformiranje), ki iz dovodnega plina proizvaja vodik ali CO.

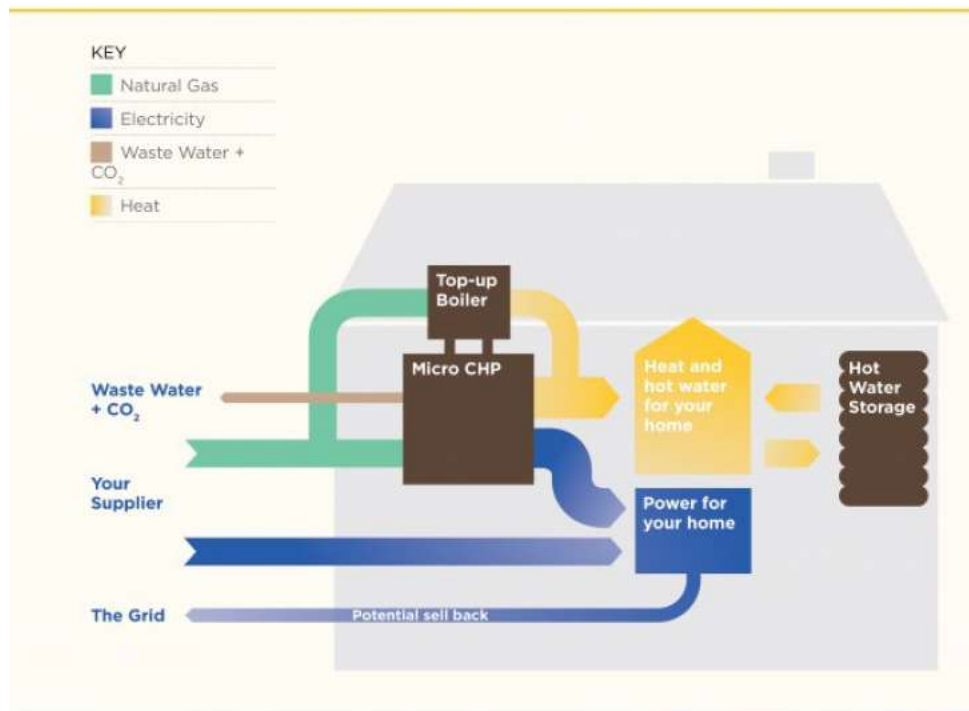


Sistem lahko proizvaja toploto in električno energijo samo za gospodinjstvo in/ali izvaža presežek električne energije v električno omrežje – po možnosti za uravnavanje omrežja. Sistemu je mogoče pomagati s kotlom z največjo obremenitvijo in/ali hranilnikom toplote (rezervoar za toplo vodo) za uravnoveženje proizvodnje in porabe toplote. Sekundarni vir toplote je lahko vgrajen v sistem mSPTE.

Slika 27 prikazuje skico tipičnega SOFC mSPTE, nameščenega v gospodinjstvu, vključno z enoto za gorivne celice, dovodnim kotlom (kotel z največjo potrebo) in hranilnikom tople vode. Vizualizira tudi, da se presežek električne energije lahko dovaja v električno omrežje [1]. Emisije so večinoma omejene na CO₂ iz procesa reformiranja zemeljskega plina (metana) v vodik. Poleg tega voda nastaja iz elektrokemične reakcije med vodikom in kisikom.

Preglednica 42: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo mikroSPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom

Vhod	Izhod
Naravni plin ali bioplin.	Električna energija in toplota za ogrevanje in/ali sanitarno toplo vodo.



Slika 27: Tipična namestitve SOFC mSPTE v gospodinjstvu

Tipične nazivne moči

Običajne zmogljivosti enot so 0,6–25 kW toplote (vključno z dodatnim grelcem / kotlom) in 0,7–5 kW električne energije [1]. V običajnih stanovanjskih napravah dejanska enota gorivnih celic proizvede le majhen del potrebe po toploti, dodatni končni kotel pa največ prispeva. Če ne vključimo kotla z največjo potrebo, gre za proizvodnjo toplote med 0,3 in 3 kW, kar odraža razmerje med toploto in elektriko, predstavljeno v energijski bilanci. Enote, nameščene na Japonskem, so najpogostejše v nižjem območju električne moči, običajno 0,2–0,7 kW električne energije [11].

Pričakuje se, da bo električna učinkovitost sistema padla med njegovo življenjsko dobo; namesto tega se energija pretvori v toploto.

Regulacija

Sistem lahko modulira in se lahko uporablja v različnih načinih, na primer: konstantna izhodna moč [3] ali pa lahko deluje tako, da sledi potrebam toplote ali moči stavbe. Izbrani način je odvisen od proizvajalcev.

Sistemi SOFC so lahko zasnovani tako, da regulirajo pod 30 % nazivne obremenitve brez pomembne izgube učinkovitosti. Ko je sistem v stanju pripravljenosti, je lahko odzivni čas zelo kratek (nekaj sekund). Čas hladnega zagona je nekaj ur.

Prednosti in slabosti

Glavne prednosti vključujejo:

- Proizvodnjo električne energije in toplote v soproizvodnji in z višjo električno učinkovitostjo kot pri drugih tehnologijah soproizvodnje v istem območju moči, ki se napaja z zemeljskim plinom.
- Decentralizirana soproizvodnja električne energije in toplote zmanjšuje izgube omrežja in potrebo po infrastrukturnih naložbah.
- MPCP SOFC z zemeljskim plinom se lahko upravlja iz nacionalnega omrežja za zemeljski plin, tudi če se zemeljski plin izmenjuje s sinteznim zemeljskim plinom (SNP).
- Zahtevana kakovost plina je manj stroga v primerjavi z npr. plinski motorji. SOFC mSPTE enote so bolj prožne glede na uporabo goriv in lahko delujejo na različnih vrstah plinov (metan, sinteze, vodik, bioplin), ne da bi jih nadgradili na SNG.

Glavne pomanjkljivosti so:

- Trenutno je življenjska doba skladovnic razmeroma kratka. V času uporabe obrata bo morda potrebnih več nadomestnih skladov.
- Dolgi časi zagona.

Okoljski vidik

Emisije SOFC-jev na zemeljski plin so relativno nizke v primerjavi z električno energijo, proizvedeno v centralnih elektrarnah. Emisija SO₂, NO_x in delcev ni. Poleg tega ni opaziti onesnaževanja s hrupom, povezanega z delovanjem mSPTE SOFC. Če se plin proizvaja iz virov, ki ne vsebujejo fosilov, je delovanje enote brez ogljika. Danes je najpogostejši uporabljeni material za anodo v SOFC-jih sestavljen iz niklja, pomešanega z YSZ. Pri odstranjevanju proizvodnje/konca življenjske dobe je uporaba npr. nikelj/nikljev oksid je zaskrbljujoč, saj je rakotvoren.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

SOFC mSPTE enote so še v razvoju. Razvoj je osredotočen na zmanjšanje stroškov enot, povečanje življenjske dobe in povečanje zanesljivosti.

V poznejši fazi so raziskovalne in razvojne dejavnosti morda bolj osredotočene na uporabo enot v okviru pametnega omrežja, tako da lahko SOFC mSPTE optimizira njihovo delovanje glede na dinamične cene električne energije. Več evropskih proizvajalcev SOFC mSPTE sistemov trenutno prikazuje svoje enote v terenskih preskusih [1] in [2]. Nekaj mednarodnih podjetij je poleg enot, nameščenih v terenskih preskusih, vstopilo na evropski trg s tržno dostopnimi izdelki. Danes večina naprav poteka na Japonskem v okviru projekta ENE-FARM.

Negotovosti

Negotovost, povezana s projekcijo stroškov, je precejšnja, nanjo pa vplivajo izzivi, kot so izboljšanje življenjskega časa, večja prilagodljivost poslovanja in zmanjšanje stroškov naložbe.

Omeniti velja tudi, da so v Contini in sod.⁵³, investicijski stroški relativno majhni v primerjavi s stroški sistema in pribitki.

Ekonomika obsega učinka

Tehnologija je razvrščena med 1. kategorijo: Raziskave in razvoj in 2. kategorijo: Pionirska faza, demonstracija.

Stroški naložbe naj bi se znižali z 21.000 EUR/enoto leta 2020 na 11.000 EUR /enoto leta 2050. Ker je tehnologija razvrščena med 1. in 2. kategorijo in jo še vedno potrebuje razvoj, so stroški naložbe podvrženi velikim negotovostim. Negotovost leta 2050 je v intervalu od 5.000 EUR/enoto do 16.000 EUR/enoto⁵⁴.

Preglednica 43: Podatkovni list za mikro SPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom – enostanovanjska stavba, starejša in nova

Tehnologija:		Mikro SPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom							
Referenčna stavba:		Starejše in nove enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	0,67	0,56	0,56	0,56				
Pričakovan delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	0,11	0,08	0,08	0,08				
Pričakovan delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	1	1	1	1				
Električni izkoristek	%	46	50	50	50	46	57	48	60
Toplotni izkoristek	%	44	40	40	40				
Letni izkoristek	%	90	90	90	90				
Tehnološka doba	leto	10	20	20	20				
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	0	0	0	0				
NO _x	g/GJ	N/A	2	2	2				
CH ₄	g/GJ	N/A	1,25	1,25	1,25				
N ₂ O	g/GJ	N/A	0	0	0				
Delci	g/GJ	0	0	0	0				
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enoto	27,0	21,0	16,0	11,0	17,0	27,0	5,0	16,0
delež opreme	%	80	80	80	80				
delež namestitve	%	20	20	20	20				
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	1350	1050	800	550				
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0				

⁵³ Contini, V., Eubanks, F. in Jansen, M., *Analiza stroškov stacionarnih sistemov goriv in novih trgovskih celic – pomožne napajalne enote*, Batelle, 19.06.2014, Washington DC

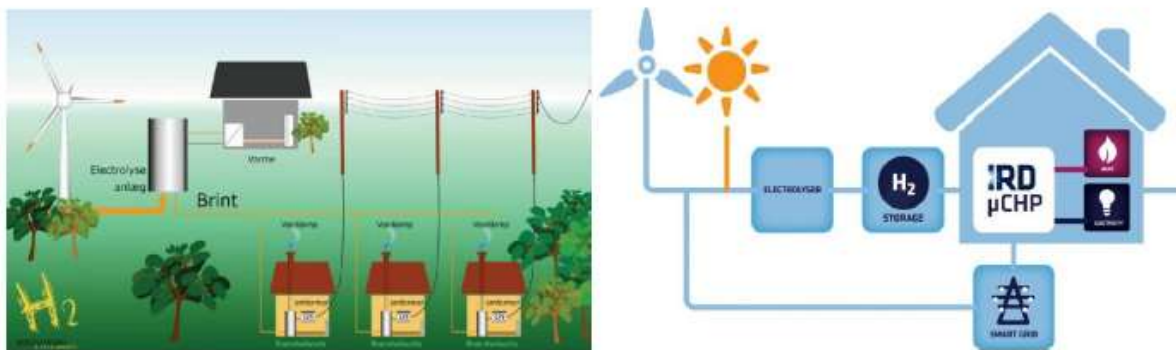
⁵⁴ I. Staffell, R. Green, *The cost of domestic fuel cell micro-CHP systems*, International Journal of Hydrogen Energy, Vol: 38, Issue: 2, Page: 1088-1102, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.10.090>.

1.2.8 Nizkotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov

Opis tehnologije

Gorivna celica izvaja elektrokemijsko pretvorbo goriva v električno energijo in toploto. Na splošno je učinkovitost pretvorbe iz goriva v električno energijo v gorivni celici velika, tehnologija pa je razširljiva brez izgube učinkovitosti.

Manjše enote za proizvodnjo električne energije in toplote, mSPTE, so urejene za vključitev v decentralizirane aplikacije v zasebnih gospodinjstvih in malih podjetjih. Mikro SPTE naprave bodo vgrajene predvsem za pokritje potrebe po toploti v gospodinjstvu; proizvedeno moč lahko hiša izkoristi in/ali izvozi v omrežje. Mikro SPTE je treba kombinirati z drugo tehnologijo ogrevanja, da pokrije potrebe po toploti v starejših stavbah. Vodik se lahko napaja iz centralnega elektrolizatorja (Slika 28, levo) ali z elektrolizatorjem iz gospodinjstev (Slika 28, desno).



Slika 28: Model oskrbe z energijo v Vestenskovki vasi z nizkotemperaturnim mikro SPTE vodikovo gorivno celico z membransko izmenjavo protonov (levo) in model oskrbe z vodikom na večjem območju (desno)

Preglednica 44: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo nizkotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov

Vhod	Izhod
Vodik	Električna energija in toplota za ogrevanje in/ali sanitarno toplo vodo.

Tipične nazivne moči

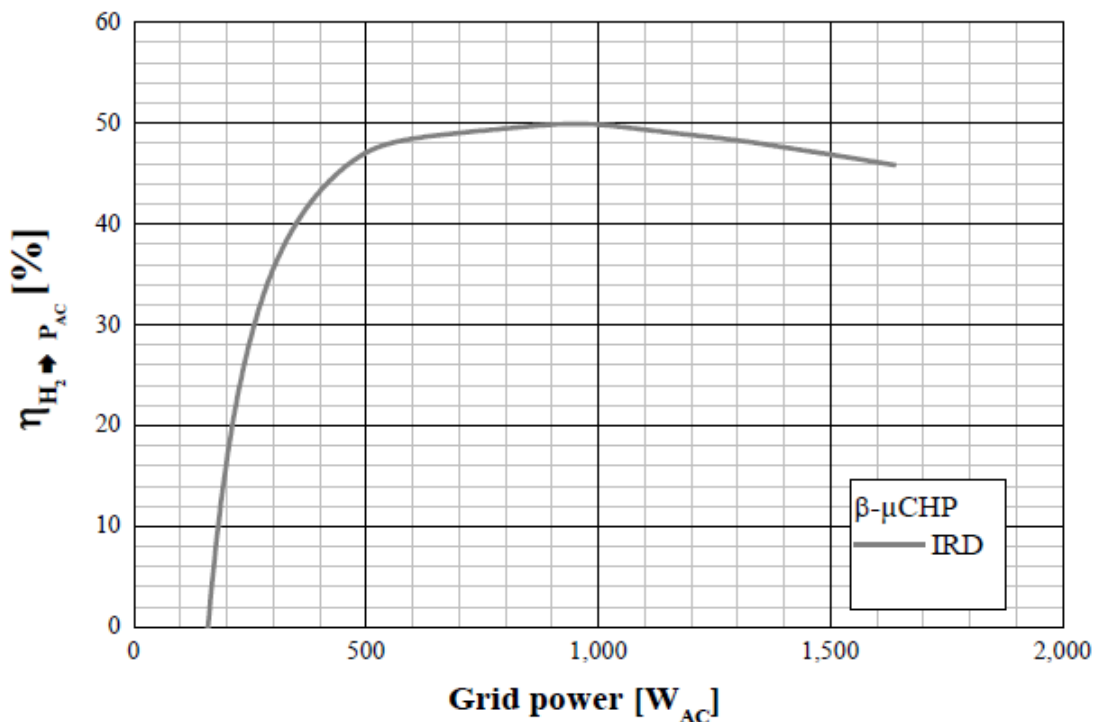
Kapaciteta mSPTE enot je običajno od 1 kW do 5 kW električne energije. Predstavitel mSPTE enot se je začela leta 2006 na Danskem kot del ambicioznega šestletnega načrta; demonstracija je vključevala naslednja danska podjetja: EWII gorivne celice A/S (prej IRD), gorivne celice Topsoe, DONG Energy, Syd Energi, SEAS-NVE, DGC, COWI in Ballard Power Systems (nekdanja Dantherm Power).

Na Japonskem je na demonstracijah več kot 150.000 mSPTE enot, močno subvencionirane enote pa so bile v zadnjem letu prodane zasebnim gospodinjstvom.

Regulacija

Večje število mSPTE enot v omrežju lahko podpira omrežja pri prizadevanjih za uravnoteženje omrežja in zmanjšanje potrebe po novih elektro-energetskem omrežju.

V okviru danskega demonstracijskega projekta mSPTE je bilo dokazano, da ima mSPTE, ki ga poganja vodik, hiter čas zagona (trenutno manj kot 2 min, ki ga je mogoče znižati na ms) in se lahko spopada z več kot 2500 cikli zagona / zaustavitve brez razgradnje. Poleg tega je mSPTE, ki ga poganja vodik, učinkovit v velikem intervalu moči (Slika 29).



Slika 29: Učinkovitost v primerjavi z močjo omrežja, izmerjeno na vodiku EWII z gorivom β-mikro SPTE

Prednosti in slabosti

Prednosti vključujejo:

- uporablja razširljivost tehnologije gorivnih celic za lokalno proizvodnjo električne energije z izkoristki, enakimi ali višjimi kot pri običajnih elektrarnah;
- nižji odtis CO₂ (visoka učinkovitost) ;
- lastnost izravnave omrežja z gorivno celico s polimerno elektrolitsko membrano mSPTE prispeva k zmanjšanju dodatnih naložb v infrastrukturo, npr. kabli;
- stroškovna konkurenčnost za uporabnika;
- decentralizirana soproizvodnja električne energije in toplote zmanjšuje izgube omrežja in potrebo po infrastrukturnih naložbah.

Slabosti vključujejo:

- relativno visoki proizvodni stroški zaradi dragih materialov (platine);
- življenjsko dobo sedanje tehnologije je treba izboljšati.

Okoljski vidik

Emisije vodika so nič, če vodik nastaja s presežno močjo iz obnovljivih virov energije. Mikro SPTE bo, če vodik nastaja iz presežne energije, običajno prihranil okolje za 5–7 ton emisij CO₂ na leto v primerjavi z današnjimi posameznimi napravami za ogrevanje fosilnih goriv, npr. plinski kotli.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Danske mSPTE enote so danes na napredni ravni prototipa, kjer so glavne teme v razvoju usmerjene v zmanjšanje stroškov, hkrati pa povečujejo življenjsko dobo, trajnost in zanesljivost. Na Danskem so zainteresirane strani Hydrogen Denmark (nekdanje Dansko partnerstvo za vodik in gorivne celice) leta 2011 izdale *Splošni načrt za razvoj mSPTE na osnovi gorivnih celic* (Danski načrt za razvoj trga mSPTE⁵⁵. Nedavne analize v okviru projekta „Analiza komercializacije vodikovih tehnologij⁵⁶“ v okviru danskega programa za razvoj in demonstracijo energetske tehnologije (EUDP) so pokazale, da bi bile mSPTE tehnologije zelo težko konkurirati drugim tehnologijam za individualno ogrevanje, tudi za na primer električne toplotne črpalke. Tehnologija gorivnih celic je pokazala visoko električno učinkovitost pred konkurenčnimi tehnologijami za proizvodnjo električne energije. Vendar je treba tehnologijo gorivnih celic še vedno dozorevati v življenjski dobi in stroških.

Negotovosti

Negotovost, povezana s projekcijo stroškov, je precejšnja, nanjo pa vplivajo izzivi, kot so izboljšanje življenjskega časa, uvedba cenejših materialov in izboljšani tržni deleži, kar ima za posledico ekonomičnost sinergij.

Po podatkih nacionalnega laboratorija Lawrence Berkeleyja⁵⁷ se skupni stroški za gorivno celico PEM z nizkotemperaturnim napajanjem razlikujejo glede na letni obseg proizvodnje. Laboratorij ocenjuje, da sistem s 1 kWe letnim obsegom proizvodnje stane približno 16.300 EUR/kW. Ob predpostavki, da letni obseg proizvodnje znaša 50.000 enot na leto, se skupni stroški zmanjšajo na približno 2.400 EUR/kW. Upoštevajte, da so ocene samo za enoto za proizvodnjo električne energije, vendar naj bi sistem SPTE na vodik stane približno enako. Tem stroškom je treba dodati neproizvodne korporativne stroške, kot so splošni in upravni ter prodajni in tržni kot tudi stroške namestitve. Nacionalni laboratorij Lawrence Berkeley predlaga, da podjetniško pribitek kupcem poviša ceno za 50–100 %. Če dodate 75–odstotno pribitno ceno pri letnem obsegu proizvodnje 50.000 enot, doseže 4.200 EUR/kW, plus stroški namestitve.

⁵⁵ Dansk plan for markeds-modning af mikrokraftvarme, <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/1026426>

⁵⁶ Danska agencija za energijo, 2016. Vodik v energetskem sistemu prihodnosti. Končno poročilo za analize vodikovih tehnologij. Del delovnih paketov 2 in 3.

⁵⁷ Wei, Max et al., A Total Cost of Ownership Model for Low Temperature PEM Fuel Cells in Combined Heat and Power and Backup Power Applications, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California Berkeley, Environmental Energy Technologies Division, oktober 2014

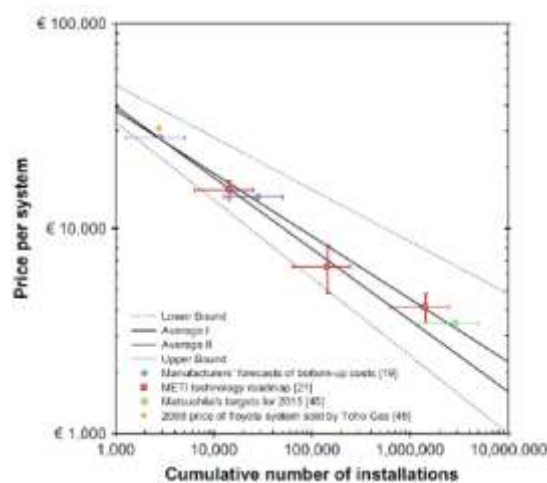
Napoved učinkovitosti in stroškov

Kategorija 2: Pionirska faza, predstavitev

Roland Berger Strategy Consultants je objavila nedavno raziskavo o napredku evropskih energetskih sistemov s stacionarnimi gorivnimi celicami za distribucijsko proizvodnjo⁵⁸. Predvidena je bila pomembna rast evropskega trga mSPTE za gorivne celice. Zaključna pričakovanja so bila, da bo tehnologija pomembno igrala prihodnjo porazdeljeno proizvodnjo toplote in energije.

Od leta 2009 je v zasebnih japonskih hišah nameščenih približno 150.000⁵⁹ SPTE enot na gorivnih celicah (v glavnem tehnologija PEM). Trije japonski dobavitelji vstopajo na evropski trg s povezovanjem z evropskimi proizvajalci in distribucijo kotlov na zemeljski plin. To lahko pospeši uvedbo mSPTE gorivnih celic na evropski trg.

Znižanje stroškov opreme je tesno povezano z obsegom proizvodnje. Pričakovani razvoj cen se zgleduje po krivuljah učenja iz projekta ENE-FARM na spodnji sliki^{60,61}. Dve tretjini evropskih lastnikov stanovanj je po raziskavi, opravljeni v Veliki Britaniji, Nemčiji in na Nizozemskem, pripravljenih vlagati v mSPTE, vendar bi bilo treba ceno prepoloviti^{62,63}. Delta-ee je poleg tega ugotovila, da so gospodinjstva pripravljena plačati premijsko ceno za mSPTE gorivnih celic v primerjavi z motorjem, vendar le, koliko se premija razlikuje glede na državo (Slika 30).



Slika 30: Krivulje izkušenj, ki predstavljajo dodatno pridobljeno izkušnjo, so načrtovane glede na predvidene in ciljne cene za sisteme ENE-FARM (Vir: Staffell & Green 2009)

⁵⁸ http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCHJU_FuelCellDistributedGenerationCommercialization_0.pdf

⁵⁹ Aki MARUTA, 2016. Technova Inc. Japan's ENE-FARM programme.

<https://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/gebaeude/Maruta.pdf>

⁶⁰ Fuel Cell Bulletin ISSN 1464-2859, January 2013.

⁶¹ Staffell, I & Green, R.J, 2009: Estimating future prices for stationary fuel cells with empirically derived experience curves. International journal of hydrogen energy 34(2009)5617–28.

⁶² Delta Energy & Environment, http://www.delta-ee.com/images/downloads/pdfs/2014/Delta-ee_Micro-CHP_Price_Elasticity_White_Paper_Dec2014.pdf

⁶³ Delta Energy & Environment, http://www.delta-ee.com/images/downloads/Level018/Summit_Highlights_FINAL_1014.pdf

Preglednica 45: Podatkovni list za nizekotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov – enostanovanjske stavbe, nove in starejše

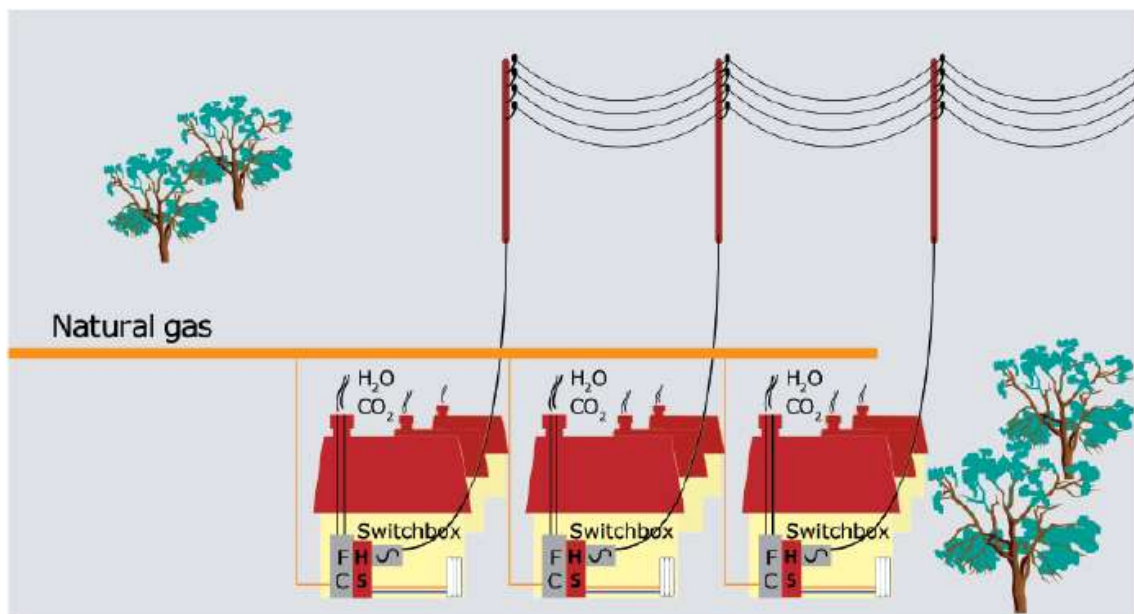
Tehnologija:		Nizekotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov							
Referenčna stavba:		Starejše in nove enostanovanjska stavba							
		2015	2020	2030	2050	Negotovost (2020)		Negotovost (2050)	
Enota						zgornja	spodnja	zgornja	spodnja
Tehnični podatki									
Nazivna toplotna moč	kW	0,78	0,7	0,7	0,7				
Pričakovani delež ogrevanja, ki ga pokrije enota	%	0,15	0,12	0,12	0,12				
Pričakovani delež priprave tople vode, ki ga pokrije enota	%	1	1	1	1				
Električni izkoristek	%	45	47	50	50				
Toplotni izkoristek	%	50	47	46	48				
Letni izkoristek	%	94	94	96	98				
Tehnološka doba	leto	7	10	20	20				
Okoljski odtis									
SO ₂	g/GJ	0	0	0	0				
NO _x	g/GJ	0	0	0	0				
CH ₄	g/GJ	0	0	0	0				
N ₂ O	g/GJ	0	0	0	0				
Delci	g/GJ	0	0	0	0				
Finančni podatki									
Specifična investicija	1000EUR/enota	11,7	11,0	8,0	6,0	9,0	13,0	4,0	10,0
delež opreme	%	71	64	48	50				
delež namestitve	%	29	36	52	50				
Stroški obratovanja&vzdrževanja	EUR/enoto/leto	700	700	500	400				
Variabilni stroški vzdr. in obr.	EUR/MWh	0	0	0	0				

1.2.9 Nizkotemperaturna mikro SPTE gorivne celice z membransko izmenjavo protonov na metan/naravni plin

Opis tehnologije

Mikro SPTE-ji na metanskih gorivnih celicah uporabljajo zemeljski plin kot gorivo, zato jih je mogoče preprosto povezati s plinskim omrežjem, npr. kotli na zemeljski plin. Ker pa gorivna celica potrebuje vhodni vodik, mora mSPTE v metan vključevati reformator (bodisi ločen sestavni del bodisi notranje reformiranje), ki proizvaja vodik iz metana. Sistem proizvaja električno energijo in toploto za gospodinjstvo, električno omrežje se uporablja za uravnoteženje proizvodnje električne energije in potrebuje sekundarni vir toplote, npr. kotel z največjo obremenitvijo in/ali hranilnik toplote za uravnoteženje proizvodnje in porabe toplote. Sekundarni vir toplote je lahko vgrajen v sistem mSPTE.

Slika 31 prikazuje več metanskih gorivnih celic, nameščenih kot mSPTE v posameznih gospodinjstvih. Emisije so večinoma omejene na CO₂ iz procesa reformiranja metana v vodik. Poleg tega nekaj proizvodnje vode poteka iz elektrokemične reakcije med vodikom in kisikom (ki izhaja iz vnosa atmosferskega zraka).



Slika 31: Več metanskih gorivnih celic, nameščenih kot mikro SPTE v posameznih gospodinjstvih.

Preglednica 46: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo nizkotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov

	Vhod	Izhod
Metan		Električna energija in toplota za ogrevanje in/ali sanitarno toplo vodo

Tipične nazivne moči

Običajne zmogljivosti mSPTE enot za metan z gorivnimi celicami so 1,5–20 kW toplote (vključno z dodatnim grelcem/kotlom) in 0,7–2,5 kW električne energije. Povečanje razpona moči z 0,7 kW na 2 kW poveča stroške sistema za približno 1,5. To bo zmanjšalo stroške na kW

za skoraj faktor 2. Električni izkoristek mSPTE sistema gorivnih celic naj bi se v času njegove življenjske dobe zmanjšal za približno 20 %, s čimer se energija namesto tega pretvori v toploto.

Regulacija

mSPTE sistem z gorivnimi celicami lahko modulira in lahko deluje v vročini po naslednjem načinu, da bi zagotovil čim več toplote ali v načinu, ki sledi moči, v skladu s prednostnimi pogoji. Električna proizvodnja sledi toplotni proizvodnji, razen če je popoln prehod na sekundarni vir toplote in samo toploto.

Prednosti in slabosti

Glavne prednosti vključujejo:

- proizvodnja električne energije in toplote v soproizvodnji in z višjo električno učinkovitostjo kot pri drugih tehnologijah soproizvodnje v istem območju moči, ki ga poganja metan;
- možno dopolniti posamezne plinske kotle z mSPTE-jem na metan;
- decentralizirana soproizvodnja električne energije in toplote zmanjšuje izgube omrežja in potrebe po infrastrukturnih naložbah v električno omrežje;
- mikro SPTE-ji na metan se lahko upravljajo iz nacionalnega omrežja za zemeljski plin, tudi če se plinsko omrežje pretvori za dobavo sinteznega zemeljskega plina.

Slabosti vključujejo:

- relativno visoki proizvodni stroški zaradi dragih materialov (platine);
- življenjsko dobo sedanje tehnologije je treba izboljšati.

Okoljski vidik

Emisije iz metan gorivnih celic so relativno nizke v primerjavi z električno energijo, proizvedeno v centralnih elektrarnah. Če metan izvira iz fosilnih virov, je emisija CO₂ nevtralna.

Perspektive na področju raziskav in razvoja

Te enote z gorivnimi celicami še vedno razvijajo. Razvoj je osredotočen na zmanjšanje stroškov enot, povečanje življenjske dobe in povečanje zanesljivosti. V poznejši fazi se lahko raziskovalne in razvojne dejavnosti osredotočijo na uporabo enot v pametnem omrežju, tako da metanske gorivne celice lahko optimizirajo svoje delovanje glede na dinamične cene električne energije.

Primer tehnologij na trgu

- Toshiba, 700 W enota, velikost (mm): Š780 x D300 x H1000, Električni izkoristek: 39 %;
- Panasonic, 700 W enota, velikost (mm): H1750 x Š400 x D400 Električni izkoristek: 39 % [3].

V okviru evropskega raziskovalnega projekta ENE.FIELD (enefield.eu) je bilo v 11 evropskih državah vgrajenih do 1000 elektrarn s toplotno in električno energijo (mSPTE) s stanovanjskimi gorivnimi celicami. Proizvajalci, ki sodelujejo v ENE.FIELD, so Baxi Innotech, Bosch, Ballard

Power Systems (nekdanji Dantherm Power), Elcore, Hexis, RBZ, SOLIDpower, Vaillant in Viessmann [7].

Napoved učinkovitosti in stroškov

Kategorija 2: Pionirska faza, predstavitev

Nedavna študija svetovalcev za strategijo Rolanda Bergerja, ki jo je sponzorirala EU „Napredek evropskih energetskih sistemov: Stacionarne gorivne celice v porazdeljeni proizvodnji“ [1] predvideva znatno rast evropskega trga mSPTE in pričakuje, da bo tehnologija igrala pomembno vlogo v prihodnja porazdeljena proizvodnja toplote in energije.

Nedavne analize v okviru projekta "Analiza komercializacije vodikovih tehnologij" v okviru danskega programa za razvoj in demonstracijo energetske tehnologije (EUDP) "so pokazale, da bi bile tehnologije mSPTE zelo težko konkurirati drugim tehnologijam za individualno ogrevanje, vključno na primer z električno toploto črpalke. Scenarijske analize dolgoročnega razvoja danskega energetskega sistema s strani Danske agencije za energijo ne predvidevajo občutnega trga in vloge mSPTE v danskem kontekstu [4].

Na Japonskem je že nameščenih 150.000 mSPTE enot, ki temeljijo na gorivnih celicah in deluje na metan [3]. Trije japonski dobavitelji vstopajo na evropski trg s povezovanjem z evropskimi proizvajalci in distribucijo kotlov na zemeljski plin. To lahko pospeši uvedbo mSPTE gorivnih celic na evropski trg.

Negotovost

Negotovost, povezana s projekcijo stroškov, je precejšnja, nanjo pa vplivajo izzivi, kot so izboljšanje življenjske dobe, uvedba cenejših materialov in izboljšani tržni delež, kar ima za posledico gospodarne sinergije.

1.3 Sočne elektrarne

Sončne elektrarne na strehah

Ocena potenciala je podana v posebnem zvezku *Končno poročilo C1.1: Blaženje podnebnih sprememb 2050 Potenciali in srednjeročni izzivi, Zvezek 5b: Potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji do leta 2050, IJS; Marko Kovač et al.* V letu 2021 je bila ocena potencialov nadgrajena z dodatno analizo *Zvezek 5c: Študija orientacij streh obstoječega stavbnega fonda v Sloveniji*, ki jo je pripravil ZRC SAZU.

Poročilo zajema kritičen pregled literature na področju (strešnih) fotovoltaičnih sistemov. Uporabljeni podatki in metodologije so bile uporabljeni za izračun različnih potencialov (fizikalni, tehnični, ekonomski ipd.) za pridobivanje elektrike iz sončnih strešnih elektrarn. Iz pregleda literature so bili povzeti in preverjeni ključni parametri za agregiran pristop. Zaradi trenutnih omejitev nismo uspeli uveljaviti determinističnega pristopa (z diskretnimi podatki LiDAR o površini in nagibu streh vseh poslopij v Sloveniji), ki bi omogočil še natančnejše vrednotenje podatkov. Uporabljen agregiran pristop je upošteval geografske razlike v Sloveniji (npr. glede osončenosti in urbanizacije). Pri analizi so navedene nekatere ovire kot so nepripravljenost

omrežja na večje količine razpršene proizvodnje in problem presežkov električne energije (pojav račje-krivulje).

Podatki o površini streh stavb v Sloveniji so bili pridobljeni iz ustreznih baz GURS. Dodatno sta bilo ocenjeni površini degradiranih in parkirnih površin, ki bi prav tako služile za postavitev fotovoltaičnih sistemov (npr. oblika nadstreška), čeprav predstavljata manj kot 3,5 % primernih površin.

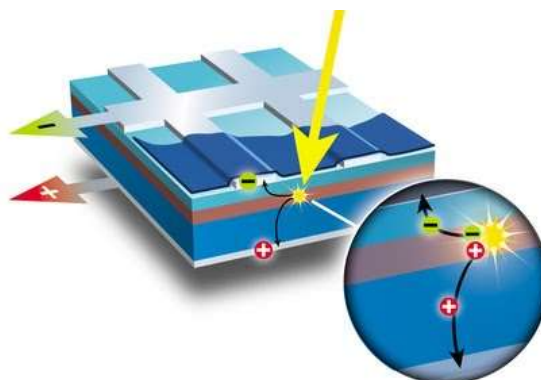
Tehnični potencial v Sloveniji je ocenjen na dobrih 27 TWh letno, kar je skoraj dvakratnik sedanje proizvodnje električne energije v Sloveniji (16,5 TWh, (Statistični urad RS, 2017)). Glede na podatke so bili ocenjeni skupni referenčni stroški električne energije iz fotovoltaičnih panelov glede na površino streh stavb. Stroški znašajo med 70 in 170 EUR/MWh_{el} za leto 2020 in padejo na 40–105 EUR/MWh_{el} do leta 2050.

Integrirane sončne elektrarne

Sončne elektrarne imajo dolgoročno velik potencial pri izkoriščanju energije iz OVE. Energija sonca je prosto dostopna vsakomur, vendar z različno izdatnostjo in nestalno, saj je na voljo samo podnevi in odvisna od vremenskih pojavov. Za neposredno pretvorbo sončne v električno energijo se najpogosteje uporabljajo silicijeve sončne celice, ki imajo (komercialne) izkoristek pod 20 %. V naslednjih letih lahko pričakujemo nadaljnji razvoj tehnologije sončnih celic. Globalni trg sončnih elektrarn je v vzponu, pri čemer prednjačijo Nemčija, Japonska, ZDA, Kitajska in Taiwan. V Sloveniji sončne elektrarne pri sedanji stopnji razvoja tehnologije s stališča dviga deleža OVE v nacionalnem elektroenergetskem sistemu še ne kažejo pomembnega potenciala, s stališča sodelovanja posameznikov in dviga okoljske zavesti pa so sončne elektrarne kljub temu izjemnega pomena

Tehnologija sončnih elektrarn

Pod pojmom fotovoltaična (fotonapetostna) pretvorba razumemo direktno pretvarjanje energije sončnega sevanja v električno energijo (Slika 32).



Slika 32: Princip delovanja sončne celice⁶⁴

⁶⁴ Erevija. *Elektrika iz sonca*, 2009. www.erevija.com/recept/1116/Elektrika-iz-Sonca-za-lastne-potrebe

Osnovni element sistema za pretvorbo so sončne (fotonapetostne, FN) celice, ki so sestavljene iz več plasti, ene negativne in ene pozitivne polprevodne plasti. Substrat je običajno plast 120 mm debelega silicija (Si) ali kakšne druge snovi, npr. galijev arzenid (GaAs), kadmijev telurid (CdTe) ali manj kot 5 mm debeli baker-indij diselenid (CIS). Sončne celice so sestavljene kot polprevodne diode. Električni tok se generira zaradi fotovoltaičnega efekta. Elektromagnetno valovanje fotonov povzroči sproščanje elektronov pri n-materialu sončne celice, ki zaradi diodnega delovanja prehodne plasti ne morejo preiti na p-material. Njihova prvotna mesta zavzamejo elektroni iz p – materiala, saj jim polprevodna plast tega ne preprečuje. Tako nastane električni potencial med n in p – materialom, ki znaša približno 0,5 V. Če staknemo oba materiala solarne celice, začne teči istosmerni tok. V električno energijo se pretvori zgolj del energije sončnega sevanja, kar je odvisno od vrste fotonapetostnih celic. Značilnosti nekaterih najpogostejših tipov fotonapetostnih celic so prikazane v preglednici (Preglednica 47).

Preglednica 47: Značilnosti nekaterih najpogostejših tipov fotonapetostnih celic⁶⁵

MATERIAL	DEBELINA	IZKORISTEK	SLABOSTI	PREDNOSTI IN PERSPEKTIVE
Monokristalne Si	0,3 mm	15-18%	Dolgotrajni proizvodni postopki, potrebno žaganje rezin	Najbolj raziskan material. Tudi v prihodnjih letih bo prevladoval na tržišču, posebej tam, kjer je potrebno ugodno razmerje moč/površina
Polikristalne Si	0,3	13-15%	Daljši proizvodni postopki, potrebno žaganje rezin	Najpomembnejši material v naslednjih letih
Polikristalne Si celice v obliki traku	0,3	12%	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prihodnosti. Ni žaganja rezin
Apex (polikristalne Si)	0,03 do 0,1 mm	9,5%	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin, material veliko obeta. Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov
Monokristalne Si celice v obliki dendritne mreže	0,13 mm	13%	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin
Amorfne sončne celice	0,001 mm+ do 3mm substrat	5-8%	Slabša učinkovitost, krajša življenjska doba	Ob odpravi pomanjkljivosti najbolj perspektiven material
Kadmijev telurid (CdTe)	0,008 mm + 3mm	6-9%	Strupene snovi	Možnost znatnega znižanja stroškov v prihodnosti
Bakrov indijev diselenid (CIS)	0,003mm+ 3mm	7,5-9,5%	Omejen zaloge indija v naravi	Možnost znatnega znižanja stroškov v prihodnosti
Hibridne sončne celice (HIT)	0,02 mm	18%	Omejena uporaba proizvodnih stroškov	Višja učinkovitost, boljši temperaturni koeficient in manjša debelina

Fotonapetostne celice lahko razdelimo v štiri osnovne skupine:

- celice iz kristalnega silicija;
- tankoslojne celice;
- hibridne celice;
- nanostrukturne celice.

Največ so v uporabi fotonapetostne celice iz polikristalnega in monokristalnega silicija, njihov delež na trgu je več kot 98 %. Za proizvodnjo le teh se uporablja silicij z visokim odstotkom

⁶⁵ Papler, Drago. *Osnove uporabe solarnih toplotnih in fotonapetostnih sistemov*. Ljubljana: Energetika marketing, 2012

čistosti. Nečistoče v strukturi negativno vplivajo na nastajanje in premikanje nosilcev naboja. Uporaba tankoslojnih celic je še razmeroma skromna, predvsem zaradi nizkih izkoristkov, napovedujejo pa jim svetlo bodočnost zaradi manjše porabe surovin in vložene primarne energije pri njihovi proizvodnji. To ima neposreden vpliv na ceno in nekatere uporabne lastnosti, kot so majhna debelina in možnost zvijanja, kar zelo poenostavi njihovo vgradnjo in uporabnost.

Sončne celice iz polikristalnega silicija so kljub slabšemu izkoristku bolj razširjene od silicijevih monokristalnih celic zaradi nižje cene, ki je posledica nižjih proizvodnih stroškov. Tankoslojne celice iz amorfne silicija so se do sedaj v glavnem uporabljale za samostojne (otočne) fotonapetostne sisteme, npr. za vikende, počitniške prikolice, plovila,..., mogoče pa jih je uporabljati tudi za sisteme, ki so priključeni na javno omrežje. Celice iz baker-indijskega diselenida ter kadmijevega telurida se že uspešno uporabljajo v številnih poskusnih in pilotnih projektih po svetu.

Splošne prednosti in pomanjkljivosti fotonapetostnih elektrarn

Prednosti:

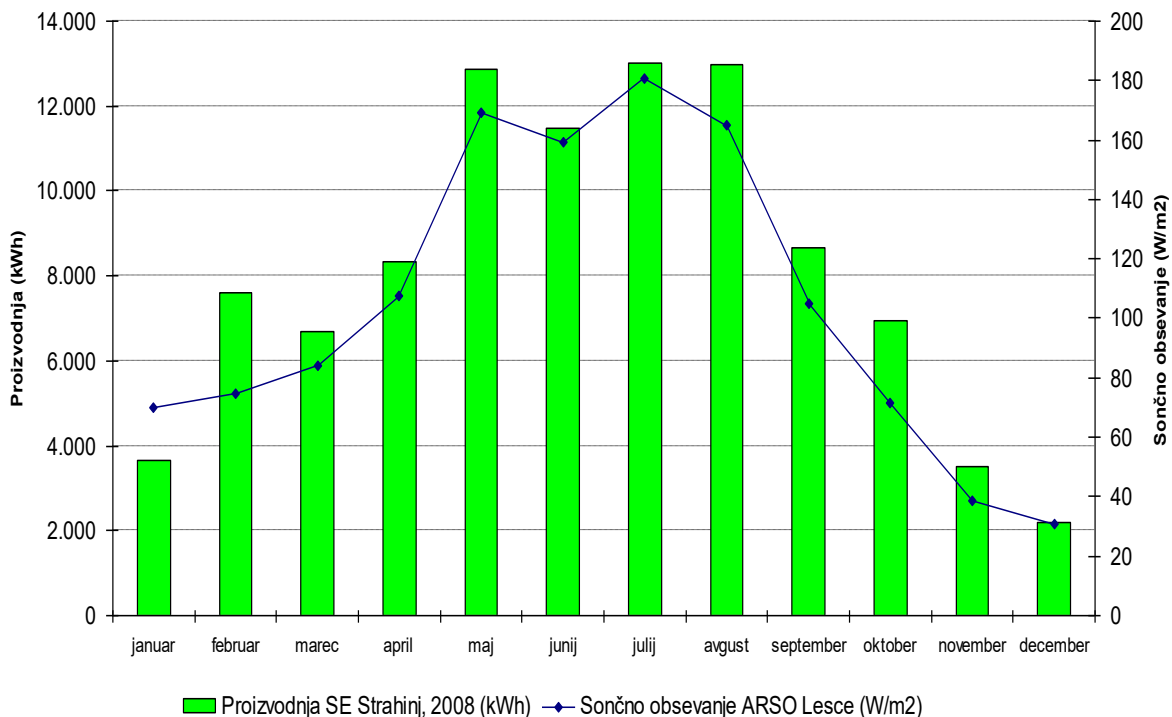
- proizvedena električna energija je zastonj;
- okolju prijazna proizvodnja električne energije;
- proizvodnja in poraba sta lahko na istem mestu;
- oskrba oddaljenih področij in oddaljenih naprav;
- močan učinek individualnega prispevka in širjenje zavesti za množičnejšo uporabo OVE.

Pomanjkljivosti:

- proizvodnja električne energije ni konstantna in je močno odvisna od klimatskih pogojev (noč, oblačnost,...);
- požarno-varnostni zadržki;
- proizvodnja (in razgradnja) sončnih celic obremenjuje okolje;
- izkoristek energetske pretvorbe je relativno nizek 5–19 %;
- cena instaliranega kW električne energije je večinoma dražja od ostalih sistemov za proizvodnjo električne energije iz OVE.

Obratovalni parametri sončnih elektrarn

Sončno obsevanje se med letom spreminja. Najvišja proizvodnja električne energije je med poletnimi meseci, najnižja v zimski sezoni (Slika 33)⁶⁵.



Slika 33: Korelacija med sončnim obsevanjem in proizvodnjo električne energije na primeru sončne elektrarne Strahinj (Moč: 89,9 kWp, proizvodnja: 99.687 kWh/leto, obdobje 2008–2009)

1.4 Prezračevanje

Pomembnost prezračevanja bivalnih prostorov so ljudje prepoznali že pri zaprtju ovojna stavbe pred mnogimi stoletji, vendar pa so prezračevalni sistemi za stavbe in transportne sisteme šele v zgodnjih sedemdesetih letih prejšnjega stoletja s sistematičnim pristopom in zahtevami po zagotavljanju bivalnega udobja in kakovosti zraka v zaprtih prostorih doživeli pomemben razvojni preboj. Kasneje se razvoj usmeril še k dodatnim zahtevam glede povečanja energijske učinkovitosti v stavbah.

1.4.1 Tehnologija prezračevalnih sistemov

Raba energije za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje stavb predstavlja pomemben del rabe energije v državi. Veliko pozornost je namenjena zmanjšanju odvisnosti stavb od energije iz fosilnih goriv in približevanju nizkoogljičnim stavbam, k čemer naša zakonodaja stremi s skoraj nič-energijskimi (sNES) merili. To zahteva premislek o oblikovanju, obratovanju in vzdrževanju stavb in sistemov za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. Doseganje tega cilja bo zahtevalo ponoven premislek o tradicionalnih zasnovah in vrstah sistemov, ki se trenutno uporabljajo. Pričakuje se, da se bo delež energije za prezračevanje v primerjavi s celotno rabo energije v stavbi povečal, saj se zahteve in standardi glede višje energetske učinkovitosti in nižjih transmisijskih izgub zaostrojujejo, medtem ko standardi prezračevanja priporočajo intenzivnejše prezračevanje za izboljšanje kakovosti zraka v zaprtih prostorih. Hkrati gradbeni predpisi (Direktiva 2010/31/ES, 2010; Building Regulation, 2010) uvajajo kriterije zrakotesnosti stavb, ki

bodo pomembno vplivali na višjo kakovost zraka v prostorih, zdravje, in produktivnost ljudi v stavbah.

Prezračevanje je postopek zamenjave kontaminiranega zraka v zaprtih prostorih s svežim zrakom zunaj stavbe. To se lahko dogaja nekontrolirano v obliki vdiranja zraka skozi razpoke in odprtine v ovojnici stavbe (zračna infiltracija) ali s kontroliranim prezračevanjem v obliki naravnega, mehanskega ali kombinacije obeh načinov prezračevanja (hibridni način).

V primerjavi z naravnim prezračevanjem so glavne prednosti mehanskega prezračevanja v bistveno boljšemu nadzoru prezračevanja, možnosti filtriranja zraka in možnosti izkoriščanja odpadne toplote. V splošnem je visoko kakovost zraka v bivalnih prostorih na trajni način mogoče zagotoviti le s pomočjo mehanskih prezračevalnih sistemov. Uporaba naprav za rekuperacijo/regeneracijo toplote je bistvenega pomena za nizko- in skoraj nič-energijske stavbe. Prezračevalni sistemi z napravami za rekuperacijo/regeneracijo toplote v bivalnih prostorih bodo postali standard tudi za bivalne prostore.

V zraku mora biti zadosten delež kisika, primerna zračna vlaga, nemoteča količina vonjav in zanemarljiva količina zdravju škodljivih snovi. Prezračevanje prostorov je proces, ki mora potekati stalno, pri čemer se intenzivnost izmenjave notranjega zraka z okoliškim prilagaja režimu bivanja oziroma uporabi prostora. Kakovost zraka v prostorih zagotavljamo z ustreznim dovodom svežega in odvodom odpadnega zraka. Ustrezno bivalno okolje zahteva pri stalnem prezračevanju na stanovalca v povprečju dovod 30 m³/h svežega zraka. Kuhinje ali kopalnice lahko zahtevajo odvod tudi do 40 m³/h odpadnega zraka. Pri primernem prezračevanju družinskih hiš je priporočena povprečna urna izmenjava zraka z okolico 0,5 h⁻¹, kar pomeni da zrak v hiši v celoti zamenjamo s svežim v dveh urah. Zaradi kontinuiranega prezračevanja je pomembno, da je prezračevalni sistem energijsko učinkovit. Od energijsko učinkovitega sistema za centralno ali lokalno prezračevanje prostorov pričakujemo vsaj 70 % vračanje toplote ter porabo električne energije za pogon manj kot 0,40 Wh/m³h izmenjanega zraka.

1.4.2 Vrste prenosnikov toplote v prezračevalnih sistemih

Odpadno toploto izkoriščamo s pomočjo prenosnika toplote zrak-zrak, ki je lahko izveden na več načinov. Pri prenosniku toplote z regeneracijo se toplota akumulira v stenah prenosnika, vstopni in izstopni zrak se delno mešata, izkoristek prenosa toplote je do 70 %. Pri lamelnem prenosniku se toplota prenaša z rekuperacijo, tok vstopnega in izstopnega zraka je ločen, lamele so izdelane iz aluminija ali plastike in zagotavljajo visoko razmerje med površino in volumnom, izkoristek prenosa toplote je do 80 %. Entalpijski prenosniki toplote ne prenašajo le toplote, ampak tudi vlago. Imajo membrano, ki prepušča iz izhodnega zraka kondenzirano vodno paro in tako del vlage vrača v svež zrak iz okolice. Izkoristki so višji zaradi latentnega prenosa toplote. Novejše izvedbe imajo tudi polnilo iz kristalov soli.

1.4.3 Lokalni in centralni sistem prezračevanja

V grobem razlikujemo centralni in lokalni sistem mehanskega prezračevanja.

Lokalni sistem mehanskega prezračevanja je nameščen v zunanjo steno vsakega prezračevanega prostora. Sestavljen je iz prenosnika toplote z regeneracijo in ventilatorja, ki v intervalih nekaj časa izpihuje zrak iz prostora (in s tem segreva prenosnik toplote) in nekaj časa sesa svež zrak v prostor preko istega prenosnika toplote, ki z akumulirano toploto segreva vstopni zrak. Bolj sofisticirane izvedbe lokalnih mehanskih prezračevalnih naprav imajo dva ventilatorja (rekuperacijske izvedbe tudi ločeni cevi za vstopni in izstopni zrak), regulacijo z upravljanjem na daljavo, zaščito proti zmrzovanju in filtracijo.

Prednosti **lokalnega** prezračevalnega sistema:

- male, kompaktne izvedbe;
- pri prenovi so gradbeni posegi manjši, kot pri centralnem sistemu;
- higieno je lažje vzdrževati, kot pri centralnem sistemu.

Pomanjkljivosti **lokalnega** prezračevalnega sistema

- zaradi manjšega prenosnika toplote je izkoristek nižji;
- primerljivo višja cena;
- ne omogoča pasivnega ohlajanja prostorov poleti;
- običajno višji nivo hrupa.

Sistem centralnega prezračevanja hiše ali stanovanja sestavljajo naprava za prezračevanje s kanalskimi povezavami in ostalimi elementi. Osrednji del energijsko učinkovitega sistema za centralno ali lokalno prezračevanje prostorov je prenosnik toplote zrak/zrak, rekuperator ali regeneratorski, ki iz odpadnega zraka prenaša toploto na sveži dovodni zrak. Posebne izvedbe prenosnikov toplote so poleg toplote sposobne vračati tudi del zračne vlage, čemer se pri ogrevanju zmanjšajo težave s prenizko relativno lažnostjo zraka v prostoru.

Predgrevanje svežega zraka pozimi, pred vstopom v sistem, lahko izvajamo s pomočjo toplote zemlje, če sveži zrak vodimo skozi zemeljski kanal in ga s tem direktno predgrevamo. Lahko pa se uporabi tudi indirektni sistem predgrevanja, pri katerem toploto zemlje na zrak prenaša prenosnik toplote voda/zrak. Takšen sistem lahko uporabljamo tudi v poletnem času, ko v prenosniku toplote voda/zrak zunanji zrak ohlajamo.

Pri centralnem mehanskem prezračevanju se pretok zraka distribuira s pomočjo ventilatorjev in kanalov po celotni stavbi in se distribuira v prostore preko difuzorjev. Nekatere klasične metode mehanskega prezračevanja in porazdelitve zraka v prostorih, kot je mešanje zraka, se še vedno pogosto uporabljajo, razvijajo pa se tudi novi koncepti za komercialno rabo, kot je to na primer distribucija zraka s turbulentnimi curki (impinging jets) in konfluentnimi curki (interakcija).

Prezračevanje z mešanjem zraka je najbolj poznana in preizkušena metoda mehanskih prezračevalnih sistemov. Pri tej metodi se svež zunanji zrak meša s kontaminiranim sobnim zrakom, kar zmanjšuje koncentracijo neželenih substanc v prostoru. Zračni curek svežega zraka se vpihuje z visoko hitrostjo (> 2,0 m/s) običajno v zgornje dele prostora in s tem v njem povzroči kroženje zraka. Običajno se hitrost pretoka zraka določi na osnovi števila izmenjav zraka, ki je posledica potreb prostora po hlajenju ali ogrevanju. Čeprav gre za zelo razširjen

sistem distribucije zraka, ni med učinkovitejšimi v smislu zagotavljanja kakovosti zraka in energetske učinkovitosti.

Naslednja metoda je zamenjava kontaminiranega z zrakom od zunaj. Sveži zrak se vpihuje z nizko hitrostjo (<0,5 m/s) blizu tal tako, da se v prostoru vzpostavi vzgonsko gibanje. Le-to običajno povzroči vertikalne gradiente temperature in koncentracije neželenih substanc. Hitrost pretoka zraka je največkrat določena s temperaturo svežega zraka (običajno > 17°C), da gradienti niso preveliki. Je energetsko bolj učinkovita od metode z mešanjem zraka, saj zahteva manjšo moč ventilatorja in ima večjo učinkovitost prezračevanja. Zaradi dejstva, da je gibanje zraka v prostoru pogojena predvsem z vzgonskimi silami, se ta metoda lahko uporablja samo za hlajenje, ima omejeno penetracijsko globino in relativno nizko hladilno moč (<40 W/m²). Tako imenovani hibridni sistemi za dovod zraka združujejo značilnosti obeh metod in omogočajo premostitev njunih omejitev in pomanjkljivosti: sistemi s turbulentnimi in konfluentnimi curki.

Sistem s turbulentnimi curki uporablja kanal ali odprtino za dovajanje zračnega curka na stropu tako, da se curek razliva na velikem delu tal. Zrak ima večjo gibalno količino, kot metoda z vzgonsko izmenjavo zraka, zato se zrak enakomerneje porazdeli po prostoru in so gradienti temperature in koncentracije manjši. Mogoče ga je uporabljati ne samo za hlajenje, ampak tudi za ogrevanje. Pri sistemu s konfluentnimi curki se številni curki iz gostih rež ali krožnih odprtín v isti smeri združijo tako, da tvorijo en sam curek blizu stene ali tal. Kombinirani curki se nato usmerijo proti tlom, da ustvarjajo podoben učinek kot sistem s turbulentnimi curki. Študije so pokazale, da lahko sistemi s turbulentnimi in konfluentnimi curki zrakom zagotavljajo boljše kakovosti zraka in so hkrati bolj energetsko učinkoviti od klasičnih načinov mehanskega prezračevanja prostorov.

Prednosti **centralnega** prezračevalnega sistema:

- možnost usmerjanja gibanja zraka iz čistih prostorov (dnevna soba, spalnica, otroška soba) v bolj obremenjene prostore (kuhinja, kopalnica ...) in od tam ven iz hiše – s tem usmerjamo tudi gibanje vonjav in vlage;
- omogoča tiho delovanje;
- primerno za stanovanjske in večstanovanjske novogradnje. Pri prenovah je potreben razmislek;
- omogoča obvod zraka mimo prenosnika toplote in pasivno hlajenje ponoči.

Pomanjkljivosti **centralnega** prezračevalnega sistema:

- pri prenovah so potreben obsežna gradbena dela za namestitvev razvoda zraka;
- higiena v razvodnem sistemu in filtrihi lahko ob neustreznem vzdrževanju postane problematična. V takšnih primerih se lahko poslabša tudi energijska učinkovitost centralnega prezračevalnega sistema.

1.4.4 Tehnične karakteristike tehnologije prezračevanja za bazno leto in projekcije do leta 2070

Veljavni *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES)*⁶⁶ v 12. členu navaja, da se energijska učinkovitost prezračevalnega sistema zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih naprav in pripadajočih elementov, energijsko učinkovitim razvodom, najmanjšo še potrebno količino zraka, uravnoteženjem sistema ter regulacijo kakovosti zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru. Vgrajeni mehanski ali hibridni sistemi prezračevanja stavb morajo zagotoviti učinkovito vračanje toplote zraka.

Tehnična smernica specificira minimalne pogoje⁶⁷. V poglavju 6.2 predpisuje, da morajo imeti vse prezračevalne naprave vgrajene prenosnike toplote za vračanje toplote s temperaturnim izkoristkom 65 %, pri nizkoenergijskih stavbah mora biti ta izkoristek 75 %. Izkoristek prenosnika toplote z rekuperacijo mora v sklopu mehanskega prezračevalnega sistema imeti izkoristek nad 50 %.

Eko sklad dodeljuje spodbude za aktualne energetsko učinkovite in komercialno dostopne mehanske prezračevalne naprave, ki morajo doseči zahtevano stopnjo učinkovitosti. Prezračevalne naprave namenjene centralnemu prezračevanju, morajo dosegati toplotni izkoristek rekuperacije toplote vsaj 80 %, razen enot z entalpijskim prenosnikom toplote, ki morajo dosegati toplotni izkoristek rekuperacije toplote vsaj 74 %. Prezračevalne naprave za lokalno prezračevanje morajo dosegati toplotni izkoristek rekuperacije toplote vsaj 70 %, vse prezračevalne naprave pa ne smejo presegati specifične vhodne moči 0,45 W/(m³/h). Prezračevalne naprave za lokalno prezračevanje, ki izmenjuječe dovajajo zrak v prostor in odvajajo zrak iz prostora, morajo biti vgrajene v paru in med seboj sinhronizirane. Ustreznost prezračevalne naprave je preverjena na podlagi izjave o skladnosti in podatkovnega lista prezračevalne naprave, skladno z Delegirano uredbo Komisije (EU) št. 1254/2014 z dne 11. julija 2014 o dopolnitvi Direktive 2010/30/EU Evropskega parlamenta in Sveta v zvezi z označevanjem stanovanjskih prezračevalnih enot z energijskimi nalepkami (UL L št. 337 z dne 25. 11. 2014, str. 27 oziroma z drugim ustreznim dokazilom⁶⁸).

Oceno povprečnih tehničnih karakteristik smo v baznem letu izvedli na osnovi komercialno dostopnih tehnologij prezračevanja, pri projekcijah je predpostavljeno izboljšanje izkoristka za 1 odstotno točko v desetletju, (Preglednica 48).

Preglednica 48: Tehnične karakteristike tehnologije prezračevanja – ocena projekcije povprečnih tehničnih karakteristik

	Bazno leto	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Izkoristek prenosnika toplote z rekuperacijo %	85	86	87	88	90	91	92
Specifična vhodna električna moč W/(m ³ /h)	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42

⁶⁶ Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) (Uradni list RS, št. [52/10](#), [61/17](#) – GZ

⁶⁷ TSG, *Tehnična smernica TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije, Ministrstvo za okolje in prostor, 2010*

⁶⁸ *Eko sklad – Sodobni sistemi za mehansko prezračevanje stavb, razpisi, 2019*

1.4.4.1 Ocena investicijskih in obratovalnih karakteristik tehnologije prezračevanja

V nadaljevanju podajamo oceno povprečnih investicijskih in obratovalnih stroškov tehnologije prezračevanja brez stroškov za energijo.

Za določitev cen posameznih ukrepov v energetsko učinkovitost so bili analizirani podatki iz baze 190 stavb, ki so predmet energetske sanacije v okviru *Operativnega programa za izvajanje Evropske kohezijske politike za obdobje 2014–2020*. Dodatni kriteriji za oblikovanje cen predstavljajo tudi podatki o cenah gradbenih materialov in proizvodov različnih proizvajalcev.

Ocena investicije v mehansko prezračevalno napravo v baznem letu znaša 13,8 EUR/m³ (EUR za enoto prezračevanega volumna stavbe) za stavbe z volumnom, manjšim od 5.000 m³. Za stavbe s prezračevanim volumnom med 5.000 in 30.000 m³ je ocena investicije 7,6 EUR/m³.

Po *Pravilniku o metodah za določanje prihrankov energije* (UL RS, 2017)⁶⁹ znaša življenjska doba sistemov za izkoriščanje odpadne toplote v stavbah gospodinjstev 17 let, učinkovitega ventilacijskega sistema (mehanično nadzorovan sistem za odvajanje odpadnega zraka, predgretje svežega zraka itn.) v stavbah industrijskega in storitvenega sektorja pa 15 let.

Stroški vzdrževanja (menjava filtrov, čiščenje kanalov, ipd.) v življenjski dobi izkustveno ocenimo z 1 % od nabavne vrednosti na letni ravni.

Identifikacija ovir in pospeševalcev

Pomembnost zagotavljanja kakovosti bivanja v stavbah na energetsko učinkovit način ter vpliv prezračevanja na zdravje ljudi in produktivnost so ključni dejavniki za nadaljnji razvoj mehanskih prezračevalnih sistemov, zato lahko pričakujemo, da se bodo vse pogosteje uporabljale nekonvencionalne metode prezračevanja in porazdelitve zraka v prostorih. Razvoj bo šel v smeri regulacije prezračevanja na osnovi parametrov kakovosti zraka z bolj učinkovitimi metodami za distribucijo zraka, skupaj z izboljšanjem postopkov zagotavljanja kakovosti in vzdrževanja prezračevalnih sistemov.

⁶⁹ *Pravilnik o metodah za določanje prihrankov energije, Uradni list RS, št. 67/15 in 14/17, Ministrstvo za infrastrukturo, 2017*

1.5 Gospodinjiski aparati

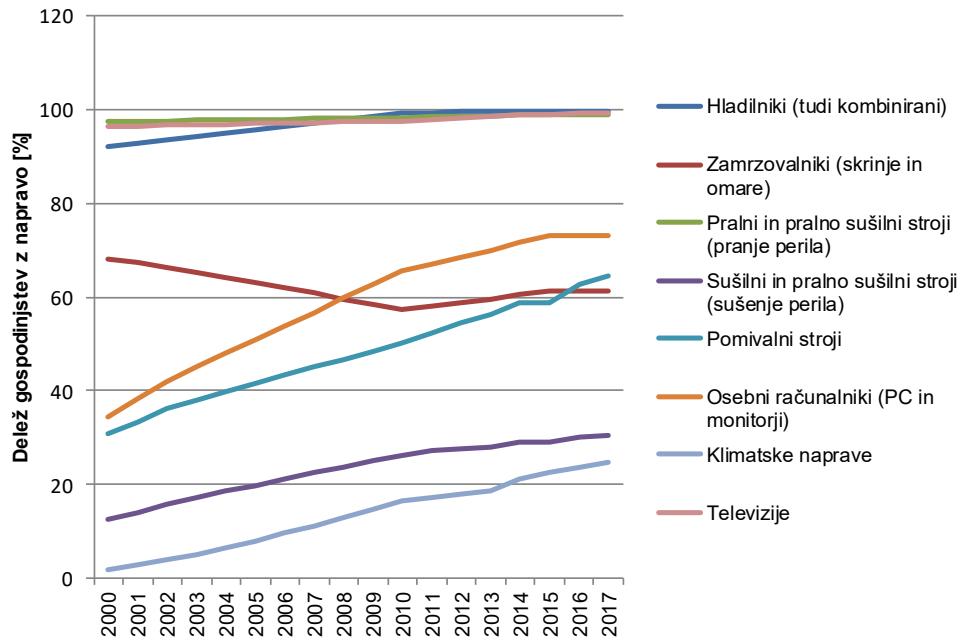
1.5.1 Izhodišča za oceno potencialov

1.5.1.1 Skupna raba GA v Sloveniji po vrstah naprav

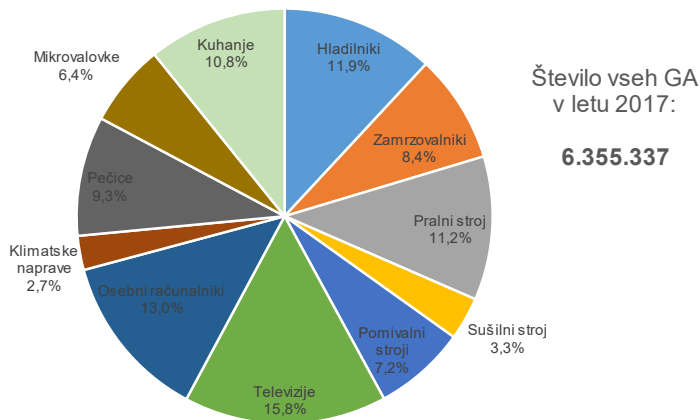
Za določitev števila vseh naprav v gospodinjstvih so pomembni trije podatki, in sicer skupno število gospodinjstev, opremljenost le teh z posameznim gospodinjiskim aparatom ter povprečno število aparatov na gospodinjstvo. Več kot en aparat na gospodinjstvo je bil upoštevan pri hladilnikih, zamrzovalnikih, osebnih računalnikih ter televizorjih, in sicer je število leta 2017 za hladilnike in zamrzovalnike znašalo 1,1, za osebne računalnike in televizorje pa 1,5. V modelu za izračun rabe električne energije gospodinjiskih aparatov je uporabljeno število stanovanj po popisih, ker potrebujemo razdelitev stanovanj po številu prebivalcev ločeno za enodružinske (ED) in večstanovanjske stavbe (BL). Opremljenost gospodinjstev je bila določena kot interpolacija vrednosti, ki jih objavlja SURS na spletni strani pod rubriko *Delež gospodinjstev, ki razpolagajo s trajnimi potrošnimi dobrinami* in ob upoštevanju rezultatov *Ankete o porabi energije v gospodinjstvih*.

Preglednica 49: Število stanovanj v letih 2000–2017 glede na število prebivalcev

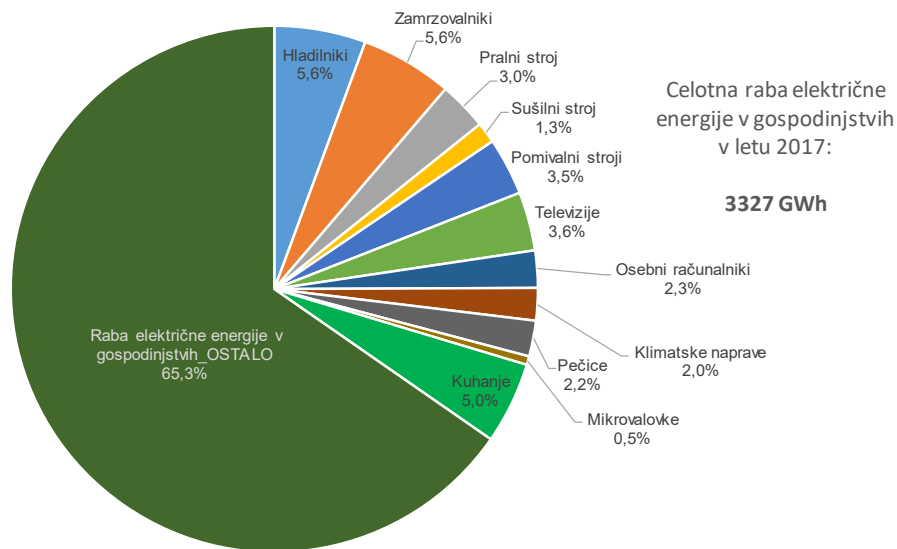
Leto	Število stanovanj	ED	BL	ED						BL				Število prebivalcev
				1	2	3	4	5	>5	1	2	3	>3	
2000	654.998	417.841	237.157	17%	22%	21%	25%	10%	6%	26%	24%	22%	29%	1.943.017
2001	658.253	419.100	239.153	17%	22%	21%	25%	10%	6%	26%	24%	22%	29%	1.952.304
2002	661.509	420.352	241.157	17%	22%	21%	25%	10%	6%	26%	24%	22%	29%	1.961.588
2003	662.467	417.552	244.915	17%	22%	20%	24%	10%	7%	27%	24%	22%	27%	1.966.649
2004	663.424	414.741	248.683	17%	22%	20%	23%	10%	8%	28%	25%	21%	26%	1.971.221
2005	664.382	411.921	252.461	17%	21%	20%	23%	10%	9%	29%	25%	21%	25%	1.975.302
2006	665.339	409.091	256.248	17%	21%	20%	22%	11%	10%	30%	25%	21%	24%	1.978.889
2007	666.297	406.251	260.046	17%	21%	20%	22%	11%	10%	31%	26%	20%	23%	1.981.979
2008	667.254	403.401	263.853	17%	21%	19%	21%	11%	11%	32%	26%	20%	22%	1.984.572
2009	668.212	400.542	267.670	17%	20%	19%	21%	11%	12%	33%	26%	20%	21%	1.986.665
2010	669.169	397.672	271.497	17%	20%	19%	20%	11%	13%	34%	27%	19%	20%	1.988.255
2011	670.127	394.793	275.334	17%	20%	19%	20%	12%	13%	35%	27%	19%	19%	1.989.341
2012	671.211	397.574	273.637	17%	20%	19%	19%	12%	13%	35%	27%	19%	19%	1.991.036
2013	672.295	400.362	271.933	17%	20%	19%	19%	12%	13%	35%	27%	19%	19%	1.992.631
2014	673.379	403.156	270.223	17%	21%	19%	19%	11%	13%	34%	27%	19%	20%	1.994.128
2015	674.463	405.958	268.505	17%	21%	19%	19%	11%	13%	34%	27%	19%	20%	1.995.524
2016	679.600	409.050	270.550	17%	21%	19%	19%	11%	13%	34%	27%	19%	20%	2.008.763
2017	685.631	412.680	272.951	17%	21%	19%	19%	11%	13%	34%	27%	19%	20%	2.024.615



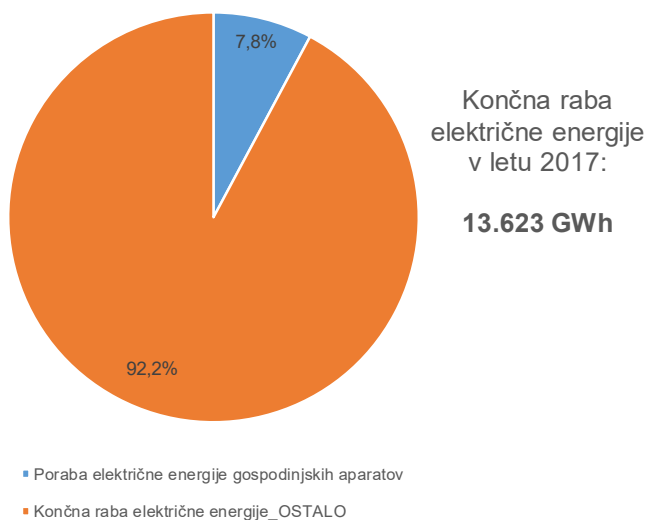
Slika 34: Delež gospodinjstev z napravami



Slika 35: Delež v številu vseh gospodinjstevskih aparatov v letu 2017

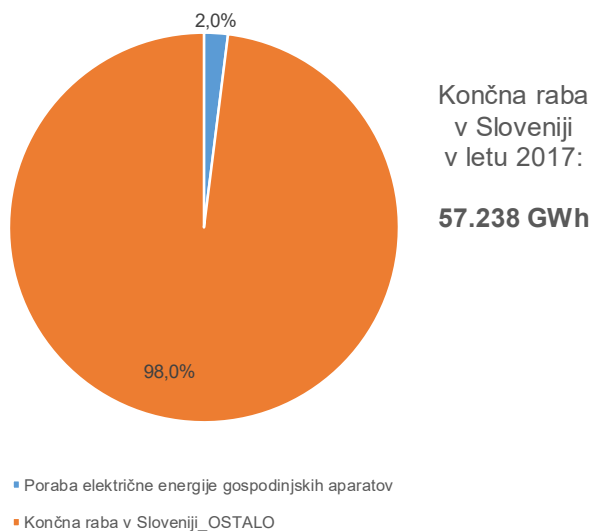


Slika 36: Delež porabe GA v celotni rabi električne energije v gospodinjstvih v letu 2017



- Poraba električne energije gospodinskih aparatov
- Končna raba električne energije_ OSTALO

Slika 37: Delež porabe GA v končni rabi električne energije v letu 2017



Slika 38: Delež porabe GA v končni rabi Slovenije v letu 2017

1.5.1.2 Opremljenost gospodinjstev in navade pri uporabi naprav

Opremljenost gospodinjstev z napravami po letu 2014, ko je bila zadnja *Anketa o porabi energije v gospodinjstvih*, je prilagojena podatkom SURS-a do leta 2017. Po letu 2017 je opremljenost z napravami načeloma konstantna oziroma deleži opremljenosti gospodinjstev glede na število prebivalcev ostanejo enaki, majhne spremembe skupne opremljenosti pa so posledica modelske predpostavke spremembe strukture velikosti gospodinjstev in skupnega števila le teh v letih do leta 2050, izjema so le računalniki, kjer se predvideva povečanje opremljenosti, skladno z zadnjimi trendi.

Preglednica 50: Projekcija opremljenosti gospodinjstev z GA

	Hladilnik	Zamrzovalnik	Pranje perila	Sušenje perila	Pomivalni stroji	PC in monitorji	Klimatske naprave	Televizije
2017	100%	63%	99%	30%	65%	77%	25%	99%
2030	100%	63%	99%	30%	65%	87%	32%	99%
2050	100%	63%	99%	30%	64%	98%	33%	99%

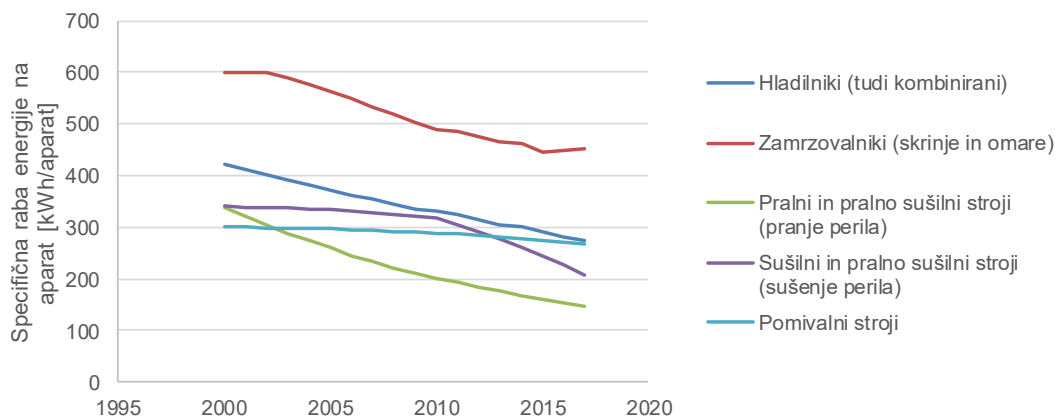
Na rabo električne energije gospodinjskih aparatov, televizij, osebnih računalnikov in razsvetljave močno vpliva obnašanje gospodinjstev pri njihovi uporabi. V spodnji tabeli so prikazane modelske predpostavke o uporabi različnih aparatov, ki upoštevajo strukturo stanovanj glede na vrsto stavbe ter število prebivalcev v stanovanju. Enake predpostavke so uporabljene tudi v projekcijah do leta 2050, ker trenutno ni realne osnove za spremembo obnašanja.

Preglednica 51: Spremenljivke, ki določajo obnašanje gospodinjstev pri rabi različnih aparatov in razsvetljave (navedene so vrednosti za leto 2017)

Aparat	Spremenljivka, ki označuje obnašanje		enota
Pečica	Uporaba pečice na mesec	7,9	h
Kuhališče	Število kuhanih obrokov na leto	495	
Pomivalni stroj	Število pomivanj na leto	222	
Pralni stroj	Količina opranega perila na leto	839	kg
Sušilni stroj	Količina posušenega perila na leto	410	kg
Televizija	Čas gledanja TV na dan	3,7	h
Osebni računalnik	Povprečni čas uporabe računalnika na dan	3,5	h
Razsvetljava	Povprečni čas gorenja luči na dan	1,7	h

1.5.1.3 Tehnične karakteristike naprav

S pomočjo podatkov tržnih raziskav o prodanih aparatih, ki so bili za Slovenijo pridobljeni od podjetja GfK, smo aparate razvrstili v energetske razrede. IJS-CEU poseduje podatke za obdobje 2004–2017. Aparati postajajo vedno bolj učinkoviti, čemur se prilagaja tudi regulativa za določanje energetskih razredov ter tudi zakonodaja s področja minimalnih zahtev. Zaradi nadomeščanja starih aparatov z vedno bolj učinkovitimi se povprečna poraba vseh aparatov zmanjšuje kot je razvidno iz spodnje slike.

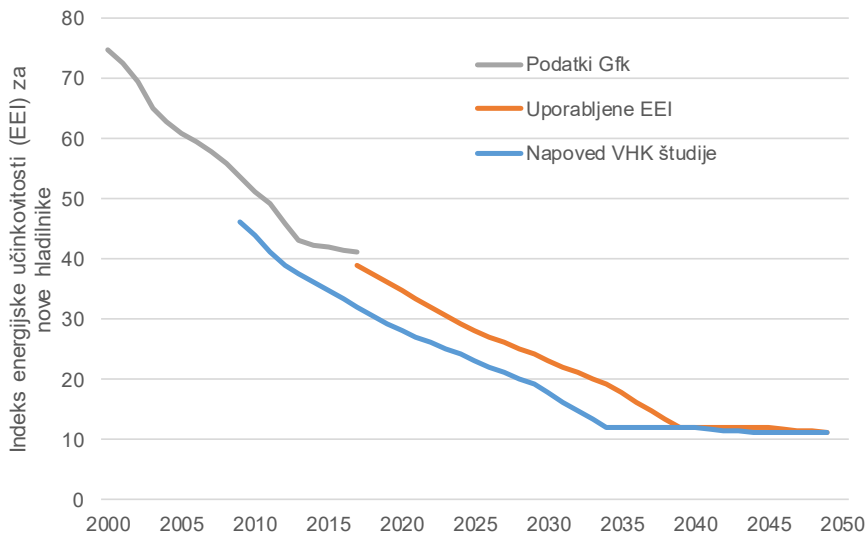


Slika 39: Gibanje specifične rabe energije na aparat

Evropska Komisija redno naroča študije, ki preverjajo stanje tehnologije glede na trenutno veljavne akte na podlagi direktive o okoljsko primerni zasnovi proizvodov (t.i. ekodizajn; ang. Ecodesign) ter v direktivi o energijski nalepki (ang. Energy Label). Namen teh študij je tehnološki pregled preteklih, sedanjih, najboljših in trenutno še nerazpoložljivih tehnologij, da bi lahko Komisija pripravila strategijo o prihodnjem spodbujanju razvoja in proizvodnje energijsko učinkovite tehnologije v Evropski uniji. Na podlagi teh študij smo določili kako se bo v prihodnje spreminjal povprečni indeks energijske učinkovitosti (EEI) za nove aparate, in sicer iz določitve mej za najboljši energijski razred v teh študijah. V nadaljevanju bo za izbrane gospodinjske aparate prikazano katere vrednosti EEI-jev so bile uporabljene in katere nove tehnologije so bile upoštevane za doseg teh EEI-jev.

Hladilniki in zamrzovalniki

V študiji nizozemskega podjetja VHK⁷⁰ so opredelili najboljše razpoložljive tehnologije (ang. BAT), najboljše nerazpoložljive tehnologije (BNAT) ter so naredili napoved EEI-ja za nove hladilnike in zamrzovalnike do leta 2050, katero smo uporabili kot osnovo za izračun spreminjanja porabe električne energije povprečnega novokupljenega aparata.



Slika 40: Napoved spreminjanja indeksa energijske učinkovitosti (EEI) za nove hladilnike

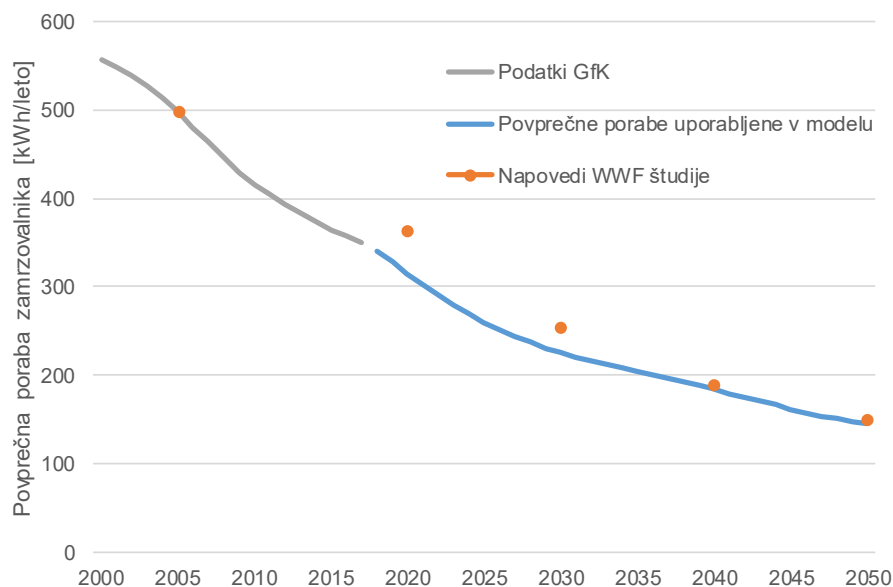
Pri hladilnikih in zamrzovalnikih je z uporabo BAT v povprečju mogoče doseganje tudi do 70 % prihranka električne energije, najpomembnejše BAT so pa večja debelina izolacije (do 100 mm), integracija vakuumsko izoliranih plošč v stenah in vratih naprave, visoko učinkoviti kompresorji in uporaba pogonskih kompresorjev s spremenljivo hitrostjo. BNAT so tehnologije, ki so še v fazi raziskav vendar se jih upošteva v napovedih. Med njimi so tudi nove izolacijske tehnologije, pri čemer je tehnologija vakuumskih izolacijskih plošč (VIP) proizvajalcem že na voljo in je možno pričakovati le majhna povečanja energetske učinkovitosti. Kljub temu bi ciklopentanske PU pene lahko pomagale povečati učinkovitost najboljših izdelkov za največ 10 % do leta 2020, če bodo stroški tehnologije ostali konkurenčni. Za kombinirane hladilnike lahko pride do številnih izboljšav kompresorskega hladilnega sistema. Vendar je obstoječe koncepte potrebno preveriti še v realnih pogojih. Prihranki v višini 10 do 20 % bi bili lahko izvedljivi, vendar verjetno šele po letu 2020. Najbolj obetavne hladilne tehnologije so magnetno hlajenje in termoelastično hlajenje:

- magnetno hlajenje lahko pomaga zmanjšati porabo energije za vsaj 15 %. Vendar pa je njegov potencialni razvoj še vedno odvisen od redkih zemeljskih kovin, ki so drage. Najbolj optimističen načrt je, da bo ta tehnologija kmalu po letu 2020 že prišla na trg.
- termoelastično hlajenje lahko privede do še večjega, skoraj 25 % prihranka energije, uporablja pa poceni materiale. Vendar se pa zanesljivost materiala za veliko število

⁷⁰ *Ecodesign Impact Accounting, Status report*, Ek, January 2016.
<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Ecodesign%20Impacts%20Accounting%20%20-%20status%20January%202016%20-%20Final-20160607%20-%20N....pdf>

ciklov lahko pokaže kot problematično. Ta tehnologija najverjetneje ne bo na voljo pred letoma 2025–2030.

Pri zamrzovalnikih smo uporabili tudi rezultate in izsledke študije *Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050*⁷¹ (iz leta 2009), ki sta ga za organizacijo Svetovni sklad za naravo (ang. World Wildlife Fund; WWF) naredila nemški Inštitut za uporabno ekologijo Oeko-Institut ter podjetje za svetovanje PROGNOS. V njem so razvili dva podrobna kvantitativna scenarija, in sicer en scenarij z ambicioznim nadaljevanjem današnje energetske in podnebne politike (referenčni scenarij) kot tudi inovacijski scenarij, s katerim je dosežen nivo družbe z nizkimi emisijami oziroma 95-odstotnega znižanja emisij v primerjavi z letom 1990, sicer za Nemčijo vendar je trend razvoja uporaben tudi za Slovenijo. Tako smo tudi pri zamrzovalnikih, iz študije uporabili trende (in ne vrednosti) spreminjanja povprečne porabe kot osnovo za naše izračune.



Slika 41: Napoved spreminjanja povprečne porabe zamrzovalnika

Pralni in pralno-sušilni stroji

Skupno Raziskovalno Središče (ang. Joint Research Centre; JRC), Odsek za znanost in znanje Evropske komisije je v letu 2017 pripravilo pregledno študijo⁷² regulative za pralne stroje ter njene rezultate uporabilo kot osnovo za novo revizijo direktive za okoljsko primerno zasnovano izdelkov, povezanih z energijo (direktiva Ecodesign) in direktive o energijski nalepki.

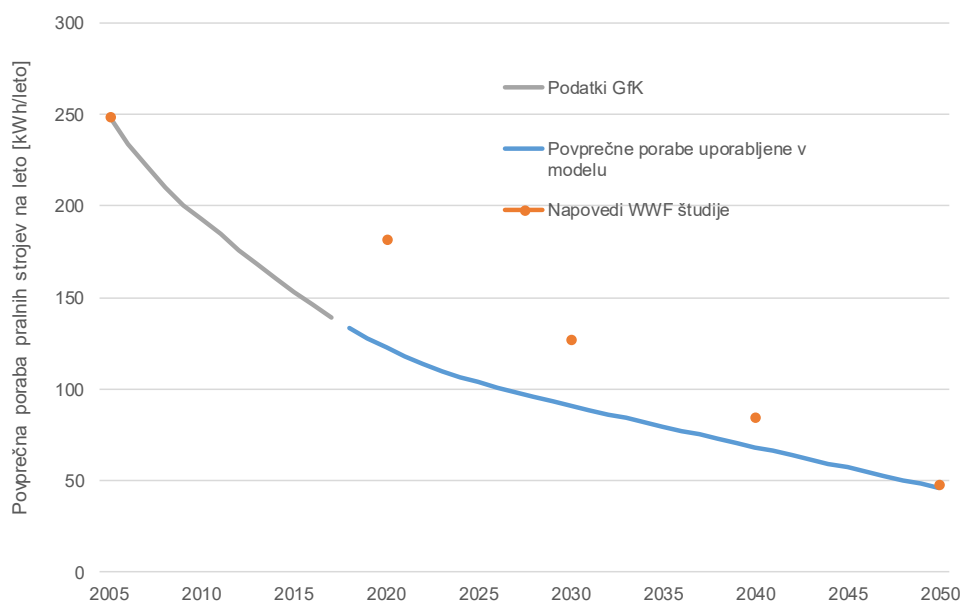
Trenutno najbolj inovativna in energijsko učinkovita tehnologija pri novih pralnih strojih je uporaba toplotne črpalke. Višji strošek nakupa in nasploh višje stroške v življenjski dobi aparata do neke mere kompenzirajo prihranki pri stroških električne energije pralnih strojev, opremljenih

⁷¹ https://mobil.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf

⁷² JRC, *Technical report, Ecodesign and Energy Label for Household Washing machines and washer dryers, Preparatory study, Final report*, 2017. Dokument je dosegljiv na spletni strani Evropske komisije: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/ecodesign-and-energy-label-household-washing-machines-and-washer-dryers>

s to tehnologijo (-10 %). V študiji so raziskali tudi več drugih vrst tehnologij, ki bi lahko konkurirale toplotni črpalki glede energetske učinkovitosti. Vendar niso bile ugotovljene nobene v tem trenutku ustrezne nadomestne možnosti.

Eden od možnih predlaganih scenarijev študije za revizijo direktive Ecodesign in direktive o energijski nalepki je, da se pri določanju zahtev oziroma mej med energijskimi razredi »dovoli« ta trenutek najboljšim pralnim strojem z toplotno črpalko ali drugo zelo napredno tehnologijo, da izpolnjujejo pogoje za uvrstitev največ v energijski razred B. Ta scenarij smo tudi mi uporabili pri določanju naših modelskih predpostavk. Tako smo za najbolj ambiciozen scenarij vzeli 0,04 kWh/kg/cikel kot povprečno vrednost porabe novih aparatov v letu 2050. Ta vrednost bi sicer odgovarjala A razredu naprav nove revidirane sheme označevanja energijskih razredov in teh, kot smo že rekli, trenutno še ni na trgu. Z nadaljnjim tehnološkim razvojem pa vseeno predvidevamo, da bodo novi aparati leta 2050 v povprečju imeli tako porabo. Predlagane vrednosti pripeljejo do tega, da se povprečna poraba vseh pralnih strojev v letu 2050 ujema s povprečno porabo aparatov iz WWF študije *Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050* kar smo prikazali na sliki (Slika 42).



Slika 42: Napoved spreminjanja povprečne porabe pralnih strojev

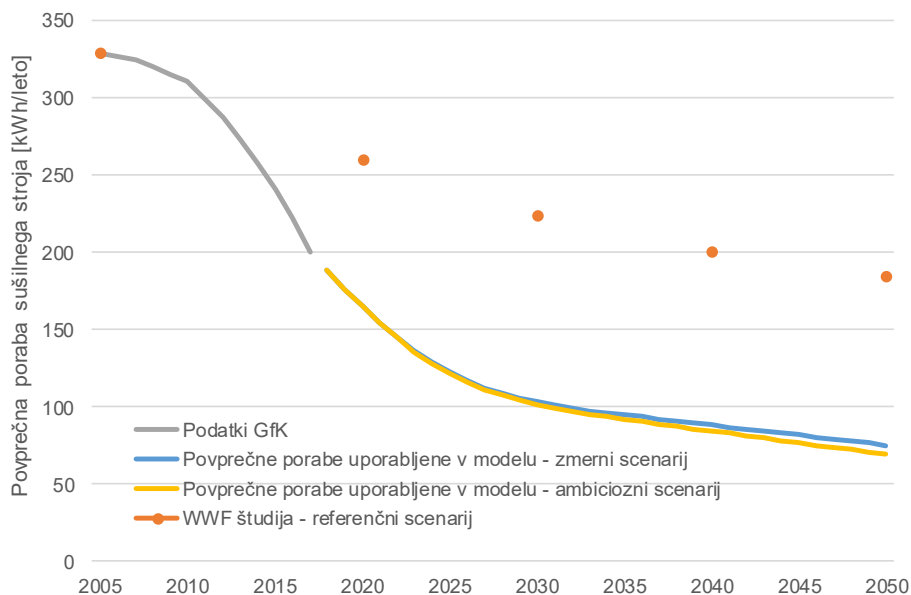
V študiji JRC so izračunali, da ima zelo pomemben vpliv na povečanje potenciala za izboljšanje energetske učinkovitosti gospodinjskih pralnih strojev in gospodinjskih pralnih sušilnikov obnašanje potrošnikov. Z izbiro pravega programa in učinkovitejšo izrabo zmogljivosti stroja oz. povečano količino perila na pranje bi bili doseženi znatni prihranki.

Sušilni stroji

Viegand Maagøe je danska organizacija, ki je za Evropsko komisijo pripravila pregledno študijo⁷³ regulative za pralne stroje, rezultati katere bodo uporabljeni kot osnova za novo revizijo direktive Ekodesign in direktive o energijski nalepki za sušilne stroje.

V študiji so analizirali tehnologije in materiale za različne dele sušilnega stroja ter so prišli do zaključka, da je sušilni stroj s toplotno črpalko v vsakem pogledu najučinkovitejši in je trenutno tudi najboljša razpoložljiva tehnologija med sušilnimi stroji. Modulacijski plinski sušilnik, vakuumski sušilnik, mehanični parno kompresijski sušilnik in mikrovalovni sušilnik so samo nekatere od BNAT tehnologije, ki so analizirane v tej študiji. Poleg navedenih je še nova tehnologija testirana na floridski univerzi, ki uporablja piezoelektrične oscilatorje za mehansko sušenje oblačil z vibriranjem na ultrazvočnih frekvencah namesto z uporabo toplote. To pomeni, da se voda fizično odstrani, kar odpravi potrebo po premagovanju latentne toplote vode v fazi izhlapevanja. To bi lahko skrajšalo čas sušenja, pa tudi zmanjšalo porabo energije (po poročanju) do 70 %.

Energijska učinkovitost sušilnih strojev je z uporabo tehnologije toplotnih črpalk v zadnjih letih zelo napredovala. Nove direktive Ekodesign in direktive o energijskih nalepkah v tem obdobju ni bilo, študija WWF pa napredka v tolikšnem obsegu v tako kratkem času ni predvidevala. Iz WWF študije smo trend spreminjanja referenčnega scenarija uporabili za naš nekoliko manj ambiciozen scenarij kar smo prikazali na Slika 43.



Slika 43: Napoved spreminjanja povprečne porabe sušilnega stroja

⁷³ Larisa Maya-Drysdale et al, *Review study on Tumble driers, Draft final report*, EC, October 2018. https://ekosuunnittelu.info/wp-content/uploads/2019/01/Review-tumble-driers_Draft-final-report-VM.pdf

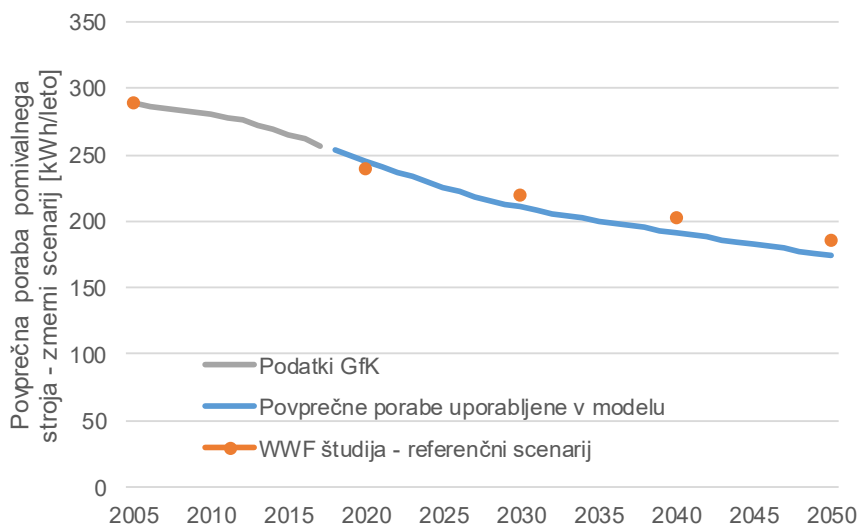
Pomivalni stroji

JRC je s podporo Oeko-Instituta in Univerze v Bonnu v letu 2017 pripravil tudi pregledno študijo⁷² regulative za pomivalne stroje. Ta dokument oblikovalcem politike zagotavlja podlago za odločitev glede tega ali in kako spremeniti obstoječe zakonodajne akte.

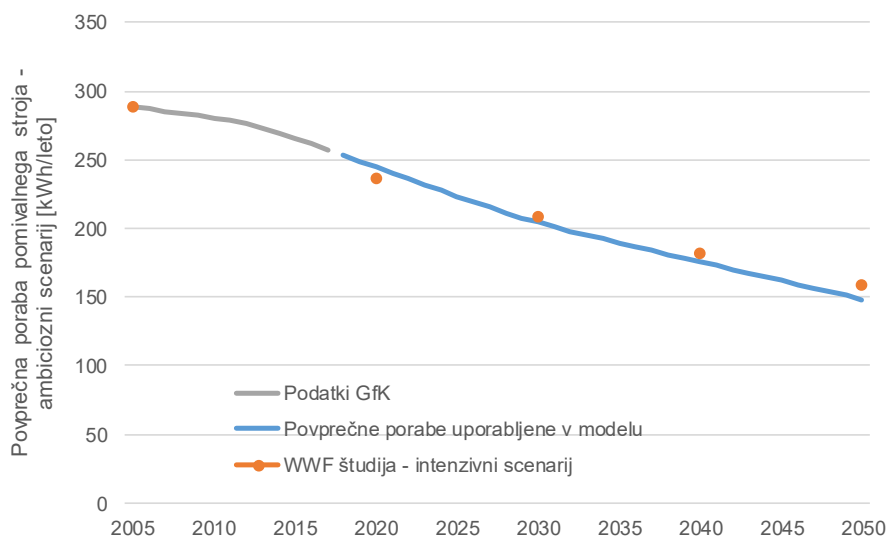
V dokumentu so analizirali veliko možnih kombinacij nadgradnje obstoječih pomivalnih strojev z namenom doseganja BAT na področju energijske učinkovitosti. Ocenili so prihranke posameznih nadgradenj, kot tudi prihranke skupine možnih nadgradenj. Posamezne nadgradnje so dosegale od 5 % (toplotni izmenjevalnik za predgrevanje dovodne vode in pospeševanje kondenzacije v fazi sušenja ali zmerno povečanje trajanja programa) do 12 % (izboljšano sušenje s pomočjo adsorpcijske tehnologije) pa vse do 31 % (eko program pomivalnega stroja s toplotno črpalko in standardnim hladilnim sredstvom). Pri skupini možnih nadgradenj se moramo zavedati, da prihranki energije niso neposreden seštevek posameznih nadgradenj, iz katerih je sestavljena kombinacija. Z drugimi besedami, če je bil pomivalni stroj že izboljšan z eno nadgradnjo, bo vsaka naslednja nadgradnja dosegla le del svojega individualnega potenciala. Kljub temu možne skupine nadgradenj dosegajo od 11 % (sistem samodejnega odpiranja vrat plus ventilator za boljše kroženje zraka) pa vse do 52 % (trajanje programa, odpiranje vrat, ventilator, napredna tehnologija senzorjev, mehanizem povratnih informacij potrošnika, toplotna črpalka).

Od BNAT, ki vplivajo na prihrankov energije bi izpostavili uporabo toplotnih črpalk v ozkih pomivalnih strojih (problematična prostorska umestitev črpalke), sistem samodejnega doziranja detergenta (možen prihranek med 11 do 54 kWh na aparat), vgraditev pretočnega izmenjevalnika toplote v ozke pomivalne stroje (tudi težava prostorske umestitve) ter uporaba nekaterih novih materialov.

Glede na predlagane revizijske spremembe študije smo za izračun uporabili revidirane vrednosti EEI-jev za določanje mej med energijskimi razredi. Podobno kot pri pralnih strojih smo uporabili scenarij, ki ta trenutek najboljše pomivalne stroje s toplotno črpalko ali drugo zelo napredno tehnologijo, uvrsti največ v energijski razred B. Kot modelsko predpostavko smo v našem ambicioznem scenariju vzeli vrednost 0,55 kWh na cikel (ki sicer odgovarja energijskem razredu A) za povprečno porabo novih aparatov v letu 2050. V zmernem scenariju smo vzeli vrednost 0,69 kWh na cikel za povprečno porabo novih v letu 2050 (vrednost odgovarja energijskem razredu C predlagane sheme označevanja z energijsko nalepko). Vrednosti povprečne porabe aparatov, ki smo jih na ta način dobili se skozi celotno obdobje do leta 2050 ujemajo tudi z vrednostmi WWF študije.



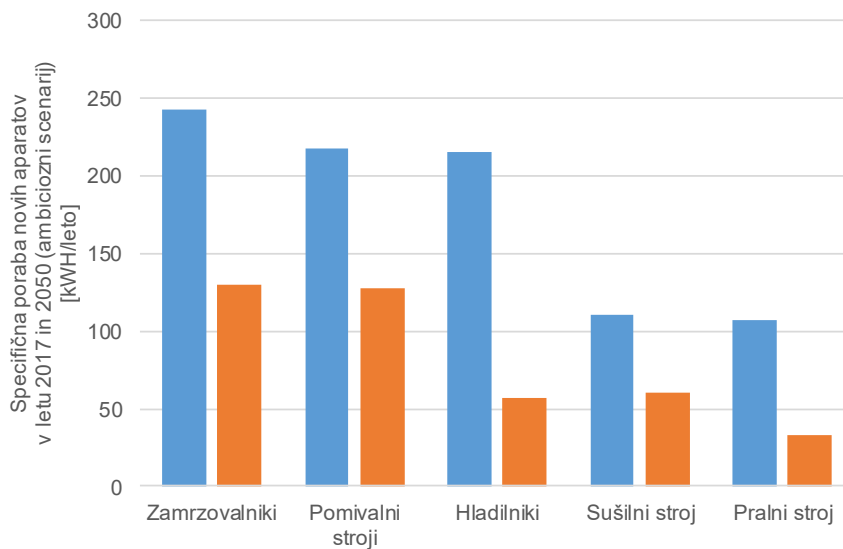
Slika 44: Napoved spreminjanja povprečne porabe pomivalnega stroja – zmerni scenarij



Slika 45: Napoved spreminjanja povprečne porabe pomivalnega stroja – ambiciozni scenarij

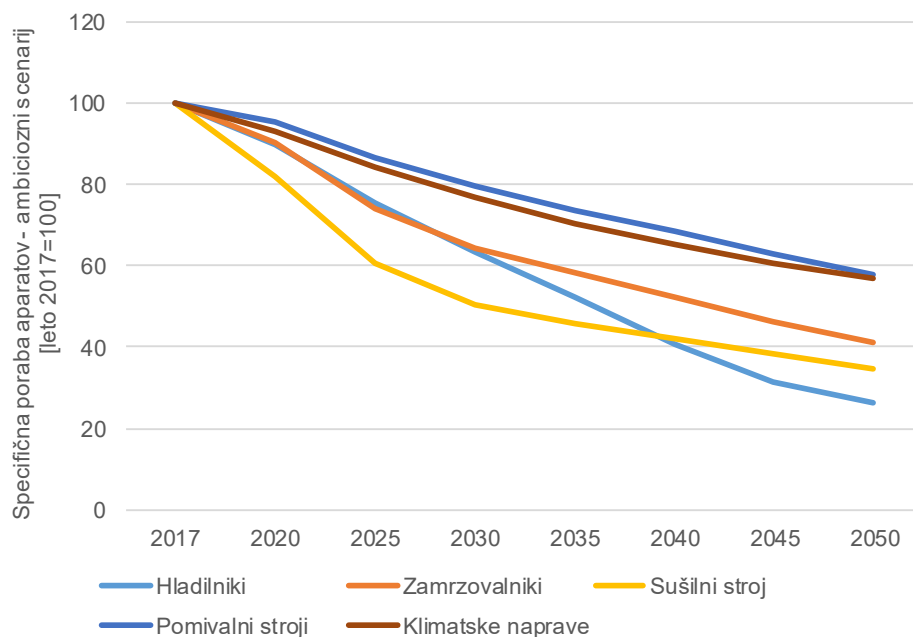
1.5.2 Ocena tehničnega potenciala

Med gospodinjskimi aparati iz prejšnjega poglavja imajo največjo specifično porabo električne energije (če gledamo samo nove aparate) v letu 2017 zamrzovalniki (242 kWh/leto), sledijo pomivalni stroji in hladilniki (218 in 215 kWh/leto) ter na koncu še sušilni in pralni stroji z približno enako specifično porabo (110 in 107 kWh/leto).



Slika 46: Povprečna specifična poraba novih aparatov v letu 2017 in 2050 (vrednosti iz ambicioznega scenarija)

V najbolj ambicioznem scenariju bo specifična poraba novih hladilnikov v letu 2050 nižja za celo 74 % v primerjavi z letom 2017, pri pralnih in sušilnih strojih pa 67 % oz. 66 %.



Slika 47: Gibanje specifične rabe energije novih aparatov na aparat v ambicioznem scenariju do leta 2050

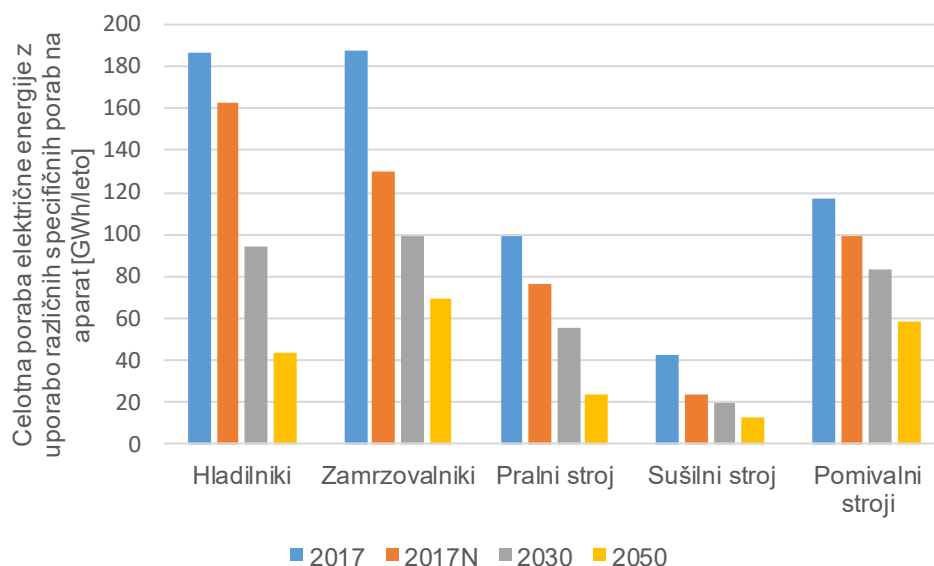
1.5.2.1 Potencial zaradi tehnološkega napredka

Za prikaz potenciala zaradi tehnološkega napredka smo kot specifično porabo aparata v letu 2017 vzeli vrednost za nove aparate v letih 2017, 2030 in 2050 oziroma poskušali smo dati odgovor na vprašanje, kakšna bi bila celotna današnja poraba posamezne skupine aparatov, če bi vsi današnji aparati imeli specifično porabo novega aparata iz leta 2017 (2017N), 2030 ali 2050. Kot je razvidno iz spodnje slike, bi že leta 2017 z zamenjavo vseh aparatov z novimi bi

dosegli od 13 % nižjo porabo pri hladilnikih do 45 % pri sušilnih strojih. Če uporabimo vrednost specifične porabe za novi aparat iz najbolj intenzivnega scenarija za leto 2030 bi poraba za vse skupine, razen pri pomivalnih strojih bila pol manjša. Polovično rabo pri pomivalnih strojih bi danes dosegli z zamenjavo vseh aparatov z "novimi iz leta 2050", pri ostalih skupinah bi takšna zamenjava zmanjšala celotno porabo posamezne skupine od 63 % do 77 %.

Preglednica 52: Razlika v skupni porabi GA v letu 2017 pri uporabi različnih specifičnih porab na aparat, ki so posledica tehnološkega napredka

	Raba energije [GWh/leto]				Indeks [2017=100]		
	2017	2017N	2030	2050	2017N	2030	2050
Hladilniki	186,7	162,9	94,4	43,4	87	51	23
Zamrzovalniki	187,9	130,2	98,7	69,5	69	53	37
Pralni stroj	99,0	76,2	55,2	23,5	77	56	24
Sušilni stroj	42,6	23,4	19,2	12,7	55	45	30
Pomivalni stroji	117,4	99,4	83,1	58,4	85	71	50



Slika 48: Razlika v skupni porabi GA v letu 2017 pri uporabi različnih specifičnih porab na aparat, ki so posledica tehnološkega napredka

1.5.3 Ekonomski potencial

Ekonomski dejavnik ne vpliva na zamenjave bistveno, zato ekonomskega potencial ne ocenjujemo. Težko koristi pripišemo samo energetske učinkovitosti (kot primer so recimo manjša glasnost novih aparatov, nove funkcije hladilnikov (npr. NO FROST), itd.), zato primerjave niso konsistentne.

1.6 Razsvetljava

V sklopu projektne naloge⁷⁴ »Razsvetljava v Sloveniji do leta 2050« je Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo, Fakultete za elektrotehniko izdelal analizo potencialov na področju razsvetljave v sektorjih gospodinjstva, industrije, stavb storitvenega sektorja in zunanje razsvetljave. Narejen je bil pregled tehnologij, njihova zastopanost do leta 2050, obratovalne ure ter tehnične in ekonomske karakteristike do leta 2050. Raziskava je v celoti predstavljena v poročilu *Poročilo C1.1, Zvezek 7: Analiza - razsvetljava v Sloveniji do leta 2050*, v kateri so predstavljene perspektive na področju razvoja tehnologij in njihove uporabe v vseh sektorjih: gospodinjstvih, industriji in storitvah, vključno z novimi tehnologijami.

1.6.1 Pregled tehnologij

Obstoječe tehnologije so razdeljene po sektorjih in namenih uporabe. Podatki o novih tehnologijah so podani na koncu in niso razvrščeni v sektorje oz. namene rabe. Kako se bodo uporabljali po posameznih sektorjih je prikazano v zavihku »Zastopanost Tehnologij«. Pregled tehnologij obsega štiri različne vrste podatkov o posamezni tehnologiji oz. svetlobnem viru: povprečna življenjska doba (v urah), svetlobni izkoristek (v lumnih/vat), indeks barvnega videza (brez enote, največja možna vrednost je 100) in barva svetlobe oziroma barvna temperatura svetlobe (v kelvinih). Ker se določeni podatki pri isti tehnologiji razlikujejo v odvisnosti od parametrov kot so električna moč, barvna temperatura, indeks barvnega videza... so večinoma podani v določenem obsegu. Pod obstoječe tehnologije so uvrščene tehnologije, ki se v prihodnosti ne bodo več spreminjale in gre pravzaprav za končne podatke, razen mogoče pri LED. Pri novih tehnologijah pa gre za tehnologije, ki se jih v literaturi že omenja, niso pa še dostopne na trgu ali pa so slabo dostopne kot npr. OLED. Nekaj osnovnih podatkov je že podanih v literaturi, nekaj je tudi napovedi, kako se bodo lastnosti razvijale, večinoma pa gre za predvidevanja.

Preglednica 53: Pregled tehnologij po sektorjih na področju razsvetljave

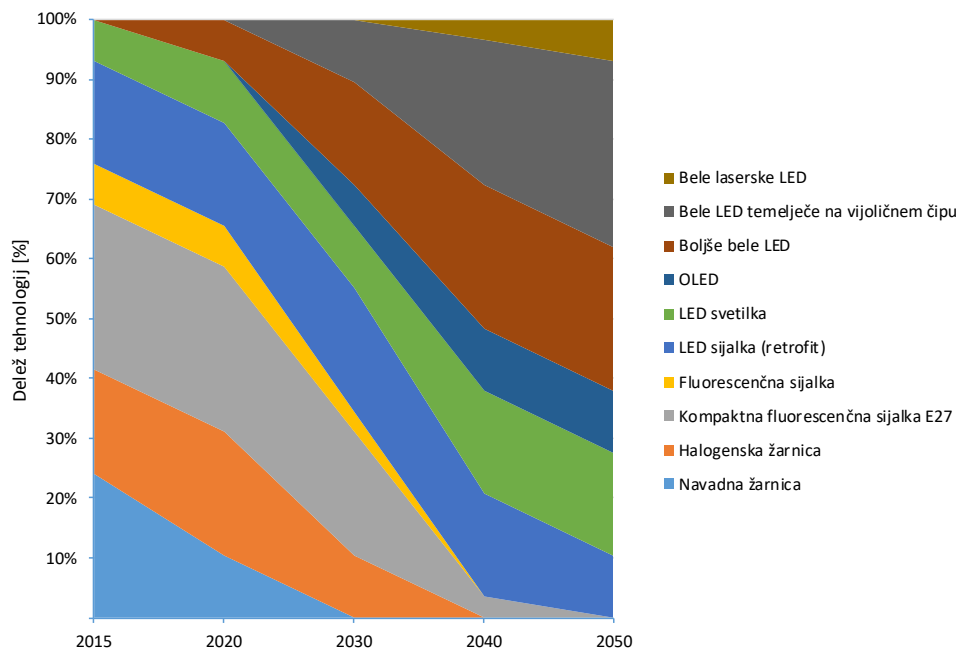
Sektor	Namen uporabe	Tehnologija
Gospodinjstva	Razsvetljava	Navadna žarnica
		Halogenska žarnica
		Kompaktna fluorescenčna sijalka E27
		Fluorescenčna sijalka
		LED sijalka (retrofit)
		LED svetilka
Industrija	Notranja razsvetljava	Navadna žarnica
		Halogenska žarnica
		Fluorescenčna sijalka
		VT Hg sijalka
		VT Na sijalka
		VT MH sijalka
		LED sijalka (retrofit)
		LED svetilka

⁷⁴ *Razsvetljava v Sloveniji do leta 2050 za projekt LIFE ClimatePath2050 (LIFE 16 GIC/SI/000043)*. Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo, Fakulteta za elektrotehniko, 2018.

Sektor	Namen uporabe	Tehnologija
	Zunanja razsvetljava	Kompaktna fluorescenčna sijalka
		VT Hg sijalka
		VT Na sijalka
		VT MH sijalka
		LED svetilka
Storitve	Poslovne stavbe	Navadna žarnica
		Halogenska žarnica
		Kompaktna fluorescenčna sijalka E27
		Fluorescenčna sijalka
		LED sijalka (retrofit)
		LED svetilka
	Šole	Navadna žarnica
		Halogenska žarnica
		Kompaktna fluorescenčna sijalka E27
		Fluorescenčna sijalka
		LED sijalka (retrofit)
		LED svetilka
	Bolnišnice	Navadna žarnica
		Halogenska žarnica
		Kompaktna fluorescenčna sijalka E27
		Fluorescenčna sijalka
		LED sijalka (retrofit)
		LED svetilka
	Trgovine	Navadna žarnica
		Halogenska žarnica
		Kompaktna fluorescenčna sijalka E27
		Fluorescenčna sijalka
		LED sijalka (retrofit)
		LED svetilka
VT MH sijalka		
Transport	Fluorescenčna sijalka	
	VT Hg sijalka	
	VT Na sijalka	
	VT MH sijalka	
	LED sijalka (retrofit)	
	LED svetilka	
	Kompaktna fluorescenčna sijalka	
	VT Hg sijalka	
	VT Na sijalka	
	VT MH sijalka	
Zunanja razsvetljava	Zunanja razsvetljava	VT MH sijalka
		LED svetilka
Nove tehnologije		OLED
		Boljše bele LED
		Bele LED temelječe na vijoličnem čipu
		Bele laserske LED

1.6.2 Zastopanost tehnologij do leta 2050

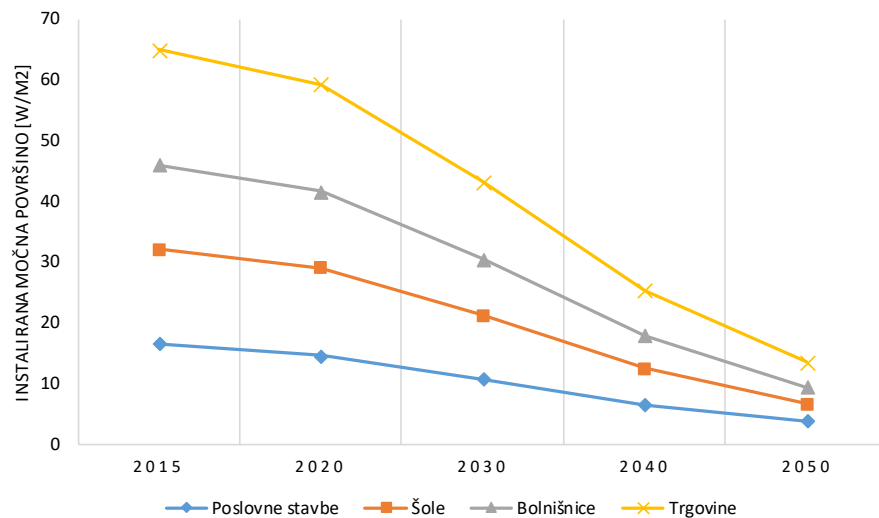
Glede na pregled literature se je naredila analiza, kako se bo spreminjala zastopanost posameznih tehnologij po sektorjih oz. namenih rabe. Podana je bila zastopanost tehnologij v letu 2015, ki temelji na podatkih v literaturi ter našem poznavanju področja. Sledijo napovedi zastopanosti v letih 2020, 2030, 2040 in 2050 (Slika 49). Napovedi so bile izdelane z upoštevanjem življenjske dobe posamezne tehnologije, trenutnega in pričakovanega svetlobnega izkoristka, pričakovanega trenutka vstopa na trg za nove tehnologije, izkušenj z obnašanjem posameznih uporabnikov ipd. Za gospodinjstva je podana zastopanost tehnologij, za ostale sektorje pa tudi pričakovan skupen svetlobni izkoristek (v lm/W) v posameznem sektorju po posameznih letih. Po pričakovanjih stroke bo ta v naslednjih letih ustrezno rasel.



Slika 49: Zastopanost tehnologij do leta 2050 v gospodinjstvih

1.6.3 Projekcije tehničnih karakteristik do 2050

Opremljene so bile projekcije pričakovanih tehničnih karakteristik posameznih tehnologij. Za gospodinjstva je podana pričakovana skupna moč (v W) po posameznih prostorih ter letih. Poleg moči razsvetljave po posameznih prostorih je podan tudi skupni svetlobni tok, ki upošteva napoved zastopanosti tehnologij ter njihovega svetlobnega izkoristka v prihodnosti. Za ostale sektorje je podana inštalirana moč na površino (v W/m²), pričakovan povprečni izkoristek mešanice vseh svetlobnih virov (tehnologij) ter pričakovan porast potrebe po svetlobnem toku. Podatki za leto 2015 temeljijo na podatkih iz različne literature ter izkušnjah. Na splošno velja, da bo potreba po svetlobnem toku v prihodnosti rasla zaradi staranja prebivalstva, delno pa tudi zaradi padanja »cene« svetlobnega toka. Izjema je zunanja oziroma cestna razsvetljava, kjer se zaradi novih tehnologij v vozilih (boljši svetlobni viri, samovozeča vozila) predvsem pa zaradi okoljevarstvene problematike, predvideva upad potreb po svetlobnem toku.



Slika 50: Projekcije instalirane moči na površino v stavbah storitvenega sektorja

1.6.4 Tehnične karakteristike in tehnologije v gospodinjstvih do 2050

Narejena je bila podrobna napoved uporabe različnih tehnologij v gospodinjstvih skupaj z njihovo priključno močjo in skupnim svetlobnim tokom. Podatki za leto 2015 so statistični, razporejenost posameznih tehnologij po prostorih pa temelji na našem poznavanju področja. Pri napovedi spreminjanja mešanice tehnologij smo izhajali iz predpostavke, da se število »svetlobnih mest« v stanovanju ne bo spreminjalo ter da bo potreba po svetlobnem toku ustrezno rasla. Ker razsvetljava v gospodinjstvih za razliko od razsvetljave v ostalih sektorjih ni opredeljena v standardih, pričakujemo hitrejšo rast »potrebe po svetlobnem toku« kot v drugih sektorjih, kjer bo verjetno precej omejena zaradi želje po varčevanju z energijo. V osnovni napovedi so vse LED obravnavane skupaj, so pa kasneje razdeljene med posamezne tehnologije v skladu s pričakovanji o njihovem razvoju.

1.6.5 Uporaba

Podani so bili podatki o tipičnih obratovalnih urah po posameznih sektorjih in namenih uporabe. Za gospodinjstva podatki temeljijo na podatkih v literaturi in so podani v urah na dan ker so razlike med posameznimi dnevi razmeroma majhne. Gre za povprečne vrednosti ker vseeno obstajajo določene sezonske razlike (npr. med zimo in poletjem...). Pri ostalih sektorjih podatki temeljijo na izračunih in določenih predpostavkah, nekaj pa tudi na podatkih iz literature. Podani so v urah na leto. Določeni uporabljeni faktorji (npr. povprečen FDS – faktor dnevne svetlobe) so izračunani na podlagi podatkov iz literature.

1.6.6 Ekonomski podatki

Za vse tehnologije so bili podatki ekonomski podatki in sicer višina investicije v evrih na kilolumen svetlobnega toka ter cena vzdrževanja v evrih na leto. Podatka sta izračunana na podlagi upoštevanih podatkov o življenjski dobi posamezne tehnologije v določeni panogi, ceni tipičnega svetlobnega vira določene tehnologije in njegovem svetlobnem toku ter povprečnih letnih obratovalnih urah v posameznem sektorju. Podana pa je tudi električna moč tipičnega predstavnika vsake tehnologije, ki je bila izhodišče za navedeno ceno in svetlobni tok.

2 Analize potenciala za zmanjšanje emisij TGP v stavbah kulturne dediščine

2.1 Varstveni režimi

»**Varstveni režim**« so pravila, ki ob upoštevanju družbenega pomena spomenika in na podlagi njegovega vrednotenja konkretizirajo omejitve lastninske pravice ter drugih upravičenj in določajo ukrepe za izvedbo varstva.

Skladno z uvodoma navedenimi definicijami povzemajo Smernice za energetska prenova stavb kulturne dediščine **najpogostejši obliki varstvenega režima** za tista dva tipa dediščine, ki ju energetska prenova zadeva najbolj neposredno, to sta stavbna dediščina in naselbinska dediščina (osnovni vir: *Pravilnik o seznamih zvrsti dediščine in varstvenih usmeritvah, Uradni list RS, št. 102/10*):

Varstveni režim za **stavbno dediščino** se nanaša na njeno pojavnost v prostoru, zunanjsčino in notranjsčino, ki jo definirajo gabariti, gradbeni material, slog, konstrukcijska zasnova, materiali, barve, oblikovanje.

Najpomembnejše prvine oziroma dediščinske lastnosti, ki dajejo stavbam kulturne dediščine njihov značaj in jih je treba upoštevati pri njihovi prenovi, so predvsem:

- oblikovanost zunanjsčine (gradiva oziroma materiali, členitev stavbe, oblikovanje fasad, okna in vrata ter strehe);
- funkcionalna zasnova notranjosti stavb, ki ji je pri prenovah treba slediti;
- notranje stavbno pohištvo in oprema (likovni okras: štukatura, poslikave, kipi in reliefi ter parketi, tlaki, vrata ...);
- nekatere prvine, kot so ometi, štukature in stenske dekoracije, se varuje enako tako v preprostem objektu iz 19. stoletja, funkcionalistični arhitekturi kot v izjemnih arhitekturnih stvaritvah (npr. sakralnih, pomembnih javnih stavbah ipd).

Splošni varstveni režim za stavbno dediščino predpisuje ohranjanje med drugim naslednjih značilnosti stavbe:

- tlorisna in višinska zasnova (gabariti);
- gradivo (gradbeni material) in konstrukcijska zasnova;
- oblikovanost zunanjsčine (členitev stavb in fasad, oblika in naklon strešin, kritina, barve fasad, fasadni detajli);
- stavbno pohištvo in notranja oprema;
- funkcionalna zasnova notranjosti stavb in pripadajočega zunanjega prostora;

- komunikacijska in infrastrukturna navezava na okolico (pripadajoči odprti prostor z niveleto površin ter lego, namembnostjo in oblikovanostjo pripadajočih objektov in površin);
- prostorski kontekst, pojavnost in vedute (predvsem pri prostorsko izpostavljenih objektih cerkvah, gradovih, znamenjih itd.) ;
- celovitost dediščine v prostoru (prilagoditev posegov v okolici značilnostim stavbne dediščine).

Varstveni režim za **naselbinsko dediščino** poudarja predvsem varovanje zunanje pojavnosti določenega objekta v varovanem območju in njegovih značilnosti, kot so fasade in strehe s stavbnim pohištvom in posebnimi detajli. Dejstvo je, da se velika večina stavb v območjih naselbinske dediščine odlikuje z izjemnimi prvini tako na zunanjih površinah kot tudi v notranjščini. Prav tovrstna, največkrat anonimna arhitektura najbolje označuje navade, okuse in življenjski slog nekega naroda in je v vsej zgodovini eden najpomembnejših elementov naselbinske forme.

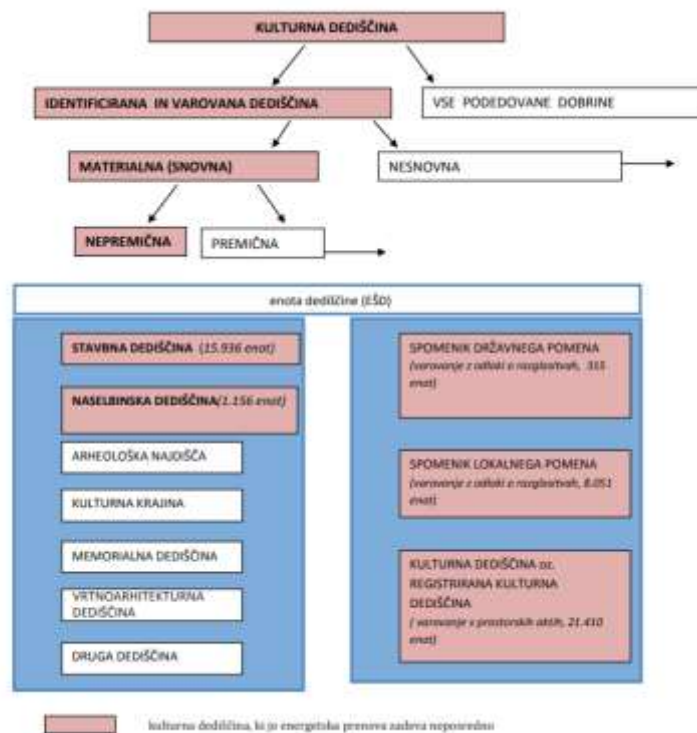
Splošni varstveni režim za naselbinsko dediščino predpisuje ohranjanje naslednjih značilnosti naselja ali njegovega dela:

- naselbinske zasnove (parcelacija, komunikacijska mreža, razporeditev odprtih prostorov naselja);
- odnosov med posameznimi stavbami ter odnosa med stavbami in odprtim prostorom (lega, gostota objektov, razmerje med pozidanim in nepozidanim prostorom, gradbene linije, značilne funkcionalne celote);
- prostorsko pomembnejših naravnih prvin znotraj naselja (drevesa, vodotoki itd.);
- prepoznavne lege v prostoru oziroma krajini (glede na reliefne značilnosti, poti itd.);
- naravnih in drugih meja rasti ter robov naselja;
- podobe naselja v prostoru (stavbne mase, gabariti, oblike strešin, kritina);
- odnosov med naseljem in okolico (vedute na naselje in pogledi iz njega);
- stavbnega tkiva (prevladujoč stavbni tip, javna oprema, ulične fasade itd.).

Gradacija oz. klasifikacija dediščine v Sloveniji glede na stopnjo zaščite:

- kulturna dediščina, ki se varuje z inštrumenti prostorskega načrtovanja;
- kulturni spomeniki lokalnega pomena in
- kulturni spomeniki državnega pomena kot najstrožje varovana dediščina.

Do leta 1981 je v Sloveniji veljala enotna klasifikacija po avstrijsko-nemškem vzoru (spomenik kot edina kategorija) skladno s tezo, da je vsa dediščina enako pomembna in da je ni smiselno deliti na kategorije. V nadaljevanju je bila uvedena, a do danes še ne v popolnosti izpeljana podrobnejša kategorizacija. Po neuradnih informacijah z začetka leta 2019 (Ministrstvo za kulturo RS) je v pripravi nova kategorizacija oz. sprememba oblik varstvenega režima v Sloveniji, kar bo lahko pomembno vplivalo tudi na morebitne kvantitativne ocene dejanskega stanja in potencialov v energetskega smislu.



Slika 51: Kulturna dediščina v Sloveniji (vir: Smernice za energetske prenovne stavb kulturne dediščine)

2.2 Pregled podatkovnih virov

Register kulturne dediščine je osrednja zbirka podatkov o dediščini v Sloveniji, ki se vodi z namenom informacijske podpore izvajanju varstva dediščine, namenjen pa je tudi predstavljanju, raziskovanju, vzgoji, izobraževanju in razvijanju zavesti javnosti o dediščini (Spletni pregledovalnik registra kulturne dediščine, <https://gisportal.gov.si/rkd>). Register sestavljajo register nepremične kulturne dediščine (v razvoju od l. 1991), register nesnovne kulturne dediščine in register premične kulturne dediščine.

Za področje energetske prenovne je aktualen register nepremične kulturne dediščine. V register se vpisuje vsa dediščina po zvrsteh ne glede na pravni ali lastniški status ter obseg. Ob vpisu dobi vsaka enota svojo evidenčno številko dediščine (EŠD) in poenoten opis, ki vsebuje zgolj osnovne podatke o dediščini. Vpis v register tudi ne pomeni določitve varstvenega režima enoti dediščine. Varstveni režimi se določi bodisi z razglasitvijo za kulturni spomenik, določitvijo varstvenega območja dediščine ali varovanjem dediščine v prostorskih aktih.

Iz navedenega sledi, da lahko z uporabo registra za posamezno stavbo sicer ugotovimo, ali sodi med nepremično kulturno dediščino, ni pa o njej na voljo podrobnejših podatkov kot so npr. površina posameznih delov ovoja, kondicionirana površina, popis varovanih elementov ali celo seznam dopustnih posegov pri prenovi. Kot je bilo zgoraj večkrat poudarjeno, se tovrstni podatki pridobijo na pristojni območni enoti ZVKDS za vsako posamezno stavbo ob vlogi za izdajo kulturnovarstvenih pogojev pred oz. ob načrtovanju ukrepov (energetske) prenovne. Delno in na podlagi izkušenj ter tematskega znanja lahko sicer iz opisov arhitekturnih in

umetnostnozgodovinskih posebnosti stavbe sklepamo o tem, kateri ukrepi najverjetneje ne bodo dovoljeni zaradi ohranjanja varovanih vrednot in značilnosti stavbe, a to ne zadošča kot osnova za podrobnejše celovite ocene tega stavbnega fonda.

Konkretnije: iz registra kulturne dediščine lahko recimo povzamemo podatke o številu enot posamezne kategorije stavbne dediščine (npr. po statusu, obdobjih ali tipologiji), vendar ti ne zadoščajo za izdelavo ocene dejanskega (energetskega) stanja in pripravo projekcij učinkov ob izvedbi ukrepov prenove.

Opomba: Natančna napoved gibanja številčnega stanja stavbne dediščine v naslednjih letih ni možna. Predvidevamo lahko le, da bistvenih sprememb, ki bi drastično spremenile trenutno stanje, ne bo. Ob tem sicer zaenkrat ostaja neznanka vpliv že omenjene napovedane spremembe klasifikacije dediščine. Dejstvo je, da prihaja do novih vpisov v register kulturne dediščine, a da hkrati posameznih enot, ki so kakorkoli izgubile dediščinske lastnosti, v prostoru ne varujemo več, čeprav ostanejo evidentirane v okviru dokumentarnega oz. arhivskega varstva.

Stanje v registru kulturne dediščine v aprilu 2019 prikazujejo spodnje tabele.

Preglednica 54: Število enot nepremične dediščine⁷⁵

Nepremična dediščina	Registrirana dediščina	Kulturni spomenik drž. pomena	Kulturni spomenik lok. pomena	Skupaj
Arheološka najdišča	2.476	31	1.050	3.557
Stavbe	10.318	149	4.953	15.420
Parki in vrtovi	105	33	65	203
Stavbe s parki ali z vrtovi	37	16	68	121
Spominski objekti in kraji	6.186	65	1.576	7.827
Drugi objekti in naprave	618	23	166	807
Naselja in njihovi deli	917	7	212	1.136
Kulturna krajina	273	9	27	309
Ostalo	1	0	6	7
Skupaj	20.931	333	8.123	29.387

Preglednica 55: Število enot stavbne dediščine po statusu⁷⁵

Status	Število
Spomenik državnega pomena	165
Spomenik lokalnega pomena	5021
Registrirana dediščina	10.355
Arhivsko varstvo	665
Skupaj	16.206

⁷⁵ Kovačec Naglič, K., Pečnik, D., *Okvir varstva stavbne kulturne dediščine in podatkovni viri*, delavnica LIFE Podnebna pot 2050: Možnosti za energetska prenova stavb kulturne dediščine v obdobjih do leta 2030 in do 2050, Ljubljana, 19. april 2019.

Preglednica 56: Število enot stavbne dediščine po obdobjih⁷⁵

Obdobje	Registrirana dediščina	Kulturni spomenik drž. pomena	Kulturni spomenik lok. pomena	Skupaj	Dokumentarno (arhivsko) varstvo
Kovinske dobe	0	1	2	3	0
Rimska doba	8	1	30	39	0
Srednji vek (600–1000)	0	1	22	23	0
Srednji vek (1000–1500)	346	57	1.033	1.436	6
16. In 17. Stoletje	647	21	1.102	1.770	26
18. Stoletje	1.325	19	739	2.083	89
19. Stoletje	6.079	26	1.661	7.766	467
20. Stoletje	1.933	35	413	2.381	76
Ni podatka	17	4	19	40	1
Skupaj	10.355	165	5.021	15.541	665

Preglednica 57: Tipologija stavbne dediščine v registru – število enot^{75, 76}

Tipološko geslo	Registrirana dediščina	Kulturni spomenik drž. pomena	Kulturni spomenik lok. pomena	Skupaj	Dokumentarno (arhivsko) varstvo
Hiša	1795	1	334	2130	83
Podružnična cerkev	586	14	895	1495	5
Domačija	1171	11	247	1429	29
Meščanska hiša	361	0	676	1037	8
Toplar	664	4	105	773	18
Župnijska cerkev	232	11	491	734	4
Vila	512	5	100	617	12
Trška hiša	489	0	108	597	13
Kmečka hiša	395	0	197	592	111
Kašča	391	2	123	516	22
Gospodarsko poslopje	327	2	59	388	28
Gručasta domačija	220	0	77	297	58
Šola	224	3	43	270	4
Kapela	166	1	75	242	4
Zidanica	155	0	67	222	9
Župnišče	149	0	55	204	3
Vrhkletna hiša	123	0	24	147	25
Vinska klet	94	0	46	140	25
Stegnjen dom	135	0	3	138	7
Dvorec	30	4	93	127	3
Mlin	90	1	35	126	4
Domačija na vogel	77	0	42	119	25
Meščanska palača	55	2	59	116	0
Grad	16	25	65	106	0

Iz zadnje preglednice lahko povzamemo, da je za energetske prenovi potencialno aktualnejših nekaj manj kot 6.000 stavb kulturne dediščine, kar je dober odstotek glede na število vseh stavb v Sloveniji.

⁷⁶ Osenčeno so prikazane enote stavbne dediščine, ki so potencialno aktualnejše za energetske prenovi, ki lahko morda vključuje tudi posege na stavbnem ovojju. Pri spomenikih lokalnega in državnega pomena privzamemo, da je verjetnost tovrstnih dovoljenih posegov zanemarljiva.

Prispevek tega dela stavbnega fonda k doseganju nacionalnih okoljskih ciljev bi bil tako tudi v primeru dovoljene maksimalno možne (tehnično in ekonomsko izvedljive in upravičene oz. primerljive z drugimi stavbami) energetske prenove majhen.

Upoštevati pa je treba še vsaj te ključne neznanke pri vsaki posamezni stavbi kulturne dediščine:

- lastniška struktura;
- površina ovoja, ki omejuje kondicionirano prostornino stavbe;
- kondicionirana površina stavbe;
- sedanja raba energije (količina energenta; izpusti) ;
- kulturnovarstveni pogoji (definirajo tudi dovoljene ukrepe energetske prenove – ovoj, sistemi; niso znani vnaprej; v določeni meri so rezultat individualne presoje pristojnega konservatorja – ni nujno, da za primerljive stavbe kulturne dediščine v različnih območnih enotah vedno veljajo enaki pogoji).

OPIS ENOTE NEPREMIČNE KULTURNE DEDIŠČINE®

IDENTIFIKACIJA ENOTE DEDIŠČINE

Evidenčna številka enote: 14056
 Ime enote: Paričjak - Domačija Paričjak 22



Fototeka OE Maribor, 1999, Srečko Stajnbaher

OPIS ENOTE DEDIŠČINE

Zvrst dediščine: stavbe
 Tip enote: profana stavbna dediščina
 Obseg enote: objekt
 Tipološka gesla enote: domačija na vogel
 Tekstualni opis enote: Domačija na vogel tvori pritična zidana hiša z gospodarskim delom, s tlorisom v obliki črke L. Na kamnitem vhodnem portalu je letnica 1841. Fasada stanovanjskega dela je bogato profilirana.
 Datacija enote: druga četrtina 19. stol., 1841
 Avtor(ji):
 Varstvene usmeritve: stavbe

LOKACIJA ENOTE DEDIŠČINE

Naselje: PARIČJAK
 Občina: RADENCI
 Lokacija: Paričjak 22. Domačija stoji ob križišču cest, severozahodno od cerkve sv. Marije Magdalene na Kapeli.

PRISTOJNOSTI

Območna enota: ZVRD Maribor

®Register kulturna dediščina

Slika 52: Primer vpisa v registru kulturne dediščine z opisom enote stavbne dediščine (vir: <http://giskd2s.situla.org/rkd/Opis.asp?Esd=14056>)

Zlasti omejitve, ki izhajajo iz kulturnovarstvenih pogojev in ki jih ne moremo kvantitativno ovrednotiti v smislu učinka na rezultate energetske prenove, še dodatno znižajo razpoložljivi potencial stavb kulturne dediščine na energetskem oz. okoljskem področju.

Po drugi strani je zaradi strukture stavbnega fonda v Sloveniji (za razliko od drugih držav EU) pomen energetske prenove stavb kulturne dediščine nedvoumen v okviru obveznosti za letno prenovo stavb v lasti in uporabi ožje vlade in tako je ta segment vključen v nacionalne strateške

dokumente. Vendar pa te problematike ne moremo neposredno prenesti na celoten fond stavb kulturne dediščine tako, da bi posebej zanj izdelali na konkretnih in zanesljivih podatkih utemeljene srednje- in dolgoročne projekcije.

2.3 Tehnologije za prenovo stavb kulturne dediščine

2.3.1 Pregled tehničnih in ekonomskih značilnosti sedanjih tehnologij

Pomembno dejstvo, ki ga izpostavljajo Smernice za energetske prenove stavb kulturne dediščine in ki nakazuje neprimernost oz. celo nezmožnost posploševanja zasnove, izvedbe in učinkov ukrepov energetske prenove stavb kulturne dediščine (posameznih ali v skupinah) in s tem podrobnega kvantitativnega ovrednotenja (predvidevanja) s tem povezanih srednje- in dolgoročnih potencialov na nacionalni ravni je, da gre pri zgoraj navedenem za (cit.) splošni varstveni režim, ki ga ni mogoče uporabiti na celotno stavbno ali naselbinsko dediščino, temveč je treba vsak poseg v nepremičnino posebej obravnavati v postopku kulturnovarstvenih pogojev in soglasij. Varstveni režim je namreč odvisen tudi od konkretne identifikacije varovanih vrednot na posameznem objektu ali območju ter njegovega gradbenotehničnega stanja. Varstveni režimi torej zagotavljajo podlago za vzpostavitev nadaljnjih ukrepov varstva, predvsem podrobne prepoznave in definicije vrednot materialne substance. Za točno določen poseg pa je treba pridobiti kulturnovarstvene pogoje in nato kulturnovarstveno soglasje za projektno dokumentacijo.

Smernice definirajo ključne elemente energetske prenove stavb kulturne dediščine takole:

- dobro poznavanje in razumevanje stavbe,
- iskanje nabora rešitev, s katerimi se kar najmanj posega v prvotne oziroma ovrednotene sestavine in se jih spreminja,
- izbira novih posegov, ki jih je mogoče brez poškodb na stavbi odstraniti in zamenjati z novimi,
- zavedanje, da na nekaterih stavbah ali njihovih delih zaradi njihove kakovosti in izjemnosti ter celovitosti ni mogoče izvesti nekaterih ukrepov.

Smernice temeljijo na dveh **ključnih načelih**:

1. Energetska prenova stavbe kulturne dediščine mora v skladu z načeli dobrega gospodarjenja vključevati tudi druge smiselne ukrepe za izboljšanje stanja stavbe (npr. statična prenova, protipožarna zaščita itd.). Pri prenovi stavb, in to ne zgolj stavb kulturne dediščine, je treba v skladu z načeli dobrega gospodarjenja izvajati tudi druge smiselne ukrepe za izboljšanje stanja stavb. V nasprotnem so mogoče poškodbe in posledično razvrednotenje pome - na stavb. Z nenadzorovanimi posegi lahko pride do uničenja tako arhitekturnih kot funkcionalnih lastnosti. V vsako prenovo je ob potrebnih ukrepih smiselno vključiti ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti. Celovita prenova odločilno prispeva k ohranjanju stavbe in njenih dediščinskih lastnosti, zahteva pa sodelovanje in usklajeno delovanje različnih strokovnjakov in usposobljenih izvajalcev. Prenova zahteva ozaveščenost in

sodelovanje lastnikov in uporabnikov stavb, ti pa s svojim delovanjem ključno prispevajo k učinkovitosti izvedenih ukrepov in ohranjanju kakovosti stavb.






2. Energetska prenova stavbe kulturne dediščine mora iskati ustrezno ravnovesje med ohranjanjem varovanih vrednot in energetske učinkovitostjo stavbe.

Osnovno vodilo varstva kulturne dediščine je ohranjanje varovanih vrednot, ki jih sodobni tehnični prijemi lahko ogrozijo. Vendar ima večina stavb vsaj nekaj delov, ki nimajo dediščinskih vrednot, in na njih je mogoča tudi prenova ali zamenjava posameznih delov. Gre torej za postopek, pri katerem se deli stavb in elementi, ki nimajo dediščinskih lastnosti, obnovijo s tehnološkimi rešitvami z visoko stopnjo energetske učinkovitosti, medtem ko je za stavbne dele ali prvine z dediščinsko vrednostjo dopustno izboljševanje energetske učinkovitosti le do mere, ki je s konservatorskega stališča še sprejemljiva. Tak pristop temelji na prenovi posameznih stavbnih delov in ne na energetske prenovi stavbe kot celote, saj le tako lahko dosežemo energetske prenovi ob sočasem ohranjanju kulturne dediščine. Cilj energetske prenove kulturne dediščine je razumno izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe.

Osnovna vodila energetske prenove stavb kulturne dediščine pa so:












- prenova ima prednost pred zamenjavo;
- ohranjanje originalne substance ima prednost pred uporabo novih gradiv;
- zagotovljeni morata biti koherentnost in kompatibilnost materialov (staro-novo).
- ukrepi morajo biti po možnosti reverzibilni.

Smernice za energetske prenovi stavb kulturne dediščine uvajajo kvalitativno vrednotenje sprejemljivosti vplivov posegov med (energetske) prenovi stavb kulturne dediščine. Ukrepov za energetske prenovi stavb kulturne dediščine ne vrednotimo primarno po doseženih energijskih kazalnikih, ampak po obsegu njihovega vpliva na varovane elemente in na stavbo kot celoto. Načeloma imajo vedno prednost tisti ukrepi, ki predstavljajo najmanjši možni poseg v substancno in pojavnost objekta kulturne dediščine. Energetske prenovi stavbe kulturne dediščine mora zato iskati ustrezno ravnovesje med ohranjanjem varovanih vrednot in energetske učinkovitostjo.












	Sprejemljiv vpliv (manjši poseg v substanco in pojavnost)
	Majhen vpliv
	Delno sprejemljiv vpliv (delno škodljiv poseg v substanco in pojavnost)
	Velik vpliv
	Nesprejemljiv vpliv (bistveno škodljiv poseg v substanco in pojavnost)

Slika 53: Lestvica, ki prikazuje stopnjo vpliva posameznega ukrepa na stavbo kulturne dediščine kot celoto in na določeno varovano prvino (Vir: Smernice za energetska prenova stavb kulturne dediščine)





A_ UKREPI NA STAVBNEM OVOJU

A1 zunanje stene	Toplotna zaščita zunanjih sten z zunanje strani	
	Toplotna zaščita zunanjih sten z notranje strani	
A2 Strop in tla	Toplotna zaščita stropa proti neogrevanemu podstrešju	
	- zaščita na tleh podstrehe	
	- zaščita stropa proti neogrevanemu podstrešju	
	Toplotna zaščita nad neogrevanim prostorom	
	- toplotna izolacija na hladni (spodnji) strani	
	- toplotna izolacija na topli (zgornji) strani	
	Toplotna zaščita tal na terenu	
A3 Strehe	Toplotna zaščita strehe	
A4 Okna in vrata	Obnova oken ali steklenih sten	
	Nadgradnja ali zamenjava zasteklitve	
	Zamenjava oken	
	Obnova vrat	
	Zamenjava vrat	
A5 zrakotesnosti	Tesnjenje ovoja stavbe	





B_ UKREPI ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI SISTEMOV ZA KLIMATIZACIJO, GRETJE IN HLAJENJE (KGH)

	Vgradnja ali zamenjava centralnih sistemov ogrevanja	
	Centralna in lokalna regulacija ogrevanja prostorov	
	Hidravlično uravnoteženje sistema ogrevanja	
	Centralni sistem prezračevanja	
	Prezračevanje z lokalnimi napravami	
	Zamenjava starejših kurilnih naprav	
	Temperiranje	
	Sevalni (infrardeči) grelni paneli	
	Priklop na daljinsko ogrevanje	
	Toplotna zaščita razvoda v nekondicioniranih prostorih	
	Centralni nadzorni sistem za upravljanje stavb	

C_ UKREPI ZA POVEČANJE IZRABE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

	Izkoriščanje toplote iz okolice	
	Ogrevanje na biomaso	
	Vgradnja sprejemnikov sončne energije za pripravo tople vode	
	Vgradnja fotonapetostnih celic	

D_ ORGANIZACIJSKI UKREPI

	Organizacijski ukrepi pri ogrevanju prostorov	
	Organizacijski ukrepi pri pripravi sanitarne tople vode	
	Uravnavanje in redno vzdrževanje razsvetljave	
	Energetsko knjigovodstvo	

Slika 54: Razvrstitev ukrepov (A) URE na stavbnem ovoju, (B) URE na sistemih za klimatizacijo, gretje in hlajenje, (C) za povečanje OVE in (D) organizacijskih ukrepov energetske preнове glede najverjetnejše oz. povprečne stopnje sprejemljivosti pri prenovi stavb kulturne dediščine (Vir: Smernice za energetska prenova stavb kulturne dediščine)

Po gradbeni zakonodaji je večina energetskih ukrepov opredeljenih kot vzdrževalna dela, za katera ni treba pridobiti gradbenega dovoljenja. ZVKD-1 posebej ne določa pravnega okvira za vzdrževanje kulturne dediščine, razen v primerih, kadar vzdrževanje pomeni dela, ki spreminjajo

videz, strukturo, notranja razmerja in uporabo dediščine. Taka vzdrževalna dela se štejejo za poseg v dediščino, zato morajo potekati tako, da se z njimi ne ogrozi varovanih vrednot dediščine.

Čeprav za to vrsto del ni treba pridobiti gradbenega dovoljenja, pa je za vsak poseg v dediščino treba pridobiti kulturnovarstvene pogoje in soglasje, če se z njimi spreminja videz, strukturo, notranja razmerja in uporabo dediščine.

2.3.2 Potencialni prihranki energije, zmanjšanje emisij TGP in povečanje izkoriščanja OVE

Že informiranje in ozaveščanje uporabnikov o ustreznih načinih uporabe stavbe in njenih sistemov (organizacijski ukrepi), torej prilagoditev obnašanja in delovanja uporabnikov, lahko prinese določene prihranke pri rabi energije.

Po drugi strani je prav po prenovi starejših stavb pogosto nujno dodatno prilagoditi vzorec uporabe stavbe, ker se pomembno spremenijo njene lastnosti (značilen primer: izboljšana zrakotesnost stavbe in potreba po spremenjenem režimu ali načinu prezračevanja).

Pri (celoviti) energetski prenovi stavbe kulturne dediščine lahko praviloma računamo z nekoliko slabšimi energijskimi kazalniki in manjšim deležem rabe OVE kot pri običajni stavbi.

Na razliko med načrtovanim in dejanskim učinkom prenove (torej: rezultati so slabši od pričakovanih) pa lahko pomembno vpliva tudi t.i. povratni učinek: zaradi nižjih obratovalnih stroškov uporabniki zvišajo notranjo temperaturo ali ogrevajo več prostorov, poraba tople vode naraste v primeru uporabe sprejemnikov sončne energije („brezplačna energija“), uporabniki ne razumejo delovanja naprednih strojnih in nadzornih sistemov ipd.

Poti do cilja so v osnovi povsem podobne kot pri stavbah, za katere ne velja poseben varstveni režim:

1. **Predhodne raziskave** za opredelitev dejanskega stanja vključno z (razširjenim) energetskim pregledom. Slednji v tej fazi služi za ugotovitev prednosti in slabosti stavbe in njenih sistemov. Vključuje lahko anketiranje uporabnikov in meritve parametrov notranjega okolja. V nadaljevanju nam pomaga pri oblikovanju računskega modela.
2. Zbiranje **podatkov o rabi energije in stroških** zanjo (pomemben vhodni podatek, kadar se namembnost stavbe ali število uporabnikov po prenovi bistveno ne spremeni; **pozor**: podatke je treba smiselno povezati z režimom uporabe stavbe).
3. **Določitev ciljev** (energija, vplivi na okolje, stroški, bivalno in delovno ugodje ipd.).
4. Izdelava **računskega modela** z upoštevanjem specifičnosti stavbe (zlasti pri nestanovanjskih in ne-pisarniških stavbah).
5. Identifikacija možnih ukrepov, **skladnih s predhodno pridobljenimi robnimi pogoji varstva kulturne dediščine**, preverjanje njihovih medsebojnih vplivov, ocena okoljskih učinkov in ekonomskih parametrov, **oblikovanje končnega nabora ukrepov** in načina njihove dokumentacije.

Izboljšanje energijskih kazalnikov samo po sebi ni nujno vedno primarni cilj energetske prenove stavbe. Pogosto je še pomembnejše **izboljšanje bivalnega in delovnega ugodja**, pri čemer pa je treba upoštevati tudi **ciljne mikroklimatske parametre** za posamezen tip stavbe (primer: razlika med pisarniško stavbo in umetnostno galerijo).

Sam obstoj sheme sofinanciranja energetske prenove ne bi smel biti edini in zadosten razlog za tovrstno operacijo. Šele predhodne analize in drugi postopki so osnova za realno oceno smiselnosti in načrtovanje ukrepov URE in OVE.

Ti ukrepi sledijo logiki npr. iz energetske izkaznice (ki za stavbe kulturne dediščine sicer ni obvezna) ali tematskih nacionalnih smernic:

- izboljšanje lastnosti stavbnega ovoja;
- nadgradnja ali zamenjava strojnih in elektro elementov;
- uvajanje rabe OVE; zamenjava energenta s poudarkom na OVE;
- organizacijski ukrepi kot npr. uvedba sistema spremljanja in nadzora nad rabo energije.

Ne glede na to, da zaradi omejitev varstvenega režima morda ne moremo izvesti celovite energetske prenove (tj. vseh tehnično in stroškovno primernih ukrepov URE in OVE) oz. doseženi energijski kazalniki zato niso tako ugodni („dobri“) kot pri „običajnih“ stavbah, so učinki strokovno korektno načrtovane in izvedene energetske prenove pozitivni.

Ti učinki so večplastni; najpomembnejši so:

- znižanje rabe energije;
- zmanjšanje obremenitve okolja;
- izboljšanje bivalnega in delovnega ugodja;
- znižanje obratovalnih in vzdrževalnih stroškov.

Energetska prenova pa prav tako prispeva k ohranjanju (varovanega) stavbnega tkiva in posameznih elementov ter podaljšanju njihove življenjske dobe – izboljšana zaščita pred vlago, reševanje toplotnih mostov (konstrukcijskih in konvekcijskih), višje notranje površinske temperature, zmanjšana nevarnost razvoja plesni ipd. Tu se kaže jasna navezava na uvedne štiri vidike trajnostnega upravljanja stavb kulturne dediščine).

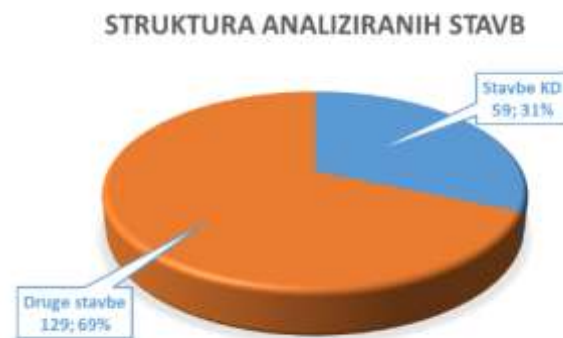
2.3.3 Analiza prihrankov

2.3.3.1 Izhodišča

Analiza potencialnih prihrankov energije je bila izdelana na osnovi podatkov iz prijavljenih projektov energetske prenove javnih stavb kulturne dediščine iz prve skupine prijav na javni razpis za sofinanciranje energetske prenove stavb v lasti in rabi občin (JOB_2016) iz *Operativnega programa za izvajanje Evropske kohezijske politike za obdobje 2014–2020*⁷⁷.

⁷⁷ Operacija se uvršča v prednostno os 4: *Trajnostna raba in proizvodnja energije in pametna omrežja*, tematski cilj 4: *Podpora prehodu na nizkoogljično gospodarstvo v vseh sektorjih*, prednostno naložbo 4.1: *Spodbujanje energetske učinkovitosti, pametnega upravljanja z energijo in uporabe obnovljivih virov energije v javni infrastrukturi, vključno z javnimi stavbami, in stanovanjskem sektorju* in specifični cilj 1: *Povečanje učinkovitosti*

Analiziranih je bilo 188 stavb od tega 31 stavb kulturne dediščine, in 69 % drugih stavb. V tabelah je prikazana struktura stavb v analizi glede na kategorije stavb po enotni klasifikacija vrst objektov (CC-SI) za stavbe kulturne dediščine (Preglednica 58) in ostale stavbe (Preglednica 59). Med stavbami kulturne dediščine je bilo največ drugih stavb 33,9 %, sledijo stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo s 18,64 % in stavbe javne uprave 18,64 %. Med analizirani stavbami, ki niso stavbe KD, je bilo največ 58,14 % stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo, sledijo stavbe za zdravstvo in stavbe javne uprave s po 8,53 %.

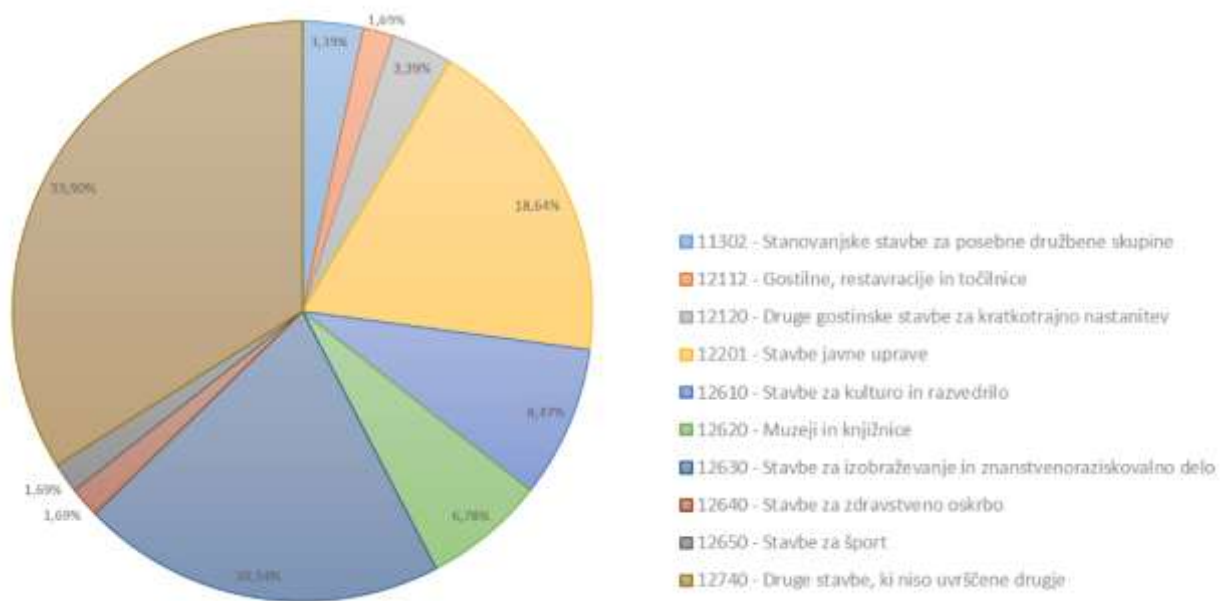


Slika 55: Struktura analiziranih stavb iz prve skupine prijav na javni razpis za sofinanciranje energetske prenove stavb v lasti in rabi občin (JOB_2016)

Preglednica 58: Kategorizacija stavb kulturne dediščine v analizi glede na CC-SI

Vrsta stavbe šifra po CCSI	Opis stavbe po CCSI	Število stavb	Delež
11302	Stanovanjske stavbe za posebne družbene skupine (domovi za starejše osebe, študentski in dijaški domovi, internati,...)	2	3,39%
12112	Gostilne, restavracije in točilnice	1	1,69%
12120	Druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev	2	3,39%
12201	Stavbe javne uprave	11	18,64%
12610	Stavbe za kulturo in razvedrilo	5	8,47%
12620	Muzeji in knjižnice	4	6,78%
12630	Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	12	20,34%
12640	Stavbe za zdravstveno oskrbo	1	1,69%
12650	Stavbe za šport	1	1,69%
12740	Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje (prevzgojni domovi, zapori, vojašnice, stavbe za nastanitev policistov, gasilski domovi, stavbe za nastanitev sil za zaščito, reševanje in pomoč)	20	33,90%
	Stavbe kulturne dediščine	59	100%

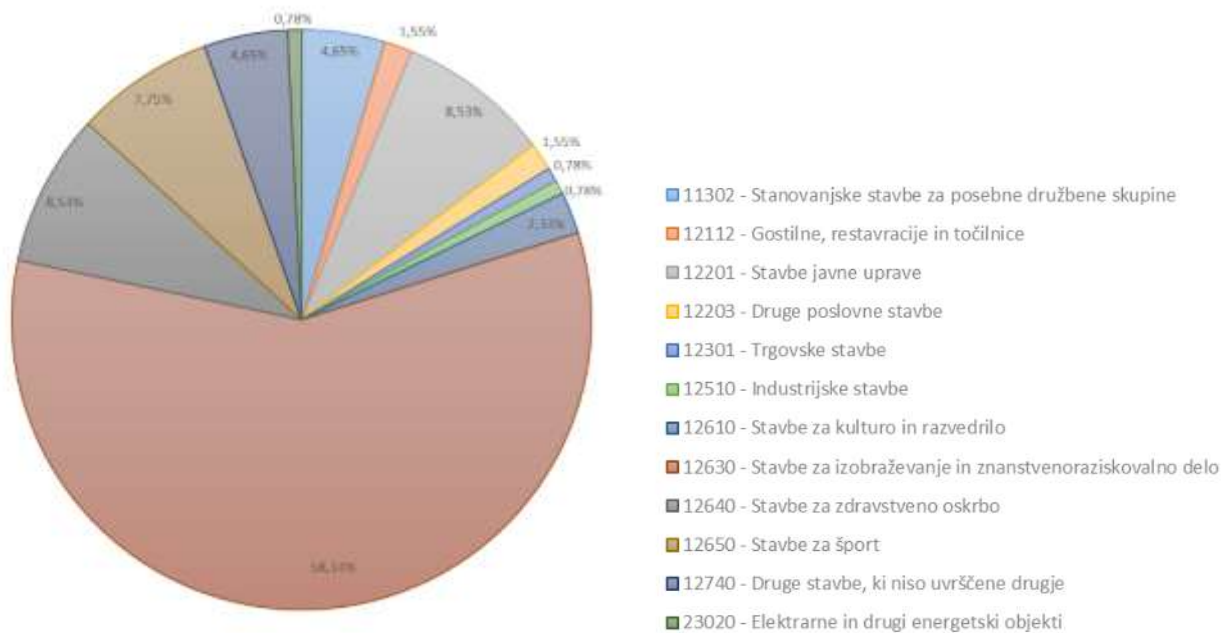
rabe energije v javnem sektorju, Predmet sofinanciranja: operacije celovite energetske prenove stavb v (so)lasti in rabi občin.



Slika 56: Deleži analiziranih stavb kulturne dediščine glede na klasifikacijo CC-SI

Preglednica 59: Kategorizacija ostalih stavb v analizi glede na glede na CC-SI

Vrsta stavbe šifra po CCSI	Opis stavbe po CCSI	Število stavb	Delež
11302	Stanovanjske stavbe za posebne družbene skupine (domovi za starejše osebe, študentski in dijaški domovi, internati,...)	6	4,65%
12112	Gostilne, restavracije in točilnice	2	1,55%
12201	Stavbe javne uprave	11	8,53%
12203	Druge poslovne stavbe	2	1,55%
12301	Trgovske stavbe	1	0,78%
12510	Industrijske stavbe	1	0,78%
12610	Stavbe za kulturo in razvedrilo	3	2,33%
12630	Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	75	58,14%
12640	Stavbe za zdravstveno oskrbo	11	8,53%
12650	Stavbe za šport	10	7,75%
12740	Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje (prevzgojni domovi, zapori, vojašnice, stavbe za nastanitev policistov, gasilski domovi, stavbe za nastanitev sil za zaščito, reševanje in pomoč)	6	4,65%
23020	Elektrarne in drugi energetski objekti	1	0,78%



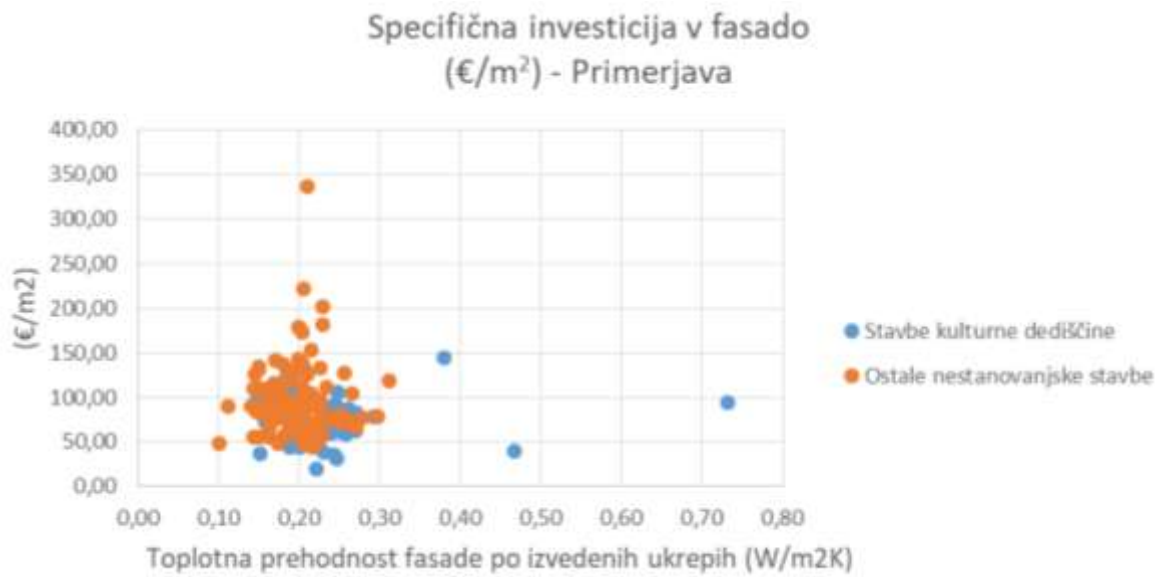
Slika 57: Deleži ostalih analiziranih stavb glede na klasifikacijo CC-SI

2.3.3.2 Analiza specifičnih investicij in njihovih učinkov

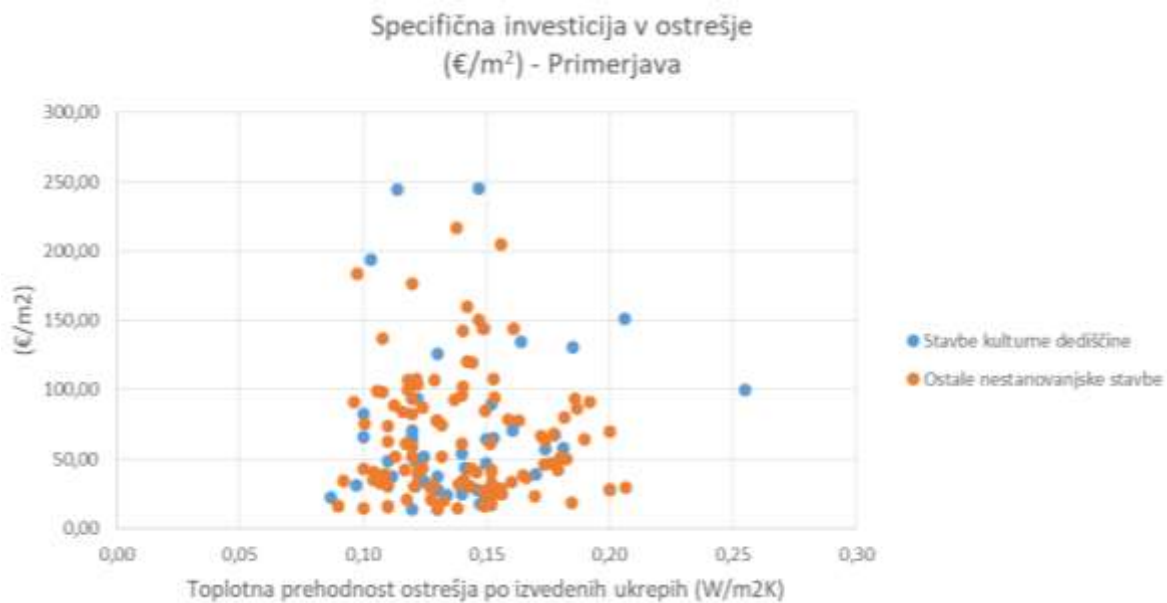
Analizirali in primerjali smo specifične investicije in pa energetske karakteristike stavb prenovi za obe kategoriji stavb. Izračuni so prikazani v preglednici (Preglednica 60) in na slikah (Slika 58; Slika 59; Slika 60).

Preglednica 60: Primerjava investicije v ukrepe energetske prenove med stavbami kulturne dediščine in ostalimi stavbami

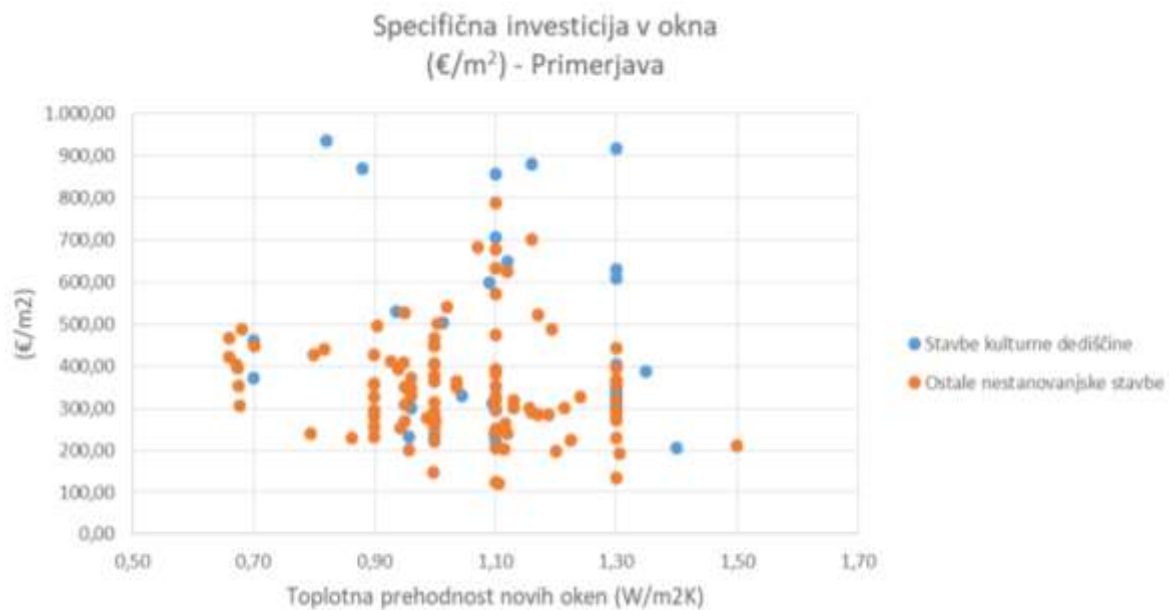
	Število analiziranih stavb	Specifična investicija v fasado (povprečje stavb) EUR/m ²	Toplotna prehodnost fasade po prenovi (povprečje stavb) [W/m ² K]
Energetska prenova fasade			
Stavbe kulturne dediščine	46	71,37	0,25
Druge stavbe	123	93,86	0,20
Energetska prenova ostrešja			
Stavbe kulturne dediščine	51	64,33	0,14
Druge stavbe	108	66,14	0,14
Energetska prenova oken			
Stavbe kulturne dediščine	54	412,01	1,19
Druge stavbe	108	349,98	1,04



Slika 58: Primerjava med stavbami stavbe kulturne dediščine in drugimi stavbami glede specifične investicije v prenavo fasade in doseženih energetskih učinkov po izvedbi ukrepov



Slika 59: Primerjava med stavbami stavbe kulturne dediščine in drugimi stavbami glede specifične investicije v prenavo ostrešja in doseženih energetskih učinkov po izvedbi ukrepov



Slika 60: Primerjava med stavbami stavbe kulturne dediščine in drugimi stavbami glede specifične investicije v prenovo oken in doseženih energetskih učinkov po izvedbi ukrepov

Ugotovitve:

- stavbe kulturne dediščine dosegajo po prenovi v povprečju višjo (**slabšo**) toplotno prehodnost zunanjih sten kot druge stavbe;
- cena energetske prenove fasad pri stavbah kulturne dediščine je nižja** od cene pri drugih stavbah (nižja končna toplotna prehodnost zunanjih sten, manj kompleksni fasadni sistemi);
- primerjava stavb kulturne dediščine in drugih stavb ni pokazala pomembnega odstopanja tako v cenah investicije kot v doseženi toplotni prehodnosti **prenovljene strehe**.
- analiza investicije v okna je pokazala bistveno razliko v ceni. **Nova okna, vgrajena v stavbah kulturne dediščine, so praviloma dražja, imajo pa tudi nekoliko slabše toplotne karakteristike** v primerjavi z okni v drugih stavbah.

2.3.3.3 Analiza rabe energije, prihrankov energije in sistemov OVE

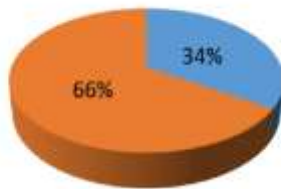
Preglednica 61: Raba končne energije, prihranki končne energije in proizvodnja energije iz OVE po prenovi (načrtovano)

Raba končne energije	Prenovljena kondicionirana površina [m ²]	Skupaj raba končne energije [kWh/a]	Specifična raba končne energije [kWh/m ² a]	Primerjava specifičnih vrednosti
Stavbe kulturne dediščine	127.249,70	15.317.098,83	120,37	100%
Druge stavbe	245.963,40	27.309.127,84	111,03	92%
Prihranek končne energije		Skupaj prihranek raba končne energije [kWh/a]	Specifični prihranek končne energije [kWh/m ² a]	
Stavbe kulturne dediščine	127.249,70	6.767.654,99	53,18	100%

Raba končne energije	Prenovljena kondicionirana površina [m ²]	Skupaj raba končne energije [kWh/a]	Specifična raba končne energije [kWh/m ² a]	Primerjava specifičnih vrednosti
Druge stavbe	245.963,40	18.064.569,93	73,44	128%
Proizvodnja energije iz OVE		Skupaj proizvodnja energije iz OVE [kWh/a]	Specifična proizvodnja energije iz OVE [kWh/m ² a]	
Stavbe kulturne dediščine	127.249,70	2.519.442,70	19,80	100%
Druge stavbe	245.963,40	6.995.179,43	28,44	132%

Skupna prenovljena kondicionirana površina

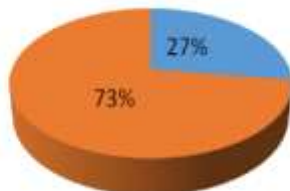
■ STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE ■ DRUGE STAVBE



Slika 61: Odstotna primerjava skupne prenovljene kondicionirane površine za celoten nabor stavb

Skupni prihranek končne energije

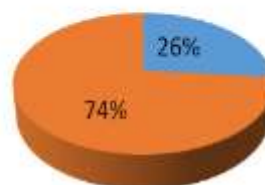
■ STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE ■ DRUGE STAVBE



(a)

Skupna energija iz OVE

■ STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE ■ DRUGE STAVBE

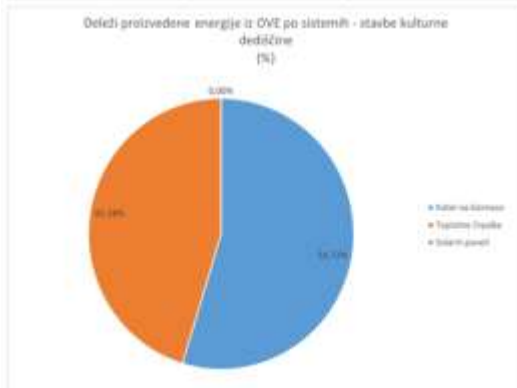


(b)

Slika 62: Odstotna primerjava (a) skupnega prihranka končne energije in (b) skupne energije iz OVE za celoten nabor stavb:

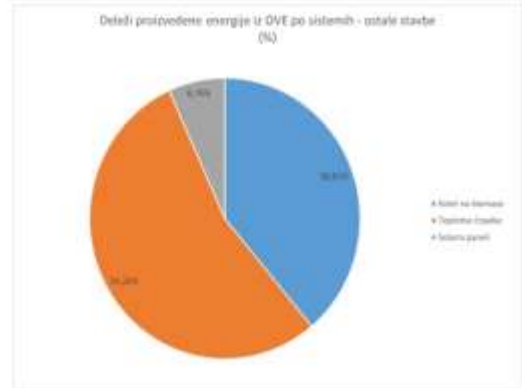
STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE

Vgrajeni sistemi za pridobivanje energije iz OVE	Proizvedena energija iz OVE po sistemih (kWh/a)	Delež proizvedene energije iz OVE po sistemih (%)
Kotel na biomaso	1.378.584,70	54,72
Toplotne črpalke	1.140.858,00	45,28
Solarni paneli	0	0

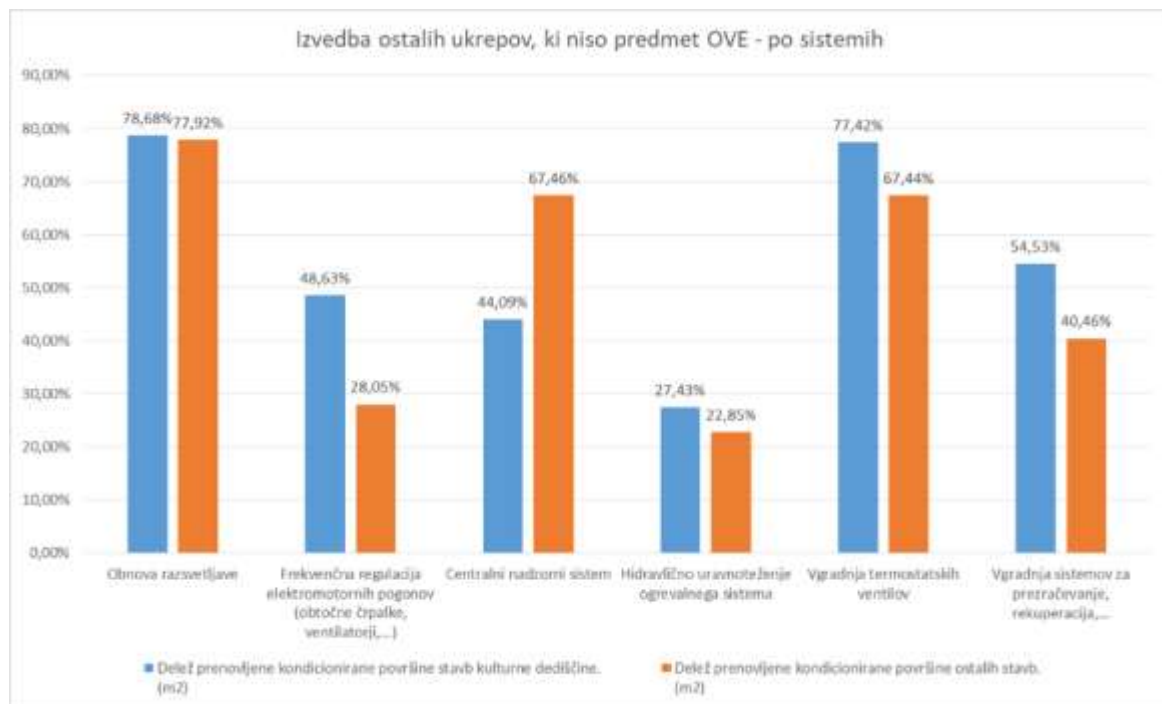


DRUGE STAVBE

Vgrajeni sistemi za pridobivanje energije iz OVE	Proizvedena energija iz OVE po sistemih (kWh/a)	Delež proizvedene energije iz OVE po sistemih (%)
Kotel na biomaso	2.721.980,12	38,91
Toplotne črpalke	3.800.014,31	54,32
Solarni paneli	473.185,00	6,76



Slika 63: Primerjava načrtovanih sistemov OVE v stavbah kulturne dediščine in ostalih stavbah.



Slika 64: Drugi načrtovani sistemi v stavbah (v deležih prenovljene kondicionirane površine)

2.3.3.4 Ugotovitve in diskusija rezultatov

- Analiza prve skupine stavb, prijavljenih na razpis, je pokazala, da pogosto pavšalno mnenje, da "pri stavbah kulturne dediščine posegi (ukrepi) za povečanje energetske učinkovitosti tako ali tako niso dovoljeni", ne drži.

- Iz dostopnih podatkov pa ne moremo sklepati, kolikšen je dejanski delež (občinskih javnih) stavb kulturne dediščine, kjer bi bili taki posegi dovoljeni, in v kakšnem obsegu.
- Ni znano, po kakšnem ključu so bile izbrane stavbe v posamezni občini, in kolikšno je število preostalih občinskih javnih stavb (tako vseh kot stavb kulturne dediščine).
- S precejšno verjetnostjo se da sklepati, da so bile za posamezne stavbe kulturne dediščine pridobljene predhodne informacije o možnostih posegov za URE in OVE (npr.: kulturnovarstvene usmeritve ali že tudi kulturnovarstveni pogoji).
- Ni podatka, koliko stavb kulturne dediščine je bilo na podlagi tega (zaradi obširnih omejitev posegov) morda izločenih iz načrtov za prijavo na razpis.
- Prijavljene stavbe kulturne dediščine so izkazovale razmeroma dobre načrtovane karakteristike toplotnega ovoja; zelo so se približale minimalnim zahtevam predpisa PURES 2.
- Sklepamo lahko, da je bil razlog za nižjo specifično investicijo pri fasadi in višjo pri stavbnem pohištvi v tehničnih razlogih, povezanih z robnimi pogoji varstva kulturne dediščine.
- Specifični prihranek končne energije po izvedbi ukrepov je bil pri stavbah kulturne dediščine pričakovano nižji kot pri drugih stavbah, a je razlika znašala manj kot eno četrtno.
- Pri stavbah kulturne dediščine raba sončne energije pričakovano ni bila med načrtovanimi ukrepi (čeprav ta možnost sicer ni absolutno izključena), vendar obnovljivi viri energije tudi v tem delu stavbnega fonda lahko najdejo svoje mesto (menjava obstoječega energenta z OVE).
- Glede na obravnavani nabor stavb so stavbe kulturne dediščine po številu obsegale 31 %, po kondicionirani površini pa 34 % celote.
- Ta, približno tretjinski delež stavb, je k skupnemu načrtovanemu rezultatu prispeval 27 % prihranka končne energije in 26 % energije iz OVE.
- Logično predvidevamo, da so bile za prijavo na razpis izbrane tiste stavbe kulturne dediščine, ki so imele večji potencial v smislu dovoljenih posegov za URE in OVE
- Navedenih rezultatov zato ne moremo kar posplošiti na celoten fond stavbne dediščine.
- Omejitev možnosti posploševanja vsekakor izhaja tudi iz "individualnosti" ocene kulturnega pomena posamezne stavbe in z njo povezane kategorizacije ter kulturnovarstvenih pogojev.
- Posebna opomba: Obdelani so bili vhodni podatki, kot smo jih prejeli v analizo; njihove pravilnosti ni bilo mogoče preveriti.

2.3.4 Tehnologije v razvoju in njihove perspektive

Kot pri drugih stavbah različnih starosti in načinov gradnje tudi za stavbe kulturne dediščine velja, da imajo lahko napovedane in dejanske podnebne spremembe vpliv na bivalno ugodje in energetska učinkovitost: pri stavbah kulturne dediščine je pomemben še potencialen vpliv teh sprememb na možnosti ohranjanja njihovih varovanih vrednot.

Najpomembnejše možne težave so (povzeto po: Hao, L., Herrera, D., in Troi, A., The effect of climate change on the future performance of retrofitted historic buildings; Conference Report The 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings; ur. Broström, T., Nilsen, L. in Carlsten, S., Uppsala University, Department of Art History, 2018):

- nepravilni pristopi povečajo nevarnost pregrevanja (predvidena višja frekvenca vročinskih valov; zmanjšana toplotna akumulativnost in zmanjšana možnost pasivnega nočnega hlajenja zaradi neustreznih ukrepov);
- nepravilni pristopi povečajo nevarnost prekomerne vsebnosti vlage v konstrukcijah in gradbenih proizvodih (predvidene intenzivnejše padavine v kombinaciji z močnejšim vetrom; obstoječi materiali ne opravljajo več enakovredno svoje funkcije zaščite pred vlago, neustrezni novi materiali negativno vplivajo na higrotermalne lastnosti konstrukcij);
- mikroklimatske razmere v stavbah kulturne dediščine so približno linearno odvisne od zunanjih klimatskih oz. vremenskih razmer; to razmerje se lahko spremeni po izvedenih ukrepih za (energetsko) prenavo, a tudi zgolj zaradi spremembe načina uporabe stavbe.

Morebiten poseben režim varovanja za določeno stavbo razen v redkih izjemah ne pomeni, da je bila ta grajena na bistveno drugačen način kot druge stavbe, da so bili uporabljeni unikatni gradbeni materiali in proizvodi, da so za njeno delovanje potrebni posebni energenti ali da ima v splošnem pomembno drugačne energetske lastnosti kot primerljive stavbe iz istih obdobj.

Pri analiziranju možnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe kulturne dediščine zato sledimo enakim načelom kot pri drugih stavbah, pri čemer logično omejitev postavljajo kulturnovarstveni pogoji, zapisani za vsak konkreten primer posebej.

Za stavbe kulturne dediščine ne obstajajo posebni ali »najprimernejši« **energenti**, niti specialni **proizvodi in sistemi** za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. Pri omenjenih proizvodih in sistemih je razlika le v tem, da so morda zaradi posebnih omejitev, ki se nanašajo na ohranjanje notranjščine stavb, določeni tipi primernejši od drugih, vendar ne v smislu energijskih kazalnikov.

Podobno velja za posege oz. ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti **na ovoju stavbe**. Načelno so primerni in ustrezni vsi, ki bi jih sicer po preverjanju tehnične in stroškovne ustreznosti izvedli tudi pri drugih primerljivih stavbah ne glede na njihovo starost. Tudi tu seveda nastopijo logične omejitve, ki izhajajo iz načela varovanja kulturne dediščine, kot je bilo že zgoraj opisano (ohranjanje videza, gabaritov, izvornih materialov ipd.).

Kot potencialno »primerne« lahko zato štejemo vse materiale, proizvode in tehnologije, ki so na trgu. Napredni (visokotehnološki, visokoperformančni) izolacijski materiali kot npr. aerogeli ali vakuumsko izolacijski paneli so potencialno zanimivi za vse kategorije stavb, a je ovira za njihovo praktično uporabo predvsem visoka cena, pa tudi omejen način vgradnje.

Zaključni fasadni sloji imajo na energetsko učinkovitost stavbe zanemarljiv vpliv. Tu pride (poleg arhitekturnega okrasja na fasadi in stavbnega pohištva) tudi verjetno najbolj do izraza upoštevanje načela ohranjanja izvornih gradiv ali v skrajnem primeru njihove zamenjave s takimi čim bolj enakovredno kemijsko sestavo, površinskim videzom in barvo.

V posameznih primerih prenavne stavb kulturne dediščine lahko pričakujemo, da bodo kulturnovarstveni pogoji dovoljevali izvedbo toplotnoizolacijskega ometa. Te materiale

proizvajalci še vedno razvijajo in nadgrajujejo v smeri nižje toplotne prevodnosti (npr. z dodajanjem aerogela), resda pa so v novejših obdobjih za varovane stavbe ti že bolj zanimivi kot za običajne stavbe. Težko pa bi jih označili kot specialne materiale za prenovo stavb kulturne dediščine.

Podobno velja za materiale, s katerimi se na različne, po filozofiji delovanja tudi povsem nasprotno si načine, rešuje problematike omočenosti fasad s posledičnimi biogenimi poškodbami (npr. dodatek nanodelcev; učinek lotosovega lista za hitro odtekanje padavinske vode; absorpcija in prerazporejanje odvečne padavinske vlage po celotni ploskvi; ipd.). Delno vplivajo tudi na izboljšanje toplotnih lastnosti fasade, vendar ne tako bistveno, da bi to pomenilo znaten oz. upošteven prispevek k energetski učinkovitosti posamezne stavbe, kaj šele celotnega fonda stavb kulturne dediščine (tudi ob predpostavki, da bi se uporabili v vseh primerih prenove).

Kot **praktično ilustracijo** zapsanega lahko izpostavimo vakuumsko izolacijske panele (VIP). Ti so predstavniki visokoperformančnih oz. visokotehnoloških materialov z odličnimi toplotnimi lastnostmi. Njihova toplotna prevodnost je v povprečju nižja od 0.005 W/mK. To je le približno tretjina toplotne prevodnosti aerogela in približno sedemkrat manj od toplotne prevodnosti ekspaniranega polistirena. Analogno je za isti izolacijski učinek potrebna nekajkrat manjša debelina kot pri »klasičnih« materialih.

V komercialnih aplikacijah je njihova uporaba zaenkrat zelo omejena. Poglavitni razlogi za to so visoka cena, omejitve glede najmanjših dimenzij, nujnost vnaprejšnjega načrta montaže, neprilagodljivost (paneli se ne smejo rezati), omejeni načini vgradnje (sidranje ni možno), velika občutljivost na mehanske poškodbe. Nekatere vrste panelov so dostopne tudi na slovenskem trgu, bodisi kot plod lastnega razvoja ali kot izdelki tujih proizvajalcev.

Za praktično uporabo vakuumsko izolacijskih panelov je – če zanemarimo ceno - verjetno najpomembnejša ovira omejena možnost njihovega pritrjevanja oz. vgradnje. Pri stavbah kulturne dediščine s tem v zvezi nastopijo logične dodatne (konservatorske) omejitve pri izbiri možnih načinov izvedbe izolacije zunanega ovoja.

Kot teoretično najprimernejša se kaže dodatna toplotna zaščita z zunanje strani pri prezračevani fasadi. V praksi je pri stavbah kulturne dediščine realna možnost take namestitve panelov odvisna od dopustnosti, izvedljivosti in varnosti demontaže in ponovne montaže zaključnega fasadnega sloja, pri čemer moramo ne glede na majhno potrebno debelino panela praviloma računati tudi na določeno spremembo gabaritov (pomik zunanje ravnine fasade navzven), da se ohrani zadostna debelina prezračevanega prostora in s tem gradbenofizikalna korektnost celotne zasnove. To za seboj potegne potrebo po spremembi določenih detajlov zlasti ob stavbnem pohištvu (npr. globlje police, špalete in preklada), podobno kot nasploh pri dodajanju slojev na zunanji strani.

Zaradi same sestave vakuumsko izolacijskih panelov (ovoj iz večslojne neprepustne folije) pa so spremembe nujne tudi na notranji strani ovoja. V izogib težavam s kondenzacijo vodne pare

znotraj konstrukcije je treba na notranji strani namestiti ustrezno dimenzionirano parno zaporo, kar seveda pomeni tudi spremembo oz. prilagoditev notranjih zaključnih slojev.

Uporaba vakuumsko izolacijskih panelov **na notranji strani**, ne glede na zasnovo zunanjih slojev ovoja, je možna ob upoštevanju uveljavljenih gradbenofizikalnih pravil, tako kot pri drugih izvedbah izolacije z notranje strani. Veljajo tudi analogna opozorila glede poudarjenih toplotnih mostov v območju stika stene in medetažne plošče, zmanjšanja toplotne akumulacije in možnih dolgotrajnejših obremenitev konstrukcije s padavinsko vlago.

Glede na omenjena finančna oz. ekonomska in tehnična dejstva ob upoštevanju pričakovanih omejitev varstvenih režimov ni pričakovati množične uporabe vakuumskih izolacijskih panelov v stavbah kulturne dediščine. Ocenjujemo, da je njihova sprejemljivost kljub nespornim prednostim glede toplotnih lastnosti bistveno nižja kot pri klasičnih izolacijskih materialih in postopkih njihove vgradnje.

Uporaba v posameznih primerih (kot npr. pri nestanovanjskih stavbah kulturne dediščine novejšega datuma ali s posebnimi tehničnimi zahtevami zaradi spremembe uporabe) sicer ni izključena, a v celotnem fondu stavb kulturne dediščine z veliko verjetnostjo ne bo predstavljala deleža, ki bi opazneje vplival na njegovo energetske bilanco.

OPOMBA: Materiali, postopki in gradbenofizikalne značilnosti izvedbe dodatne toplotne zaščite fasade tako z zunanje kot z notranje strani kot tudi drugih delov stavbnega ovoja in pa ukrepi na stavbnem pohištvo so sicer podrobno opisani že v Smernicah za energetske prenove stavb kulturne dediščine (od str. 49 naprej).

2.4 Tipični projekti in njihova ponovljivost

DSEPS in OP EKP postavljata osnovo za izvedbo petih demonstracijskih projektov energetske prenove različnih karakteristik stavb javnega sektorja. Finančna sredstva 19 za realizacijo so predvidena v OP EKP. Za izbor demonstracijskih projektov je odgovorna projekta pisarna.

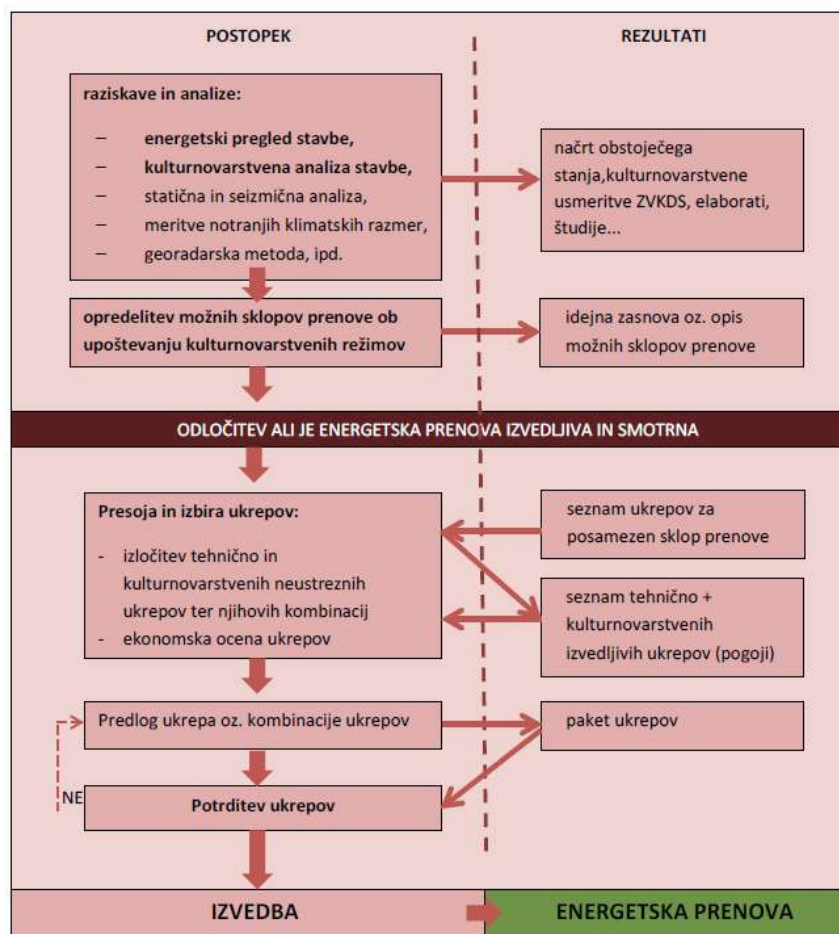
Namen demonstracijskih projektov je, da se vpeljujejo nova znanja in postopki pri izvajanju energetske prenov in tudi pri razvoju energetskega pogodbeništv. Demonstracijski projekt mora izpolnjevati vse nujne pogoje za pristop k celoviti energetske prenovi (urejeno lastništvo, upravljavstvo, stavba mora biti primerna za energetske prenovi in dosegati specifične cilje iz OP EKP). Predlogi demonstracijskih projektov se ocenjujejo glede na pripravljenost in izvedljivost projekta, primernost za javno-zasebno partnerstvo po modelu zagotavljanja prihrankov energije. Pri izboru imajo prednost prenova v skoraj ničenergijsko stavbo in projekt, ki vključuje večje število oz. sklop stavb ali več upravljavcev v enem objektu, ki je v državni lasti, ter stavba kulturne dediščine.

SIST EN 16883:2017, Ohranjanje kulturne dediščine – Smernice za izboljšanje energetske učinkovitosti zgodovinskih stavb

Standard ne podaja tehničnih pravil oz. navodil (kaj šele konkretnih primerov z navedbo materialov, dimenzij ali lastnosti proizvodov) za energetske prenovi stavb kulturnih dediščine, ampak tematiko obravnava na načelni in postopkovni ravni.

Slovenska konservatorska stroka v standardu opisana načela že udejanja, kot je opisano zgoraj. To se kaže npr. že v skladnosti nacionalnih usmeritev z uvodnim načelom v standardu, ki pravi, da se mora vsaka zgodovinska stavba (op.: v jeziku slovenske zakonodaje je s tem izrazom mišljena stavba kulturne dediščine) obravnavati kot poseben primer.

Pristop k energetske sanaciji stavb kulturne dediščine, ki ga opisuje standard, pa je bil smiselno povzet v nacionalnih *Smernicah za energetske prenovi stavb kulturne dediščine*.



Slika 65: Opis postopkov in rezultatov na poti do energetske prenovi stavbe kulturne dediščine. (Vir: Smernice za energetske prenovi stavb kulturne dediščine)

Standard našteva štiri vidike trajnostnega upravljanja stavb kulturne dediščine:

- **okoljski:** materialni in energijski procesi temelječi pretežno na obnovljivih virih energije, ob spoštovanju značilnosti in vrednot obstoječe stavbe;
- **ekonomski:** tržna vrednost, prihodki in stroški morajo omogočiti dolgotrajno uporabo stavbe;

- **družbeni:** prispevek k neposrednemu lokalnemu in družbenemu okolju skozi uporabo stavbe ter njen estetski in družbeni odtis;
- **kulturni:** upravljanje stavbe kulturne dediščine mora ohranjati kulturnozgodovinski pomen stavbe za sedanje in prihodnje generacije.

Smernice za energetska prenova stavb kulturne dediščine (MzI in MK, 2016)⁷⁸

»Za stavbe kulturne dediščine veljajo posebna pravila, ki gospodarskim in okoljskim interesom, navadno izraženim z energijskimi in finančnimi kazalniki, dodajajo še širši nacionalni interes. Ta je v tem primeru primaren in v veliki meri vrednoten z nemerljivimi količinami oziroma opisi. Od primera do primera je odvisno, kakšna in kolikšna (če sploh) izboljšava energetske učinkovitosti je dejansko možna, ne da bi bile pri tem prizadete varovane vrednote.«

Iz dokumenta *Smernice za energetska prenova stavb kulturne dediščine*, ki so nastale v okviru izvajanja evropske kohezijske politike 2014–2020, ki med ključnimi cilji navaja tudi izboljšanje učinkovitosti rabe energije v javnem sektorju. Ker je delež stavb, ki so varovane po predpisih varstva kulturne dediščine, v segmentu državnih stavb zelo velik, je bilo ugotovljeno, da te stavbe kot nosilke slovenske identitete potrebujejo posebno obravnavo, in zato so bile oblikovane tudi smernice za njihovo energetska prenova.

⁷⁸ *Smernice za energetska prenova stavb kulturne dediščine*, Ministrstvo za infrastrukturo in Ministrstvo za kulturo, 2016.

https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/podrocja/energetika/javne_stavbe/smernice_kd_23.2.2017.pdf

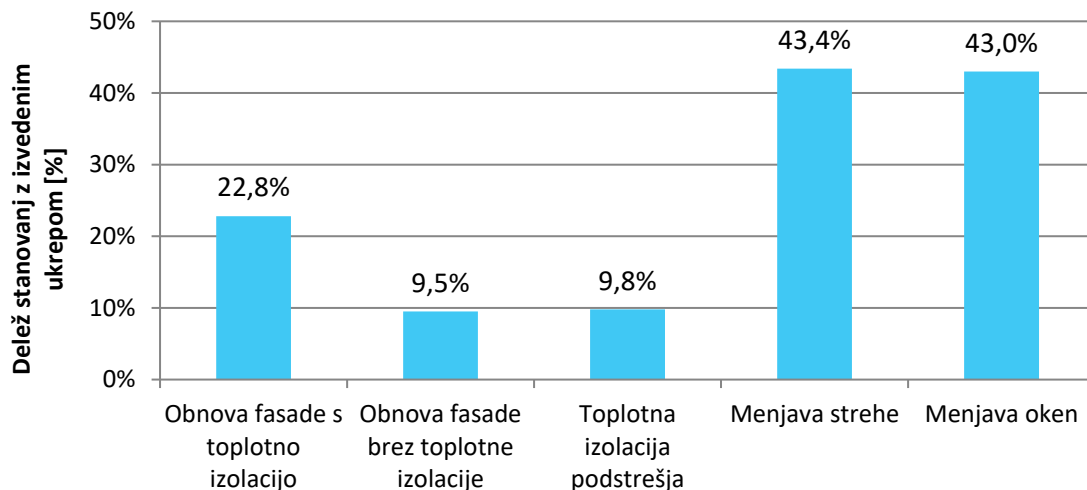
3 Analiza finančnih zmožnosti gospodinjstev za izvedbo ukrepov

V okviru projekta LIFE Podnebna pot 2050 je bila v sodelovanju s Centrom poslovne odličnosti Ekonomske fakultete (CPOEF) Univerze v Ljubljani narejena analiza finančne sposobnosti slovenskih gospodinjstev za financiranje naložb v učinkovito rabo energije, ki je povzeta v *Poročilu 1.1, Zvezek 2a*⁷⁹. Za analizo so bili uporabljeni podatki iz kombinirane podatkovne baze, ki je nastala z združevanjem treh izvirnih podatkovnih virov. Osnova so bili podatki, pridobljeni z *Anketo o porabi energije in goriv v gospodinjstvih (APEGG)*, ki so bili nato združeni še z demografskimi podatki iz Registrskega popisa prebivalstva, s podatki o stanovanjih iz *Registrskega popisa stanovanj* ter odmernimi in kontrolnimi dohodninskimi podatki.

V analizo je bilo zajetih 2.917 stanovanjskih nepremičnin, od tega je bil v 1.484 stanovanjih že izveden vsaj en ukrep učinkovite rabe energije. Najpogosteje se v gospodinjstvih odločijo za menjavo oken, ta ukrep je bil izveden pri 43 % v anketi zajetih nepremičnin, 23 % gospodinjstev je izvedlo prenavo fasade s toplotno izolacijo, 10 % pa toplotno izolacijo podstrešja (Slika 66). Za vse te tri ukrepe je mogoče pridobiti tudi nepovratne spodbude Eko sklada. Glede na to, da je najpomembnejši dejavnik odločitve za izvedbo pri vseh opazovanih ukrepih starost nepremičnine, lahko sklepamo, da se gospodinjstva za te ukrepe najpogosteje odločijo takrat, ko je določen stavbni element potreben obnove zaradi dotrajanosti, ne pa zgolj zaradi povečanja energetske učinkovitosti. Verjetnost prenove fasade s toplotno izolacijo poleg starosti nepremičnine povečujejo še število stanovanj v nepremičnini, uporabna površina nepremičnine, število gospodinjstev v nepremičnini in skupni dohodki članov gospodinjstva. Skupni dohodki članov gospodinjstva skupaj s številom upokojencev v gospodinjstvu pozitivno vplivajo tudi na verjetnost zamenjave oken, odločitev za toplotno izolacijo podstrešja pa povečujeta uporabna površina nepremičnine in število upokojencev v gospodinjstvu.

Analiza je pokazala, da je spodbude Eko sklada, namenjene sofinanciranju naložb v učinkovito rabo energije, pridobil le manjši del gospodinjstev, in sicer 22 % pri prenavi fasade z izolacijo, 8 % pri zamenjavi oken in 5 % pri izolaciji podstrešja. Spodbude se bile večinoma v obliki nepovratnih sredstev, za ugodna posojila Eko sklada so se gospodinjstva odločila redkeje. Poleg omenjenih ukrepov Eko sklad svoje spodbude sicer namenja tudi za npr. vgradnjo toplotne črpalke, kurilne naprave na lesno biomaso ali sprejemnikov sončne energije, lokalno ali centralno prezračevanje z vračanjem toplote itd. Pogosteje spodbude uporabljajo premožnejša gospodinjstva – v analizi so bila gospodinjstva razdeljena na 5 dohodkovnih razredov, v vsakem od njih je bila petina gospodinjstev. Pokazalo se je, da se je uporaba spodbud Eko sklada povečevala z višanjem dohodkovnih razredov, in sicer je v najnižjem dohodkovnem razredu te spodbude pridobilo le 8 % vseh gospodinjstev, ki so se odločila za izvedbo ukrepov, medtem ko je bilo v najvišjem dohodkovnem razredu takih gospodinjstev 17 %.

⁷⁹ A. Cirman et. all, *Analiza dejavnikov, povezanih s finančnimi sposobnostmi gospodinjstev, ki vplivajo na odločanje o investicijah za učinkovito rabo energije*, Poročilo projekta LIFE Podnebna pot 2050 št. C1.1, Zvezek 2a, 2018.



Slika 66: Delež stanovanj, vključenih v APEGG 2014, v katerih so bili zvedeni ukrepi prenove (Vir: SURS)

Za prenovo fasade s toplotno izolacijo, toplotno izolacijo strehe in menjavo oken so bile na podlagi podatkov Eko sklada ocenjene potrebne naložbe za povečanje energetske učinkovitosti, in sicer ločeno za eno-, dvo- in večstanovanjske stavbe. Za eno- in večstanovanjske stavbe je bilo z upoštevanjem treh obdobj izgradnje (pred 1970, 1971–1980 in 1981–2002) ocenjeno tudi potencialno zmanjšanje rabe energije na enoto površine, ki bi ga bilo mogoče s temi ukrepi doseči. Za nepremičnine iz analize so bile nato na podlagi že opravljenih sanacij določene še potencialne preostale prenove ter zanje ocenjeni potencialni strošek prenove (brez in s subvencijo), potencialni letni prihranek v kWh in evrih ter strošek menjave kurilne naprave (Preglednica 62). Povprečna investicija, ki bi jo moralo opraviti gospodinjstvo, da bi imelo energetsko učinkovito stanovanjsko nepremičnino, bi v analiziranem vzorcu znašala 12.071 evrov brez subvencije in 10.201 evrov s subvencijo in bi spodbudila povprečni letni prihranek pri strošku za energijo v višini 359 evrov. Rezultati analize kažejo še, da spodbude Eko sklada potrebno naložbo zmanjšajo za približno 15 % in s tem tudi dobo vračanja naložbe v povprečju za 6 let.

Sklepajoč zgolj iz dohodkov gospodinjstev in omejitev v zadolževanju, bi dobri dve tretjini oz. 68 % gospodinjstev zmoglo naložbo v energetsko prenovo pokriti z razpoložljivim dohodkom, ob predpostavki, da bi enako višino dohodka imeli tudi v prihodnje in da nimajo drugih posojilnih obveznosti, o katerih za to analizo ni bilo na voljo informacij. Ob upoštevanju omejitev zadolževanja na dohodke iz dela in dejavnosti ter starostnih omejitev, se delež gospodinjstev, ki bi z 20-letnim posojilom zmogla odplačati potrebno naložbo v energetsko prenovo svojega stanovanja, zniža na približno 60 %. Na podlagi vzorca tudi ocenjujemo, da 19,5 % gospodinjstev, kljub subvenciji, zaradi posojilne nezmožnosti ne more pridobiti finančnega posojila tudi ob razdelitvi bremena na 20 let.

Preglednica 62: Potencialne naložbe v učinkovito rabo energije po dohodkovnih razredih⁸⁰ (Vir: SURS)

	Potencialna naložba brez subvencije [EUR]	Potencialna naložba s subvencijo [EUR]	Potencialno letno zmanjšanje rabe energije [kWh]	Potencialno letno zmanjšanje stroška za energijo [EUR]	Strošek menjave kurilne naprave [EUR]
Povprečja za 1. doh. razred	10.122	8.558	4.560	367	3.621
Povprečja za 2. doh. razred	11.655	9.898	4.965	346	3.928
Povprečja za 3. doh. razred	11.971	10.088	5.068	336	4.329
Povprečja za 4. doh. razred	13.591	11.482	5.813	377	4.921
Povprečja za 5. doh. razred	12.983	10.958	5.516	363	4.271
Povprečje	12.071	10.201	5.193	359	4.221

Z analizo je bilo ugotovljeno, da na posojilno sposobnost vpliva tudi gostota naselitve. Delež gospodinjstev, ki kljub subvenciji ne morejo pridobiti posojila, je bil v primeru gosto naseljenih območij namreč samo 13%, v redko naseljenih območjih pa kar 23-odstoten. Kreditna nesposobnost se poleg tega veča tudi s podpovprečnim številom članov gospodinjstva in podpovprečnim številom delovno aktivnih oseb, z nadpovprečnim številom upokojencev in nadpovprečno starostjo članov gospodinjstva ter v primerih podpovprečno velikih ali nadpovprečno starih nepremičnin. Več kreditno nesposobnih gospodinjstev živi v enodružinskih nepremičninah.

Simulacija je pokazala, da subvencija Eko sklada ne vpliva v večji meri na povečanje kreditne sposobnosti gospodinjstev. Večji učinek na kreditno sposobnost bi imelo, če bi se gospodinjstvom prihranki, doseženi z energetske prenovalne, prištevali k dohodkom, saj mesečni prihranki predstavljajo skoraj 30 evrov oziroma med 38 % (brez subvencije Eko sklada) in 44 % povprečnega obroka posojila (s subvencijo Eko sklada).

Rezultati opravljene analize tako kažejo, da je približno 20 % gospodinjstev v Sloveniji takšnih, ki potrebne naložbe v energetske prenovalne ne zmorejo sami, saj so njeni začetni stroški za njihove dohodke zagotovo previsoki. Delež gospodinjstev, ki prenovalne finančno ne zmore, je dejansko še višji, saj nam odsotnost informacije o trenutni zadolženosti gospodinjstev ni omogočila vpogleda v to, koliko gospodinjstev ima kreditno kapaciteto že izkoriščeno v druge namene in se zato težko dodatno zadolžuje za potrebe energetske prenovalne stavbe. Rezultati tudi razkrivajo, da so dobe vračanja naložb zelo dolge in, glede na to, da ugotovitve projekta BRISKEE kažejo, da več investirajo bolj potrpežljiva gospodinjstva, je izjemno pomembno, da se za potrebe energetske prenovalne oblikuje instrumente, ki zmanjšujejo začetne investicijske izdatke (subvencije, plačilo investicije po delih in poplačilo iz prihrankov). Za doseganje energetske ciljev bi bilo smiselno takšne spodbude bolj ciljno usmerjati k dohodkovno šibkejšim, saj je delež tistih, ki tovrstnih naložb ne zmorejo, precejšen.

⁸⁰ Gospodinjstva so bila razdeljena v pet dohodkovnih razredov, pri čemer je bilo v vsak razred vključenih 20 % gospodinjstev. Neto letni dohodek za 1. dohodkovni razred je znašal do 15.690 evrov, za 2. dohodkovni razred od 15.690 do 23.260 evrov, za 3. dohodkovni razred od 23.260 do 31.505 evrov, za 4. dohodkovni razred od 31.505 do 43.088 evrov in za 5. dohodkovni razred nad 43.088 evrov.

4 Tipologija stavb

Tipologija stavb za izračun rabe energije je bila oblikovana na osnovi namembnosti stavbe, obdobju izgradnje in geometrije stavb.

4.1.1 Tipologija glede na namembnost in glede na obdobje izgradnje

Tipologija stavb glede na namembnost je bila v osnovi razdeljena na stanovanjski in nestanovanjski sektor.

Znotraj stanovanjskega sektorja sta bila oblikovana dva računski modela stavb in sicer računski model za enodružinsko hišo in večstanovanjsko stavbo.

- 11100 - enostanovanjske stavbe (računski model enodružinske hiše);
- 11220 - tri in večstanovanjske stavbe (računski model večstanovanjske stavbe).

Znotraj nestanovanjskega sektorja je bilo oblikovanih več računskih modelov. Računski modeli stavb so bili oblikovani za naslednje stavbe glede na namen rabe:

- 12201 - stavbe javne uprave (računski model pisarniške stavbe);
- 12301 - trgovske stavbe (računski model živilske trgovine);
- 12630 - stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo (računski model vrtca);
- 12640 - stavbe za zdravstveno oskrbo (računski model bolnice in zdravstvenega doma);
- 12650 - stavbe za šport (računski model športne dvorane).

Tipologija stavb glede na obdobje izgradnje je bila razdeljena v šest razredov:

- stavbe grajene pred letom 1945;
- stavbe grajene med leti 1946 in 1970;
- stavbe grajene med leti 1971 in 1980;
- stavbe grajene med leti 1981 in 2002;
- stavbe grajene med leti 2003 in 2008;
- stavbe grajene po letu 2008.

Tipologija stavb po obdobju gradnje je bila določena glede na razvoj tehnične zakonodaje na področju toplotne zaščite stavb. Pregled vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih elementov, kot jih je v preteklosti predpisovala zakonodaja je podan v tabeli spodaj.

Preglednica 63: Predpisane vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih elementov glede na razvoj tehnične zakonodaje na področju toplotne zaščite stavb.

Karakteristično obdobje	Razvoj pravilnikov	Klimatska cona	Zunanja stena	Tla na terenu	Strop proti neogrevanemu prostoru	Tla nad neogrevanim prostorom	Strehe	Okna	Opombe
Pred letom 1945	1875 Stavbni red za Vojvodino Kranjsko	-	(1,29)* (1,39)**	-	-	-	-	-	* opečni zid 45 cm ** opečni zid 38 cm
Med leti 1946 do 1970	1958 strokovno priporočilo za uporabo opeke pri zidanju zidov, sten in stropov stanovanjskih zgradb (IS-SRS)	-	(1,39)**	-	-	-	-	-	** opečni zid 38 cm
Med leti 1946 do 1970	1966 predlog predpisa o toplotni zaščiti v gradbeništvu Informacije ZRMK	I II III	1,68 1,45 1,28	1,16	1,16	1,04	0,93	-	-
Med leti 1946 do 1970	1967 Pravilnik o minimalnih tehničnih pogojih za gradnjo stanovanj (Ur.1. SFRJ 45/67)	I II III	1,79 1,54 1,37	-	1,31	1,31	1,31	-	-
Med leti 1971 do 1980	1970 Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno zaščito stavb (Ur.1. SFRJ 35/70)	I II III	1,68 1,45 1,28	0,93	1,16	1,04	0,93	-	-
Med leti 1981 do 2002	1980 Tehnični pogoji za projektiranje in graditev stavb JUS U.J5.600/80	I II III	1,22 0,93 0,83	0,93 0,76 0,68	0,69	0,75 0,63 0,52	0,78 0,65 0,55	-	-
Med leti 1981 do 2002	1987 Tehnični pogoji za projektiranje in graditev stavb JUS U.J5.600/87	I II III	1,20 0,90 0,80	0,90 0,75 0,65	0,95 0,8 0,7	0,75 0,60 0,50	0,75 0,65 0,55	-	-
Med leti 1981 do 2002	Priporočila stroke	I-II III	0,60 (0,70) 0,40 (0,50)	0,60 0,45	0,50 0,30	0,50 0,40	0,50 0,40	-	-
Med leti 1981 do 2002	1998 Strokovne podlage za tehnični predpis o dopustnih toplotnih izgubah stavb	I-III	0,70	0,65	0,50	0,50	-	-	-
Med leti 2003 do 2008	PTZURES - Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 42/02)	I-III	0,60	0,45	0,35	0,50	0,25	(1,60)* (1,80)**	* okna z lesenim profilom ali s profilom iz umetnih mas ** okna s kovinskim profilom
Med leti 2008-2010	PURES 2008 - Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 93/08)	I-III	(0,28)* (0,35)**	(0,30)* (0,35)**	(0,20)* (0,35)**	(0,28)* (0,35)**	(0,20)* (0,35)**	(1,30)* (1,60)#	* stanovanjske stavbe ** nestanovanjske stavbe # nestanovanjske stavbe pri uporabi oken s kovinskim profilom okvirjem
Od leta 2011 - danes	PURES 2010 - Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52/10)	I-III	0,28	0,35 (0,30)#	0,20	0,35 (0,30)#	0,20	(1,30)* (1,60)**	* okna z lesenim profilom ali s profilom iz umetnih mas ** okna s kovinskim profilom # pri talnem ogrevanju

Na podlagi pregleda pretekle tehnične zakonodaje so bile določene izhodiščne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov glede na obdobje gradnje.

Preglednica 64: Izhodiščne vrednosti toplotne prehodnosti za model osnovan na tipologiji stavb po obdobju gradnje

Obdobje gradnje:	Zunanja stena U (W/m ² K)	Streha U (W/m ² K)	Tla nad neogrevanim U (W/m ² K)	Okna U (W/m ² K)
Stavbe grajene po letu 2008	0,28	0,20	0,35	1,30
Stavbe grajene pred letom 1945	1,29	1,10	1,00	2,70
Stavbe grajene med leti 1946 in 1970	1,37	1,31	1,31	2,70
Stavbe grajene med leti 1971 in 1980	1,28	1,16	1,04	2,70
Stavbe grajene med leti 1981 in 2002	0,80	0,55	0,50	2,30
Stavbe grajene med leti 2003 in 2008	0,60	0,25	0,45	1,60

Geometrija posameznih računskih modelov je bila določena na podlagi dostopnih podatkov o stavbah iz registra nepremičnin in registra energetskih izkaznic. Kondicionirane površine nestanovanjskih stavb so bile določene glede na kvadraturu uporabne površine najpogostejšega velikostnega razreda glede na namen stavbe.

Preglednica 65: Tipologija nestanovanjskih stavb v modelu glede na namen stavbe

CC-SI	Opis	Koda
12201	Stavbe javne uprave	JAVUP
1230	Živilske in ostale trgovine	TRGO
12202&03	Druge upravne in pisarniške stavbe	DRUP
1263	Vrtci, osnovne šole, srednje šole	SOLE
1264	Bolnice	BOL
1264	Ostalo zdravstvo	OSZDR
1265	Športne dvorane	SPORT

Preglednica 66: Površine stavb glede na velikostne razrede in namen nestanovanjskih stavb

Velikosti razredi od-do [m ²]	JAVUP	TRGO	DRUP	SOLE	BOL	OSZDR	SPORT
	Površina⁸¹ [m²]						
0–50	11.251	91.524	103.140	3.376	8.660	1.419	6.637
51–100	21.774	201.105	187.726	10.773	23.207	3.389	14.075
101–150	26.545	203.605	197.242	14.137	16.378	3.907	15.840
151–200	29.058	184.269	185.034	19.902	17.114	4.633	18.102
201–300	49.340	302.592	330.874	58.386	23.864	6.163	34.567
301–400	49.408	241.338	306.462	79.271	22.917	5.213	35.157
401–500	43.776	208.201	271.874	89.193	15.015	1.335	29.592
501–750	108.055	334.348	489.798	216.164	38.098	4.825	87.398
751–1000	79.361	309.622	395.052	193.369	36.821	5.787	88.556
1001–2000	205.937	822.357	909.031	595.492	113.379	18.657	272.877

⁸¹ Površine so agregirane glede na skupno uporabno površino delov stavb po namenih rabe v posamezni stavbi.

Velikosti razredi od-do [m ²]	JAVUP	TRGO	DRUP	SOLE	BOL	OSZDR	SPORT
2001–150000	418.871	2.050.309	2.222.435	2.164.803	770.935	85.018	608.193
Skupaj	1.043.376	4.949.270	5.598.668	3.444.866	1.086.388	140.343	1.210.992
Delež velikostnega razreda v površini stavb za posamezen namen [%]							
0–50	1%	2%	2%	0%	1%	1%	1%
51–100	2%	4%	3%	0%	2%	2%	1%
101–150	3%	4%	4%	0%	2%	3%	1%
151–200	3%	4%	3%	1%	2%	3%	1%
201–300	5%	6%	6%	2%	2%	4%	3%
301–400	5%	5%	5%	2%	2%	4%	3%
401–500	4%	4%	5%	3%	1%	1%	2%
501–750	10%	7%	9%	6%	4%	3%	7%
751–1000	8%	6%	7%	6%	3%	4%	7%
1001–2000	20%	17%	16%	17%	10%	13%	23%
2001–150000	40%	41%	40%	63%	71%	61%	50%
Skupaj	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Faktorji oblike so bili določeni z analizo podatkov iz registra energetskega izkaznic. Faktorji oblike upoštevani v računskem modelu stavb so določeni kot povprečna vrednost faktorjev oblike izračunanih v energetskih izkaznicah za stavbe. Pri določanju faktorja oblike iz energetskih izkaznic so upoštevane stavbe, ki so po kvadraturi primerljive s kvadraturami uporabnih površin najpogostejšega velikostnega razreda glede na namen stavbe.

Na osnovi podatkov o uporabni površini iz registra nepremičnin, faktorja oblike iz baze energetskih izkaznic in podatkov dejanskih stavb, je bila oblikovana groba geometrija tipične stavbe glede na posamezne namene rabe.

Za potrebe modeliranja rabe energije v stavbnem fondu so bili oblikovani naslednji računski modeli stavb glede na namen rabe.

Preglednica 67: Seznam računskih modelov za stavbe glede na namen stavbe

CC-SI	Opis	Računski modeli:
11100	Enostanovanjske stavbe	Računski model: Enodružinska hiša EDH-1 in EDH-2
11220	Tri in večstanovanjske stavbe	Računski model: Večstanovanjska stavba
12201	Stavbe javne uprave	Računski model: Pisarniška stavba
1230	Živilske in ostale trgovine	Računski model: Trgovina
12202 in 03	Druge upravne in pisarniške stavbe	Računski model: Pisarniška stavba
1263	Vrtci, Osnovne šole, Srednje šole	Računski model: Vrtec
1264	Bolnice	Računski model: Bolnica
1264	Ostalo zdravstvo	Računski model: Zdravstveni dom
1265	Športne dvorane	Računski model: Športna dvorana

4.1.2 Podatki geometrije stavb

Vhodni podatki geometrije računskih modelov so podani v spodnji tabeli.

Preglednica 68: Parametri geometrije stavb za računske modele za stavbe glede na namen stavbe

Vhodni parametri računskega modela:		Podatki računskega modela enodružinske hiše EDH-1:	Podatki računskega modela enodružinske hiše EDH-2:	Podatki računskega modela večstanovanjske stavbe:	Podatki računskega modela pisarniške stavbe:	Podatki računskega modela trgovine:	Podatki računskega modela vrtca:	Podatki računskega modela bolnice:	Podatki računskega modela zdravstvenega doma:	Podatki računskega modela športne dvorane:
Kondicionirana površina	[m ²]	160,00	234,00	1.470,00	2.447,00	3.011,00	1.593,52	8.417,00	8.417,00	2.042,00
Volumen (neto)	[m ³]	426,00	449,00	3.675,00	6.427,81	23.694,72	4.780,56	24.493,47	24.493,47	14.650,00
Volumen (bruto)	[m ³]	532,50	561,25	4.593,75	8.034,76	29.618,40	5.975,70	30.779,82	30.779,82	18.312,50
Površina toplotnega ovoja	[m ²]	437,36	396,36	2.035,60	2.816,78	11.240,80	3.122,85	12.501,08	10.701,08	6.880,78
Faktor oblike	[m ⁻¹]	0,82	0,71	0,44	0,35	0,38	0,52	0,41	0,35	0,38
Površina zunanjih sten	[m ²]	215,00	194,00	786,90	1.396,88	4.245,80	993,78	5.576,45	4.138,55	3.515,36
Zunanja stena - sever	[m ²]	63,40	57,40	336,96	349,48	1.247,70	333,49	1.599,18	1.117,36	680,30
Zunanja stena - vzhod	[m ²]	47,45	44,45	106,01	248,40	875,20	188,96	1.269,37	949,91	1.065,50
Zunanja stena - jug	[m ²]	57,25	51,25	171,98	364,13	1.247,70	284,56	1.518,52	1.193,28	704,06
Zunanja stena - zahod	[m ²]	46,90	40,90	171,95	434,87	875,20	186,76	1.189,39	878,00	1.065,50
Streha	[m ²]	107,00	87,00	470,00	328,24	3.444,00	935,68	2.348,99	2.348,99	1.620,30
Tla na terenu	[m ²]	76,00	79,00	470,00	330,71	3.444,00	877,01	2.348,99	2.348,99	1.600,00
Vrata	[m ²]	2,25	2,25	4,60	10,00	20,00	14,72	59,72	59,72	16,32
Okna - Sever	[m ²]	4,86	4,86	106,44	141,80	7,50	51,02	542,97	574,79	34,32
Okna - Vzhod	[m ²]	12,00	9,00	23,90	211,68	36,00	21,25	420,73	290,19	41,96
Okna - Jug	[m ²]	7,25	7,25	158,62	188,22	7,50	206,14	696,73	571,96	10,56
Okna - Zahod	[m ²]	13,00	13,00	15,15	209,25	36,00	23,25	506,51	367,89	41,96
Dobitki notranjih virov	[W/m ²]	4,00	4,00	4,00	5,65	11,08	2,45	6,70	4,46	6,93
Stopnja prezračevanja - povprečna letna	[h ⁻¹]	0,50	0,50	0,50	0,41	0,25	0,38	1,04	0,61	0,32
Stopnja prezračevanja - v času zasedenosti	[h ⁻¹]	/	/	/	0,70	0,30	1,42	1,24	1,19	0,41
Stopnja prezračevanja - v času odsotnosti	[h ⁻¹]	/	/	/	0,20	0,20	0,20	0,90	0,20	0,20

4.1.3 Tipologija glede na izvedene ukrepe

Za potrebe izračuna rabe energije in vpliv toplotne zaščite stavbe na rabo energije je bil upoštevan nabor štirih standardnih ukrepov v energetske učinkovitost stavbe in sicer toplotna izolacija zunanjih sten, toplotna izolacije strehe, menjava oken in izvedba mehanskega prezračevanja z rekuperacijo toplote odpadnega zraka.

Ukrepi so bili razvrščeni v štiri razrede glede na stopnjo energetske sanacije. Prvi razred predstavlja obstoječe stanje stavbe brez energetske prenove. Drugi razred je definiran kot delna energetska prenova, kar pomeni da je na stavbi izveden eden od naštetih ukrepov na toplotnem ovoju stavbe. Tretji razred predstavlja izboljšano energetske prenove, kar pomeni da sta na stavbi izvedena dva ali tri izmed naštetih ukrepov na toplotnem ovoju stavbe. Zadnji četrti razred predstavlja celovito oziroma nizkoenergijsko prenovo stavbe, kjer so upoštevani vsi trije ukrepi na toplotnem ovoju stavbe in izvedba mehanskega prezračevanja z rekuperacijo toplote odpadnega zraka.

Preglednica 69: Tipologija stavb v modelu glede na izvedene tipične ukrepe energetske sanacije

Koda	Predpostavljeni ukrepi
Brez	obstoječe stanje stavbe brez energetske prenove
P	parcialna energetska prenova, izveden en ukrep
IzbP/Nadst	izboljšana prenova stavbe (se razlikuje glede na obdobje izgradnje)
NE	celovita prenova oz. nizkoenergijska prenova

Za izračun rabe energije za posamezne stopnje energetske prenove je bilo oblikovanih 285 različnih scenarijev energetske prenove stavbe. Ti scenariji upoštevajo različno kvaliteto izvedenih ukrepov (različne debeline toplotne izolacije in različne toplotne prehodnosti stavbnega pohištva) in različen obseg energetske sanacije glede na število izvedenih ukrepov (obstoječe stanje, delna prenova, izboljšana prenova in celovita prenova).

Na podlagi izračunov rabe energije v stavbah so bili določeni ukrepi v energetske učinkovitost stavb. Določena je bila kvaliteta ukrepov in obseg sanacije, ki je potreben za doseganje posameznega razreda energetske sanacije. Razredi energetske prenove so opredeljeni glede na predvideno rabo energije pri izvedbi tipičnih ukrepov.

Iz računskega modela so bili določeni tudi posamezni ukrepi, ki so potrebni za prehod stavbe iz slabšega v boljši razred.

Mejne vrednosti potrebne toplote za ogrevanje posameznih razredov vseh obravnavanih stavb so podane v tabeli.

Preglednica 70: Poraba energije za ogrevanje ob izvedbi tipičnih ukrepov energetske prenove za različne računske modele stavb

Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	EDH-1	EDH-2	VSS	Pisarniška	Trgovina	Vrtec	Bolnica	Zdravstveni dom	Športna dvorana	Specifična raba energije za ogrevanje									
											[kWh/m ²]									
Pred 1945	1 brez	257,27	185,00	133,34	119,22	302,39	173,57	213,06	132,20	324,24										
Pred 1945	1 P	151,00	151,00	98,00	80,00	120,00	98,00	140,00	98,00	145,00										
Pred 1945	1 IzbP	77,00	77,00	75,00	45,00	100,00	75,00	110,00	75,00	120,00										
Pred 1945	1 NE	35,00	35,00	25,00	20,00	60,00	40,00	45,00	25,00	70,00										
1946 do 70	2 brez	281,18	177,02	144,41	125,74	339,97	191,97	226,29	142,00	355,26										
1946 do 70	2 P	151,00	151,00	98,00	80,00	120,00	98,00	140,00	98,00	145,00										
1946 do 70	2 IzbP	77,00	77,00	75,00	45,00	100,00	75,00	110,00	75,00	120,00										
1946 do 70	2 NE	35,00	35,00	25,00	20,00	60,00	40,00	45,00	25,00	70,00										
1971 do 80	3 brez	259,61	163,78	134,56	119,51	307,21	176,06	214,23	133,26	327,15										
1971 do 80	3 P	111,00	111,00	75,00	80,00	120,00	75,00	110,00	75,00	145,00										
1971 do 80	3 IzbP	77,00	77,00	58,00	45,00	100,00	65,00	90,00	58,00	120,00										
1971 do 80	3 NE	35,00	35,00	25,00	20,00	60,00	40,00	40,00	25,00	70,00										
1981 do 02	4 brez	164,80	106,64	90,04	83,19	184,32	112,14	156,62	92,86	212,96										
1981 do 02	4 P	90,00	90,00	75,00	65,00	100,00	75,00	110,00	75,00	120,00										
1981 do 02	4 IzbP	77,00	77,00	58,00	40,00	80,00	65,00	90,00	58,00	100,00										
1981 do 02	4 NE	35,00	35,00	25,00	20,00	40,00	30,00	35,00	25,00	50,00										

Obdobje gradnje	Razred energetske prenov	EDH-1	EDH-2	VSS	Specifična raba energije za ogrevanje					
					Pisarniška	Trgovina	Vrtec	Bolnica	Zdravstveni dom	Športna dvorana
[kWh/m ²]										
2003 do 08	5 brez	119,87	79,99	66,38	59,18	135,02	82,37	125,63	71,29	165,49
2003 do 08	5 Nadst	55,00	55,00	49,00	35,00	80,00	55,00	80,00	49,00	90,00
2003 do 08	5 NE	35,00	35,00	25,00	20,00	40,00	25,00	35,00	25,00	45,00
Po 2008	6 brez	80,44	55,92	48,91	41,07	92,97	61,66	100,97	55,52	116,78
Po 2008	6 NE	15,00	15,00	15,00	15,00	30,00	25,00	25,00	15,00	35,00

Rezultati izračuna rabe energije v stavbah vseh računskih scenarijev je bili določen tipičen obseg ukrepov in njihova kvaliteta, ki je potrebna za doseganje posameznega razreda ali prehoda med razredi. Določena je bila tudi pripadajoča računski vrednosti potrebne toplote za ogrevanje, potrebne energije za hlajenje, pripravo tople sanitarne vode in prezračevanje. Ti podatki so bili osnova za določitev investicijskih stroškov v energetske učinkovitost in za oceno deleža rabe energije glede na namen rabe.

5 Ocena tehničnega in ekonomskega potenciala

5.1 Tehnični potencial prenove stavb in drugih ukrepov v gospodinjstvih, javnem sektorju in zasebnem storitvenem sektorju

Ocena tehničnega potenciala prenove stavb je narejena na podlagi rezultatov računskega modela 285 različnih scenarijev energetske prenove stavbe računskega modela večstanovanjske stavbe (VSS). Na podlagi teh scenarijev je bila izdelana analiza vpliva posameznih komponent toplotnega ovoja na rabo energije. Analiziran je bil vpliv toplotne izolacije zunanjih sten in strehe pri različnih debelinah toplotne izolacije in vpliv oken z različnimi toplotnimi prehodnostmi. Dolgoročni tehnični potencial prenove stavb zaradi razvoja tehnologije na področju gradbenih materialov in proizvodov je bil določen kot vpliv na rabo energije pri enakih ukrepih v energetsko učinkovitost vendar z uporabo materialov z boljšimi toplotnimi karakteristikami.

Računski primeri za določitev vpliva toplotne izolacije zunanjih sten in strehe na rabo energije pri različnih debelinah toplotne izolacije so prikazani v tabeli.

Preglednica 71: Tipične karakteristike ovoja stavbe uporabljene za modeliranje vpliva toplotne izolacije zunanjih sten in strehe na rabo energije pri različnih debelinah toplotne izolacije

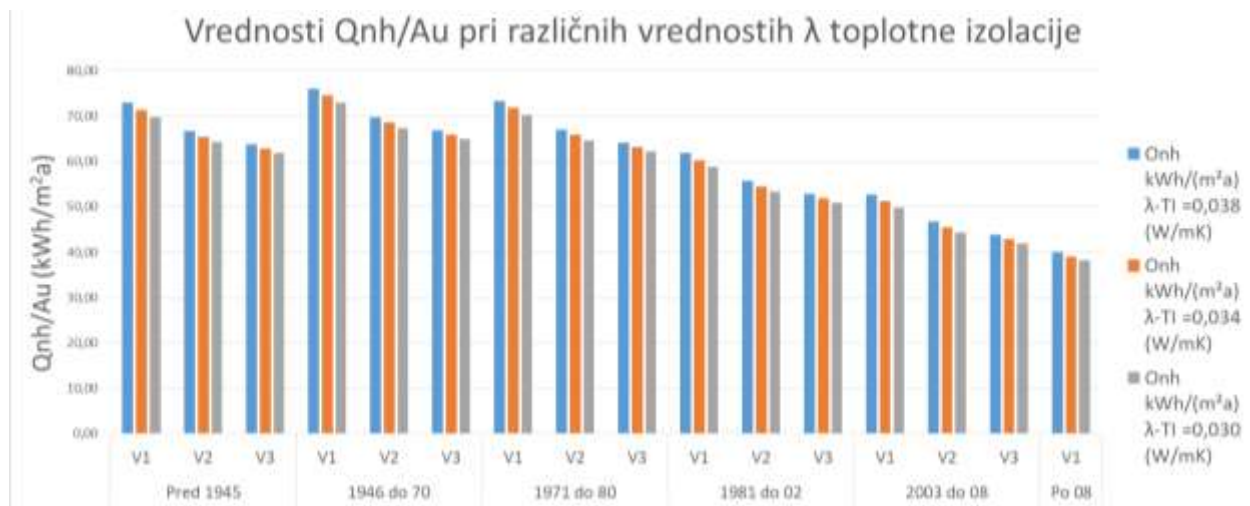
Obdobje gradnje	Variante	Debelina TI zunanje stene (cm)	Debelina TI strehe (cm)	U - Tla (W/m ² K)	U - Okna (W/m ² K)
Pred 1945	V1	10,6	15,4	1,00	2,70
	V2	16,0	15,4	1,00	2,70
	V3	22,0	21,4	1,00	2,70
1946 do 70	V1	10,8	15,9	1,31	2,70
	V2	16,2	15,9	1,31	2,70
	V3	22,2	21,9	1,31	2,70
1971 do 80	V1	10,6	15,5	1,04	2,70
	V2	16,0	15,5	1,04	2,70
	V3	22,0	21,5	1,04	2,70
1981 do 02	V1	8,9	11,9	0,50	2,30
	V2	14,3	11,9	0,50	2,30
	V3	20,3	17,9	0,50	2,30
2003 do 08	V1	7,3	3,6	0,45	1,60
	V2	12,7	3,6	0,45	1,60
	V3	18,7	9,6	0,45	1,60
Po 08	V1	11,4	6,0	0,35	1,30

Za projekcijo tehničnega potenciala zaradi razvoja tehnologije na področju gradbenih materialov je predpostavljeno postopno izboljšanje toplotne prevodnosti vgrajenih materialov toplotne izolacije v višini 20 % do leta 2050 glede na izhodiščno leto 2019. Za izhodiščno leto 2019 je predpostavljena toplotna prevodnost toplotne izolacije $\lambda=0,038$ W/mK. Rezultati izračuna potrebne toplote za ogrevanje pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov so prikazani v tabeli.

Preglednica 72: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov

Obdobje gradnje	Variante	Onh	1	2	1	2
		kWh/(m ² a) $\lambda-TI=0,038$ (W/mK)	kWh/(m ² a) $\lambda-TI=0,034$ (W/mK)	kWh/(m ² a) $\lambda-TI=0,030$ (W/mK)	Odstotek izboljšanja glede na stanje 2019	Odstotek izboljšanja glede na stanje 2019
Pred 1945	V1	72,88	71,33	69,77	2,12%	4,26%
	V2	66,67	65,43	64,17	1,87%	3,75%
	V3	63,70	62,75	61,79	1,50%	3,00%
1946 do 70	V1	76,03	74,48	72,91	2,04%	4,10%
	V2	69,78	68,53	67,27	1,79%	3,60%
	V3	66,80	65,84	64,87	1,43%	2,88%
1971 do 80	V1	73,27	71,72	70,16	2,11%	4,24%
	V2	67,06	65,81	64,56	1,86%	3,73%
	V3	64,08	63,13	62,17	1,49%	2,98%
1981 do 02	V1	61,80	60,29	58,75	2,45%	4,94%
	V2	55,73	54,51	53,28	2,19%	4,40%
	V3	52,82	51,89	50,95	1,77%	3,54%
2003 do 08	V1	52,75	51,25	49,73	2,85%	5,74%
	V2	46,73	45,52	44,29	2,59%	5,21%
	V3	43,83	42,91	41,98	2,10%	4,22%
Po 08	V1	40,02	39,10	38,17	2,30%	4,60%

Rezultati računskega modela so pokazali v povprečju 4 % zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje pri vgradnji toplotne izolacije z 20 % boljšo toplotno prevodnostjo. Rezultat je posledica prispevka



Slika 67: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov – modelski parametri

Računski primeri za določitev vpliva oken na rabo energije s karakteristikami toplotnega ovoja so prikazani v tabeli.

Preglednica 73: Tipične karakteristike oken uporabljene za modeliranje vpliva toplotne izolacije zunanjih sten in strehe na rabo energije pri različnih debelinah toplotne izolacije

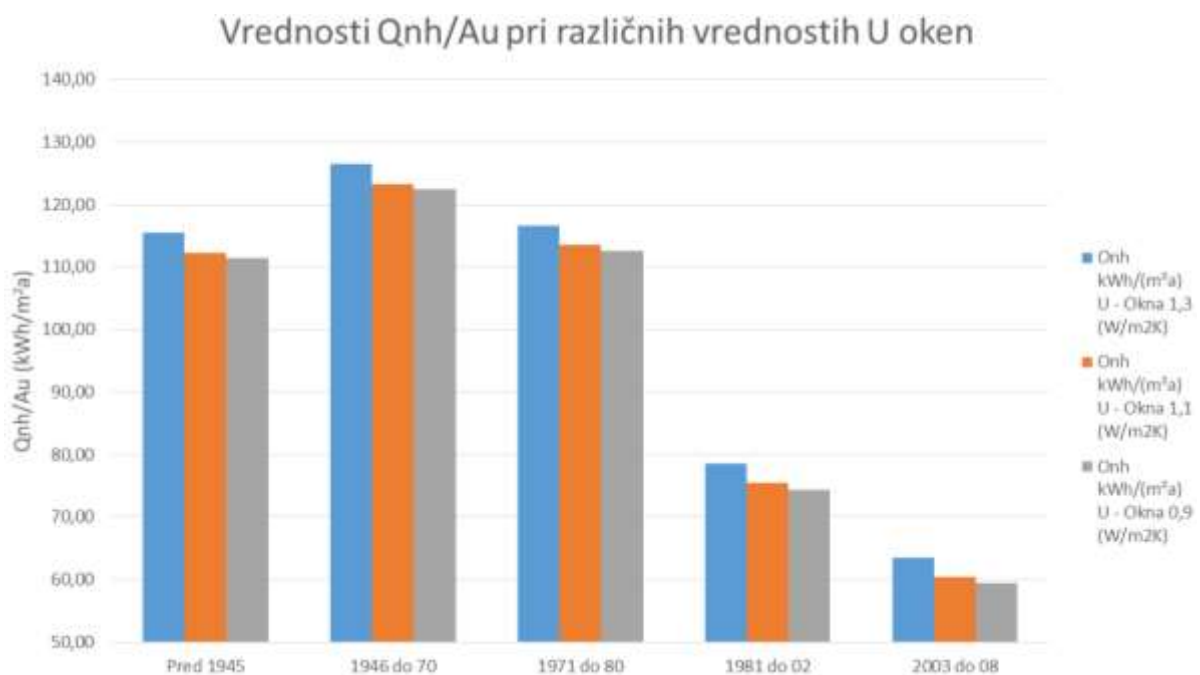
Obdobje gradnje	U - ZS (W/m ² K)	U - Streha (W/m ² K)	U - Tla (W/m ² K)
Pred 1945	1,29	1,10	1,00
1946 do 70	1,37	1,31	1,31
1971 do 80	1,28	1,16	1,04
1981 do 02	0,80	0,55	0,50
2003 do 08	0,60	0,25	0,45

Za projekcijo tehničnega potenciala zaradi razvoja tehnologije na področju gradbenih proizvodov je predpostavljeno postopno izboljšanje toplotne prehodnosti vgrajenih oken do leta 2050 v višini 30 % glede na izhodiščno stanje za leto 2019. Za izhodiščno leto 2019 je predpostavljena toplotna prehodnost oken $U=1,3$ W/m²K. Rezultati izračuna potrebne toplote za ogrevanje pri različnih toplotnih prehodnostih vgrajenih oken so prikazani v tabeli.

Računski model vpliva oken na potrebno toploto za ogrevanje je pokazal, da v povprečju 30 % boljša toplotna prevodnost vgrajenih oken prinese okoli 4,4 % nižjo rabo energije na nivoju celotne stavbe. V izračunu je bil upoštevan računski model večstanovanjske stavbe s faktorjem oblike 0,44 in 28 % deležem zasteklitve fasade.

Preglednica 74: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken

Obdobje gradnje	Onh kWh/(m ² a) U - okna 1,3 (W/m ² K)	Onh kWh/(m ² a) U - okna 1,1 (W/m ² K)	Onh kWh/(m ² a) U - okna 0,9 (W/m ² K)	Odstotek izboljšanja glede na izhodišče 2019	Odstotek izboljšanja glede na izhodišče 2019
Pred 1945	115,47	112,30	111,37	2,75%	3,55%
1946 do 70	126,52	123,33	122,43	2,52%	3,23%
1971 do 80	116,68	113,50	112,58	2,72%	3,51%
1981 do 02	78,52	75,42	74,42	3,95%	5,23%
2003 do 08	63,49	60,43	59,40	4,81%	6,45%



Slika 68: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken – modelski parametri

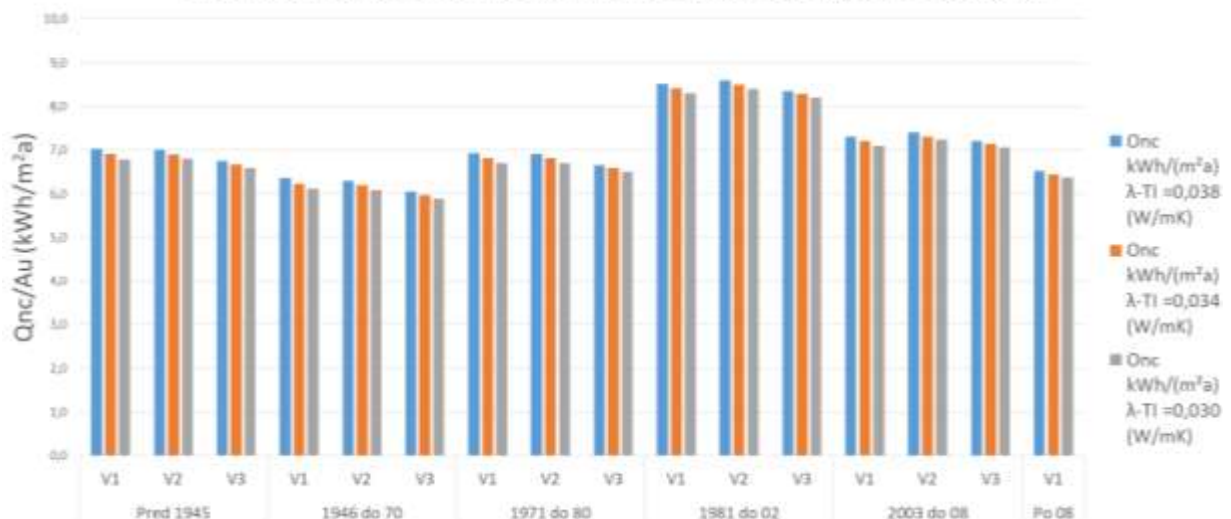
Izboljšanje toplotnega ovoja stavbe in zamenjava stavbnega pohištva ima za posledico tudi zmanjšanje potrebnega hlada za hlajenje stavbe Q_{NC}. Rezultati izračuna potrebnega hlada za hlajenje pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov so prikazani v tabeli.

Rezultati računskega modela so pokazali v povprečju 2,7 % zmanjšanje potrebnega hlada za hlajenje stavbe pri vgradnji toplotne izolacije z 20 % boljšo toplotno prevodnostjo.

Preglednica 75: Potreba po hladu pri različnih energetskih karakteristikah toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov ovoja stavbe

Primeri	Variante	Onc kWh/(m ² a) λ -TI =0,038 (W/mK)	Onc kWh/(m ² a) λ -TI =0,034 (W/mK)	Onc kWh/(m ² a) λ -TI =0,030 (W/mK)	Odstotek izboljšanja	Odstotek izboljšanja
Pred 1945	V1	7,0	6,9	6,8	1,68%	3,37%
	V2	7,0	6,90	6,8	1,54%	3,08%
	V3	6,8	6,7	6,6	1,20%	2,41%
1946 do 70	V1	6,4	6,2	6,1	1,87%	3,76%
	V2	6,3	6,2	6,1	1,72%	3,44%
	V3	6,0	6,0	5,9	1,35%	2,70%
1971 do 80	V1	6,9	6,8	6,7	1,71%	3,42%
	V2	6,9	6,8	6,7	1,56%	3,12%
	V3	6,7	6,6	6,5	1,22%	2,45%
1981 do 02	V1	8,5	8,4	8,3	1,29%	2,59%
	V2	8,6	8,5	8,4	1,18%	2,36%
	V3	8,4	8,3	8,2	0,91%	1,82%
2003 do 08	V1	7,3	7,2	7,1	1,39%	2,78%
	V2	7,4	7,3	7,2	1,26%	2,21%
	V3	7,2	7,1	7,1	0,96%	1,93%
Po 08	V1	6,5	6,4	6,4	1,01%	2,01%

Vrednosti Qnc/Au pri različnih vrednostih λ toplotne izolacije



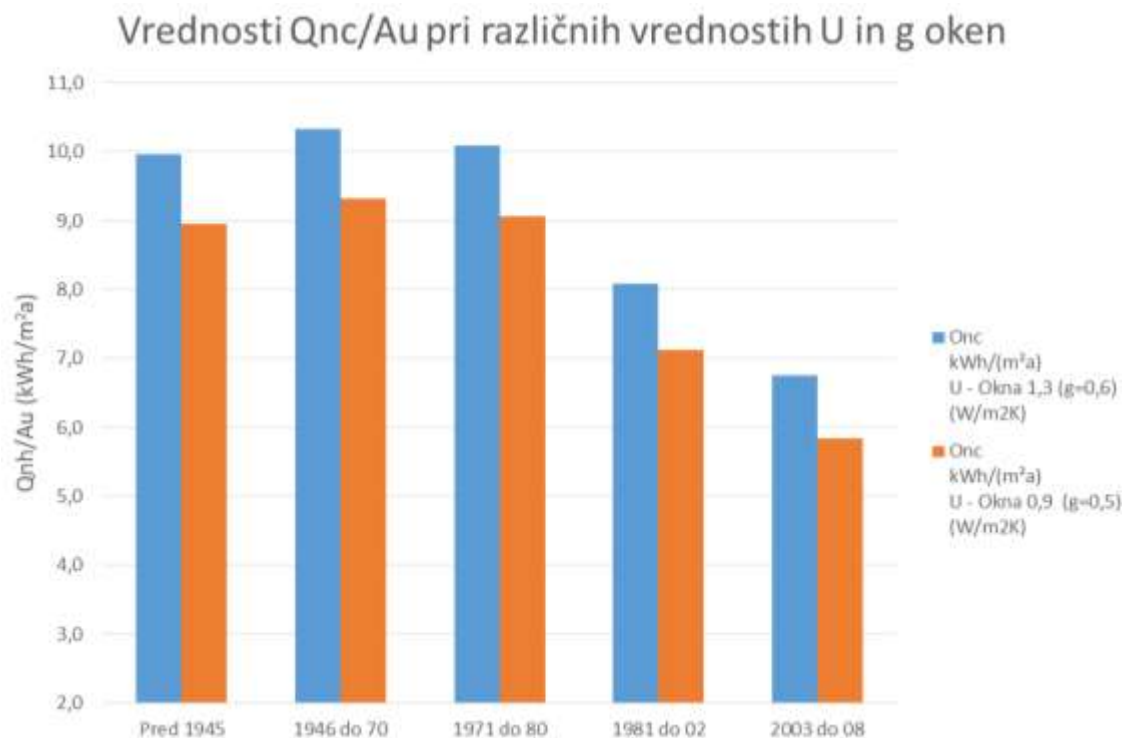
Slika 69: Potreba po hladu pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov v ovoju stavbe – modelski parametri

Rezultat izračuna potrebnega hladu za hlajenje pri različni toplotni prehodnosti oken in energijski prehodnosti zasteklitve vgrajenega stavbnega pohištva je prikazan v tabeli.

Preglednica 76: Potreba po hladu pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken

Obdobje gradnje	Onc kWh/(m ² a) U - Okna 1,3 (g=0,6) (W/m ² K)	Onc kWh/(m ² a) U - Okna 0,9 (g=0,5) (W/m ² K)	Odstotek izboljšanja
Pred 1945	10,0	8,9	10,17%
1946 do 70	10,3	9,3	9,85%
1971 do 80	10,1	9,1	10,08%
1981 do 02	8,1	7,1	11,94%
2003 do 08	6,7	5,8	13,57%

Rezultati računskega modela so pokazali v povprečju 11 % zmanjšanje potrebnega hladu za hlajenje stavbe pri vgradnji oken z boljšimi toplotnimi karakteristikami. V izračunu je bil upoštevan računski model večstanovanjske stavbe s faktorjem oblike 0,44 in 28 % deležem zasteklitve fasade.



Slika 70: Potreba po hladu pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken – modelski parametri

V izračunih je bil upoštevan tudi vpliv izboljšanja tehničnih karakteristik prezračevalnih sistemov. Pri projekcijah je predpostavljeno izboljšanje izkoristka prezračevanja za 1 odstotno točko v desetletju.

Glede na analizo vpliva posameznih komponent toplotnega ovoja na rabo energije zaradi razvoja tehnologije na področju gradbenih materialov in proizvodov so bile računsko določene naslednje karakteristične vrednosti rabe energije za vse računске primere glede na leto obnove

stavb. V izračunih je predpostavljena postopna zaostritev zakonodaje na področju učinkovite rabe energije v višini 15 % do leta 2050 glede na izhodiščno stanje leta 2019.

Preglednica 77: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za enodružinske hiše

Računski model	Razred energetske prenove	Q _{nh}					Q _{nc}				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
EDH-1	1 brez	257,27	/	/	/	/	26,76	/	/	/	/
EDH-1	1 P	151,00	140,43	127,78	117,89	115,56	20,98	20,56	19,95	19,28	18,08
EDH-1	1 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	7,55	7,40	7,18	6,94	6,50
EDH-1	1 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	5,78	5,66	5,49	5,31	4,98
EDH-1	2 brez	281,18	/	/	/	/	28,60	/	/	/	/
EDH-1	2 P	151,00	140,43	127,78	117,89	115,56	10,52	10,31	10,00	9,67	9,06
EDH-1	2 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	6,02	5,90	5,72	5,53	5,19
EDH-1	2 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	3,68	3,61	3,50	3,38	3,17
EDH-1	3 brez	259,61	/	/	/	/	27,17	/	/	/	/
EDH-1	3 P	111,00	103,23	93,93	86,66	84,95	11,06	10,84	10,52	10,17	9,53
EDH-1	3 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	7,42	7,27	7,05	6,81	6,39
EDH-1	3 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	5,68	5,56	5,40	5,22	4,89
EDH-1	4 brez	164,80	/	/	/	/	19,72	/	/	/	/
EDH-1	4 P	90,00	83,70	76,16	70,27	68,88	13,05	12,79	12,41	12,00	11,25
EDH-1	4 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	9,18	9,00	8,73	8,44	7,91
EDH-1	4 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	7,35	7,21	6,99	6,76	6,34
EDH-1	5 brez	119,87	/	/	/	/	13,29	/	/	/	/
EDH-1	5 Nadst	55,00	51,15	46,54	42,94	42,09	9,38	9,20	8,92	8,62	8,09
EDH-1	5 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	7,72	7,57	7,34	7,10	6,65
EDH-1	6 brez	80,44	/	/	/	/	10,36	/	/	/	/
EDH-1	6 NE	15,00	13,80	12,39	11,26	10,73	6,14	6,02	5,84	5,65	5,29

Preglednica 78: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za enodružinske hiše

Računski model	Razred energetske prenov	Q _{nh}					Q _{nc}				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
EDH-2	1 brez	162,44	/	/	/	/	11,78	/	/	/	/
EDH-2	1 P	151,00	140,43	127,78	117,89	115,56	9,71	9,51	9,23	8,92	8,36
EDH-2	1 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	4,71	4,62	4,48	4,33	4,06
EDH-2	1 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	2,49	2,44	2,37	2,29	2,15
EDH-2	2 brez	177,02	/	/	/	/	12,52	/	/	/	/
EDH-2	2 P	151,00	140,43	127,78	117,89	115,56	6,98	6,84	6,64	6,42	6,02
EDH-2	2 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	3,91	3,83	3,72	3,59	3,37
EDH-2	2 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	1,93	1,89	1,84	1,78	1,67
EDH-2	3 brez	163,78	/	/	/	/	11,95	/	/	/	/
EDH-2	3 P	111,00	103,23	93,93	86,66	84,95	9,08	8,90	8,64	8,35	7,82
EDH-2	3 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	4,50	4,41	4,28	4,13	3,88
EDH-2	3 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	2,45	2,40	2,33	2,25	2,11
EDH-2	4 brez	106,64	/	/	/	/	8,65	/	/	/	/
EDH-2	4 P	90,00	83,70	76,16	70,27	68,88	6,70	6,56	6,37	6,15	5,77
EDH-2	4 IzbP	77,00	71,61	65,16	60,12	58,93	5,67	5,55	5,39	5,21	4,88
EDH-2	4 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	3,13	3,07	2,98	2,87	2,70
EDH-2	5 brez	79,99	/	/	/	/	5,70	/	/	/	/
EDH-2	5 Nadst	55,00	51,15	46,54	42,94	42,09	4,84	4,74	4,60	4,44	4,17
EDH-2	5 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	3,21	3,14	3,05	2,95	2,76
EDH-2	6 brez	55,92	/	/	/	/	4,34	/	/	/	/
EDH-2	6 NE	15,00	13,80	12,39	11,26	10,73	2,94	2,88	2,79	2,70	2,53

Preglednica 79: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za večstanovanjske stavbe

Računski model	Razred energetske prenov	Q _{nh}					Q _{nc}				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
VSS	1 brez	133,34	/	/	/	/	12,48	/	/	/	/
VSS	1 P	98,00	91,14	82,93	76,51	75,00	11,07	10,85	10,53	10,17	9,54
VSS	1 IzbP	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	7,03	6,89	6,68	6,46	6,05
VSS	1 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	3,86	3,78	3,67	3,54	3,32
VSS	2 brez	144,41	/	/	/	/	12,89	/	/	/	/
VSS	2 P	98,00	91,14	82,93	76,51	75,00	11,15	10,93	10,60	10,25	9,61
VSS	2 IzbP	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	6,23	6,11	5,93	5,73	5,37
VSS	2 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	3,28	3,21	3,12	3,01	2,83
VSS	3 brez	134,56	/	/	/	/	12,62	/	/	/	/
VSS	3 P	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	6,94	6,80	6,60	6,38	5,98
VSS	3 IzbP	58,00	53,94	49,08	45,28	44,39	4,85	4,75	4,61	4,46	4,18

Računski model	Razred energetske prenovne	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
VSS	3 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	3,81	3,73	3,62	3,50	3,28
VSS	4 brez	90,04	/	/	/	/	10,62	/	/	/	/
VSS	4 P	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	10,10	9,90	9,60	9,28	8,70
VSS	4 IzbP	58,00	53,94	49,08	45,28	44,39	8,30	8,13	7,89	7,63	7,15
VSS	4 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	4,58	4,48	4,35	4,21	3,94
VSS	5 brez	66,38	/	/	/	/	7,75	/	/	/	/
VSS	5 Nadst	49,00	45,57	41,46	38,26	37,50	6,22	6,09	5,91	5,71	5,36
VSS	5 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	4,66	4,57	4,43	4,28	4,02
VSS	6 brez	48,91	/	/	/	/	6,59	/	/	/	/
VSS	6 NE	15,00	13,80	12,39	11,26	10,73	4,62	4,53	4,39	4,25	3,98

Preglednica 80: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – pisarniške stavbe

Računski model	Razred energetske prenovne	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
Pisarniška	1 brez	119,22	/	/	/	/	23,58	/	/	/	/
Pisarniška	1 P	80,00	74,40	67,70	62,46	61,22	22,39	21,95	21,30	20,58	19,30
Pisarniška	1 IzbP	45,00	41,85	38,08	35,13	34,44	16,02	15,70	15,23	14,72	13,80
Pisarniška	1 NE	20,00	18,40	16,52	15,02	14,31	11,12	10,90	10,57	10,22	9,58
Pisarniška	2 brez	125,74	/	/	/	/	23,72	/	/	/	/
Pisarniška	2 P	80,00	74,40	67,70	62,46	61,22	22,23	21,78	21,14	20,43	19,15
Pisarniška	2 IzbP	45,00	41,85	38,08	35,13	34,44	15,34	15,03	14,59	14,10	13,22
Pisarniška	2 NE	20,00	18,40	16,52	15,02	14,31	10,62	10,41	10,10	9,76	9,15
Pisarniška	3 brez	119,51	/	/	/	/	23,63	/	/	/	/
Pisarniška	3 P	80,00	74,40	67,70	62,46	61,22	22,42	21,97	21,32	20,60	19,31
Pisarniška	3 IzbP	45,00	41,85	38,08	35,13	34,44	15,94	15,62	15,16	14,65	13,73
Pisarniška	3 NE	20,00	18,40	16,52	15,02	14,31	11,06	10,84	10,52	10,17	9,53
Pisarniška	4 brez	83,19	/	/	/	/	23,16	/	/	/	/
Pisarniška	4 P	65,00	60,45	55,00	50,75	49,74	20,14	19,74	19,16	18,51	17,36
Pisarniška	4 IzbP	40,00	37,20	33,85	31,23	30,61	16,11	15,78	15,32	14,80	13,88
Pisarniška	4 NE	20,00	18,40	16,52	15,02	14,31	10,81	10,60	10,28	9,94	9,32
Pisarniška	5 brez	59,18	/	/	/	/	19,51	/	/	/	/
Pisarniška	5 Nadst	35,00	32,55	29,62	27,33	26,79	17,14	16,80	16,31	15,76	14,77
Pisarniška	5 NE	20,00	18,40	16,52	15,02	14,31	10,89	10,67	10,36	10,01	9,38
Pisarniška	6 brez	41,07	/	/	/	/	17,47	/	/	/	/
Pisarniška	6 NE	15,00	13,80	12,39	11,26	10,73	11,14	10,92	10,60	10,24	9,60



Preglednica 81: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – trgovine

Računski model	Razred energetske prenov	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
Trgovina	1 brez	302,39	/	/	/	/	32,02	/	/	/	/
Trgovina	1 P	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	7,85	7,69	7,47	7,21	6,76
Trgovina	1 IzbP	100,00	93,00	84,62	78,08	76,53	7,44	7,29	7,08	6,84	6,41
Trgovina	1 NE	60,00	55,20	49,57	45,05	42,92	5,37	5,27	5,11	4,94	4,63
Trgovina	2 brez	339,97	/	/	/	/	34,69	/	/	/	/
Trgovina	2 P	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	5,45	5,34	5,18	5,01	4,70
Trgovina	2 IzbP	100,00	93,00	84,62	78,08	76,53	4,52	4,43	4,30	4,15	3,89
Trgovina	2 NE	60,00	55,20	49,57	45,05	42,92	3,49	3,42	3,32	3,21	3,01
Trgovina	3 brez	307,21	/	/	/	/	32,72	/	/	/	/
Trgovina	3 P	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	7,43	7,28	7,06	6,82	6,40
Trgovina	3 IzbP	100,00	93,00	84,62	78,08	76,53	6,84	6,70	6,51	6,29	5,89
Trgovina	3 NE	60,00	55,20	49,57	45,05	42,92	5,27	5,17	5,02	4,85	4,54
Trgovina	4 brez	184,32	/	/	/	/	21,20	/	/	/	/
Trgovina	4 P	100,00	93,00	84,62	78,08	76,53	6,18	6,05	5,88	5,68	5,32
Trgovina	4 IzbP	80,00	74,40	67,70	62,46	61,22	6,18	6,06	5,88	5,68	5,33
Trgovina	4 NE	40,00	36,80	33,05	30,03	28,61	4,12	4,04	3,92	3,79	3,55
Trgovina	5 brez	135,02	/	/	/	/	14,42	/	/	/	/
Trgovina	5 Nadst	80,00	74,40	67,70	62,46	61,22	6,44	6,31	6,13	5,92	5,55
Trgovina	5 NE	40,00	36,80	33,05	30,03	28,61	4,25	4,17	4,04	3,91	3,66
Trgovina	6 brez	92,97	/	/	/	/	12,17	/	/	/	/
Trgovina	6 NE	30,00	27,60	24,79	22,52	21,46	4,48	4,39	4,26	4,11	3,86

Preglednica 82: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – vrtci

Računski model	Razred energetske prenov	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
Vrtec	1 brez	173,57	/	/	/	/	13,95	/	/	/	/
Vrtec	1 P	98,00	91,14	82,93	76,51	75,00	4,68	4,59	4,45	4,30	4,03
Vrtec	1 IzbP	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	2,71	2,65	2,57	2,49	2,33
Vrtec	1 NE	40,00	36,80	33,05	30,03	28,61	1,83	1,80	1,74	1,69	1,58
Vrtec	2 brez	191,97	/	/	/	/	14,96	/	/	/	/
Vrtec	2 P	98,00	91,14	82,93	76,51	75,00	3,85	3,77	3,66	3,54	3,32
Vrtec	2 IzbP	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	2,06	2,02	1,96	1,89	1,78
Vrtec	2 NE	40,00	36,80	33,05	30,03	28,61	1,32	1,29	1,25	1,21	1,14
Vrtec	3 brez	176,06	/	/	/	/	14,25	/	/	/	/
Vrtec	3 P	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	2,63	2,58	2,51	2,42	2,27
Vrtec	3 IzbP	65,00	60,45	55,00	50,75	49,74	2,52	2,47	2,39	2,31	2,17

Računski model	Razred energetske prenovne	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
Vrtec	3 NE	40,00	36,80	33,05	30,03	28,61	1,78	1,75	1,70	1,64	1,54
Vrtec	4 brez	112,14	/	/	/	/	9,92	/	/	/	/
Vrtec	4 P	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	6,19	6,07	5,89	5,69	5,34
Vrtec	4 IzbP	65,00	60,45	55,00	50,75	49,74	4,01	3,93	3,81	3,68	3,45
Vrtec	4 NE	30,00	27,60	24,79	22,52	21,46	2,53	2,48	2,41	2,32	2,18
Vrtec	5 brez	82,37	/	/	/	/	5,89	/	/	/	/
Vrtec	5 Nadst	55,00	51,15	46,54	42,94	42,09	4,14	4,06	3,94	3,80	3,57
Vrtec	5 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	2,59	2,54	2,46	2,38	2,23
Vrtec	6 brez	61,66	/	/	/	/	4,48	/	/	/	/
Vrtec	6 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	2,79	2,73	2,65	2,56	2,40

Preglednica 83: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – bolnišnice

Računski model	Razred energetske prenovne	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
Bolnica	1 brez	213,06	/	/	/	/	26,03	/	/	/	/
Bolnica	1 P	140,00	130,20	118,47	109,31	107,14	23,73	23,26	22,57	21,81	20,45
Bolnica	1 IzbP	110,00	102,30	93,08	85,88	84,18	14,68	14,39	13,96	13,49	12,65
Bolnica	1 NE	45,00	41,40	37,18	33,78	32,19	11,14	10,92	10,59	10,24	9,60
Bolnica	2 brez	226,29	/	/	/	/	26,46	/	/	/	/
Bolnica	2 P	140,00	130,20	118,47	109,31	107,14	18,52	18,15	17,62	17,02	15,96
Bolnica	2 IzbP	110,00	102,30	93,08	85,88	84,18	13,62	13,35	12,95	12,52	11,74
Bolnica	2 NE	45,00	41,40	37,18	33,78	32,19	10,21	10,01	9,71	9,39	8,80
Bolnica	3 brez	214,23	/	/	/	/	26,17	/	/	/	/
Bolnica	3 P	110,00	102,30	93,08	85,88	84,18	19,13	18,75	18,19	17,58	16,48
Bolnica	3 IzbP	90,00	83,70	76,16	70,27	68,88	14,51	14,22	13,80	13,34	12,51
Bolnica	3 NE	40,00	36,80	33,05	30,03	28,61	11,05	10,83	10,51	10,16	9,53
Bolnica	4 brez	156,62	/	/	/	/	24,02	/	/	/	/
Bolnica	4 P	110,00	102,30	93,08	85,88	84,18	21,60	21,16	20,54	19,85	18,61
Bolnica	4 IzbP	90,00	83,70	76,16	70,27	68,88	16,48	16,15	15,68	15,15	14,20
Bolnica	4 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	12,30	12,05	11,70	11,30	10,60
Bolnica	5 brez	125,63	/	/	/	/	19,30	/	/	/	/
Bolnica	5 Nadst	80,00	74,40	67,70	62,46	61,22	16,75	16,42	15,93	15,40	14,44
Bolnica	5 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	12,43	12,18	11,82	11,42	10,71
Bolnica	6 brez	100,97	/	/	/	/	16,84	/	/	/	/
Bolnica	6 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	12,37	12,12	11,76	11,37	10,66

Preglednica 84: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – zdravstveni domovi

Računski model	Razred energetske prenovne	Qnh					Qnc				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
ZD	1 brez	132,20	/	/	/	/	16,13	/	/	/	/
ZD	1 P	98,00	91,14	82,93	76,51	75,00	14,37	14,09	13,67	13,21	12,38
ZD	1 IzbP	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	10,50	10,29	9,98	9,65	9,04
ZD	1 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	5,33	5,22	5,07	4,90	4,59
ZD	2 brez	142,00	/	/	/	/	16,53	/	/	/	/
ZD	2 P	98,00	91,14	82,93	76,51	75,00	14,42	14,14	13,72	13,26	12,43
ZD	2 IzbP	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	9,53	9,34	9,06	8,76	8,21
ZD	2 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	4,82	4,73	4,59	4,43	4,16
ZD	3 brez	133,26	/	/	/	/	16,26	/	/	/	/
ZD	3 P	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	10,20	9,99	9,70	9,37	8,79
ZD	3 IzbP	58,00	53,94	49,08	45,28	44,39	7,07	6,93	6,72	6,50	6,09
ZD	3 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	5,27	5,17	5,02	4,85	4,54
ZD	4 brez	92,86	/	/	/	/	14,20	/	/	/	/
ZD	4 P	75,00	69,75	63,47	58,56	57,40	13,49	13,22	12,83	12,40	11,63
ZD	4 IzbP	58,00	53,94	49,08	45,28	44,39	8,50	8,33	8,09	7,82	7,33
ZD	4 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	6,07	5,94	5,77	5,57	5,23
ZD	5 brez	71,29	/	/	/	/	10,65	/	/	/	/
ZD	5 Nadst	49,00	45,57	41,46	38,26	37,50	8,43	8,26	8,02	7,75	7,27
ZD	5 NE	25,00	23,00	20,66	18,77	17,88	6,15	6,03	5,85	5,65	5,30
ZD	6 brez	55,52	/	/	/	/	8,88	/	/	/	/
ZD	6 NE	15,00	13,80	12,39	11,26	10,73	6,07	5,95	5,77	5,58	5,23

Preglednica 85: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – študentski domovi

Računski model	Razred energetske preнове	Q _{nh}					Q _{nc}				
		2018	2020	2030	2040	2050	2018	2020	2030	2040	2050
ŠD	1 brez	324,24	/	/	/	/	23,56	/	/	/	/
ŠD	1 P	145,00	134,85	122,70	113,21	110,97	4,99	4,89	4,74	4,58	4,30
ŠD	1 IzbP	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	3,87	3,80	3,68	3,56	3,34
ŠD	1 NE	70,00	64,40	57,83	52,55	50,07	3,02	2,96	2,88	2,78	2,61
ŠD	2 brez	355,26	/	/	/	/	25,24	/	/	/	/
ŠD	2 P	145,00	134,85	122,70	113,21	110,97	3,71	3,64	3,53	3,41	3,20
ŠD	2 IzbP	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	2,66	2,60	2,53	2,44	2,29
ŠD	2 NE	70,00	64,40	57,83	52,55	50,07	1,98	1,94	1,88	1,82	1,71
ŠD	3 brez	327,15	/	/	/	/	23,98	/	/	/	/
ŠD	3 P	145,00	134,85	122,70	113,21	110,97	4,88	4,78	4,64	4,49	4,21
ŠD	3 IzbP	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	3,77	3,70	3,59	3,47	3,25
ŠD	3 NE	70,00	64,40	57,83	52,55	50,07	2,97	2,91	2,83	2,73	2,56
ŠD	4 brez	212,96	/	/	/	/	14,60	/	/	/	/
ŠD	4 P	120,00	111,60	101,55	93,69	91,84	6,52	6,39	6,20	5,99	5,62
ŠD	4 IzbP	100,00	93,00	84,62	78,08	76,53	5,44	5,33	5,18	5,00	4,69
ŠD	4 NE	50,00	46,00	41,31	37,54	35,77	3,59	3,52	3,41	3,30	3,09
ŠD	5 brez	165,49	/	/	/	/	9,41	/	/	/	/
ŠD	5 Nadst	90,00	83,70	76,16	70,27	68,88	5,31	5,21	5,05	4,88	4,58
ŠD	5 NE	45,00	41,40	37,18	33,78	32,19	3,43	3,36	3,26	3,15	2,95
ŠD	6 brez	116,78	/	/	/	/	6,80	/	/	/	/
ŠD	6 NE	35,00	32,20	28,92	26,28	25,04	3,50	3,43	3,33	3,21	3,01

Projekcija rabe električne energije za prezračevanje temelji na predpostavkah o izboljšanju povprečnih tehničnih karakteristik prezračevalnih sistemov. Prezračevalni sistemi so bili upoštevani samo pri celoviti prenovi oz. nizkoenergijski prenovi stavb.

Preglednica 86: Karakteristične vrednosti rabe električne energije po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050

Računski model	Razred energetske prenov	Qf,V [kWh/m ²]				
		2018	2020	2030	2040	2050
EDH-1	NE	6,00	5,94	5,88	5,82	5,70
EDH-2	NE	6,00	5,94	5,88	5,82	5,70
VSS	NE	6,00	5,94	5,88	5,82	5,70
Pisarniška	NE	6,00	5,94	5,88	5,82	5,70
Trgovina	NE	12,00	11,88	11,76	11,64	11,40
Vrtec	NE	5,00	4,95	4,90	4,85	4,75
Bolnica	NE	12,00	11,88	11,76	11,64	11,40
Zdravstveni dom	NE	9,00	8,91	8,82	8,73	8,55
Športna dvorana	NE	11,00	10,89	10,78	10,67	10,45

5.2 Ekonomske karakteristike potenciala

Na podlagi izračunov rabe energije v stavbah so bili določeni ukrepi v energetsko učinkovitost stavb. Določena je bila kvaliteta ukrepov in obseg sanacije, ki je potreben za doseganje posameznega razreda energetske prenov ali prehod iz slabšega v boljši razred.

Kot je že omenjeno v poglavju v opisu tipologije stavb, je bil v izračunih upoštevane različne kombinacije energetske prenov stavb iz nabora štirih ukrepov v energetsko učinkovitost. Upoštevani so bili trije možni ukrepi na ovoju stavbe in sicer toplotna izolacija strehe, toplotna izolacija zunanjih sten in menjava oken. Kot četrti ukrep je upoštevana vgradnja mehanskega prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka.

Potrebni ukrepi na ovoju stavbe so bili določeni s pomočjo računskega modela. Določene so bile potrebne debeline toplotne izolacije na zunanjih stenah in strehi in potrebna toplotna prehodnost oken za doseganje posameznega razreda energetske učinkovitosti stavbe. Za doseganje nizkoenergijske prenov se je v izračunu predvidela tudi vgradnja mehanskega prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka.

Za določitev cen posameznih ukrepov v energetsko učinkovitost so bili analizirani podatki iz baze 188 stavb, ki so predmet energetske sanacije v okviru *Operativnega programa Evropske kohezijske politike za obdobje 2014–2020 (OP EKP)*. Dodatni kriteriji za oblikovanje cen predstavljajo tudi podatki o cenah gradbenih materialov in proizvodov različnih proizvajalcev.

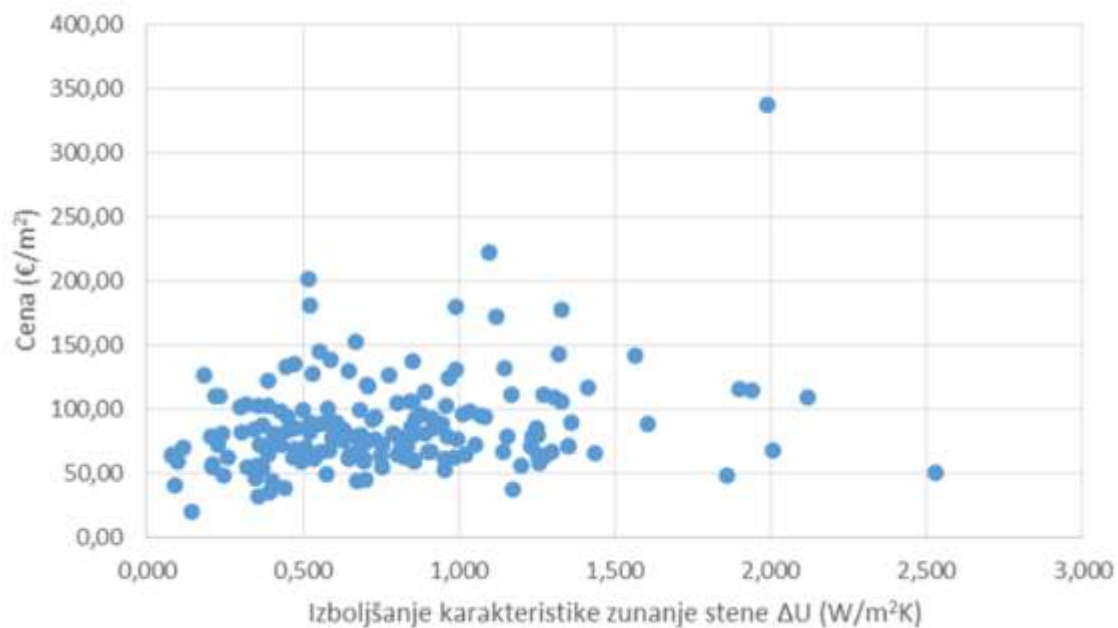
Slika 71: Cene ukrepov za posamezne ukrepe v energetsko učinkovitost – analiza izvedenih ukrepov OP EKP

Ukrepi na toplotnem ovoju:				Cena ukrepa na toplotnem ovoju:			
TI ZS	TI Streha	Okna	Rekuperacija	TI ZS	TI Streha	Okna	Rekuperacija

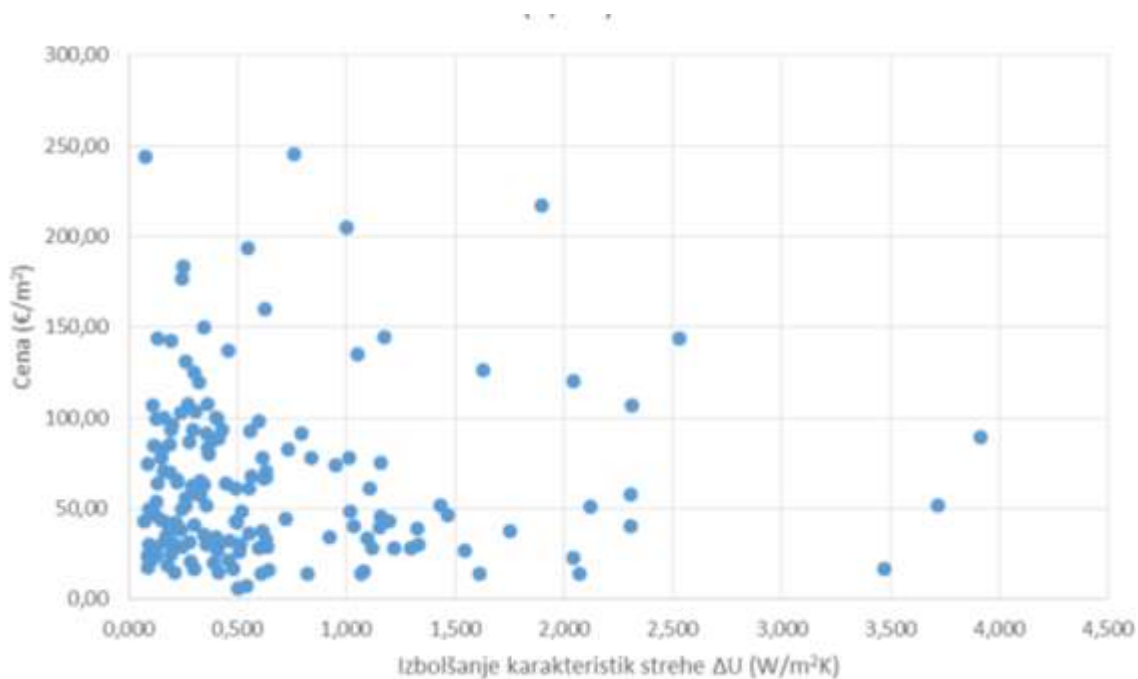
Debelina (cm)	Debelina (cm)	Toplotna prehodnost (W/m ² K)	Volumen za prezračevanje (m ³)	(EUR/m ²)	(EUR/m ²)	(EUR/m ²)	(EUR)
[4–10]	[6–10]	[1,3]	Manj kot 1500	35,00	60,00	360,00	15.182,50
[10–12]	[10–12]	[1,1]	1.500–3.000	45,00	75,00	400,00	26.536,23
[12–15]	[12–15]	[0,9]	3.000–5.000	50,00	80,00	490,00	57.953,31
[15–18]	[15–18]	/	5.000–10.000	55,00	85,00	/	66.606,89
[18–20]	[18–20]	/	10.000–20.000	60,00	90,00	/	104.803,91
[20–25]	[20–25]	/	20.000–30.000	65,00	100,00	/	175.228,66
[nad 25]	[25–30]	/	Več kot 30.000	70,00	110,00	/	421.571,00
/	[nad 30]	/	/	/	120,00	/	/

Analiza cene ukrepov iz baze podatkov energetskih sanacij stavb v okviru *OP EKP* je dala naslednje vrednosti.

Za določitev investicijskih stroškov toplotne izolacije zunanjih sten in strehe, so bile upoštevane cene fasade in ostrešja. Ker sestave konstrukcijskih sklopov in materiali niso znani, je bila cena za m² fasade izražena v odvisnosti glede na izboljšanje toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa pred in po sanaciji.

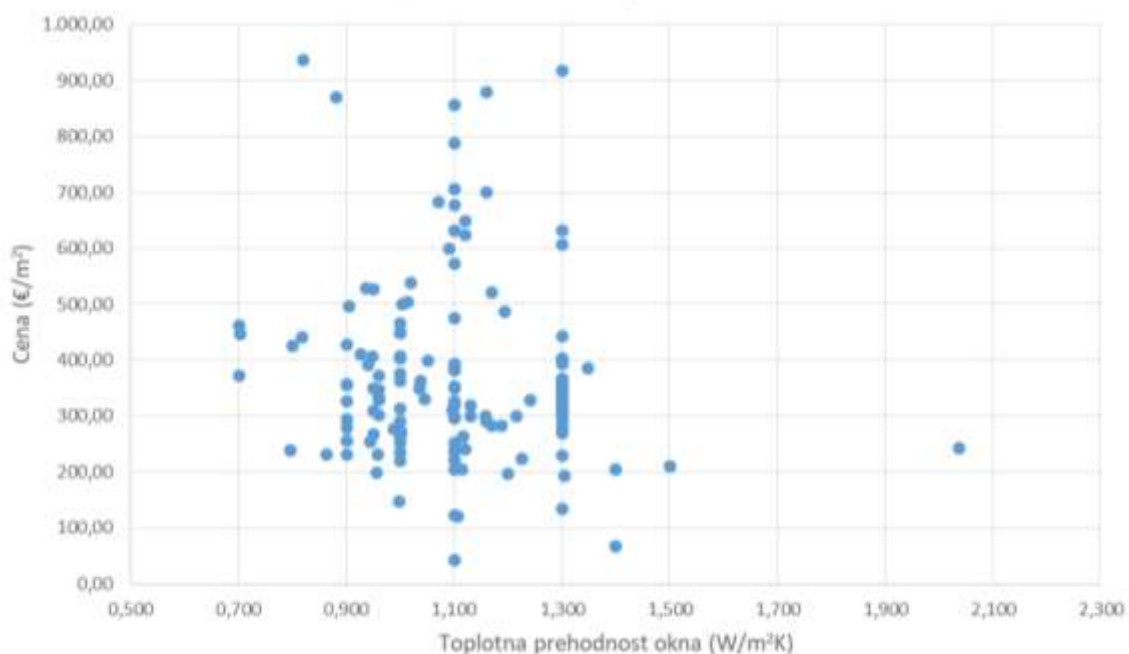


Slika 72: Razmerje med specifično investicijo v fasado in izboljšanje karakteristike zunanje stene



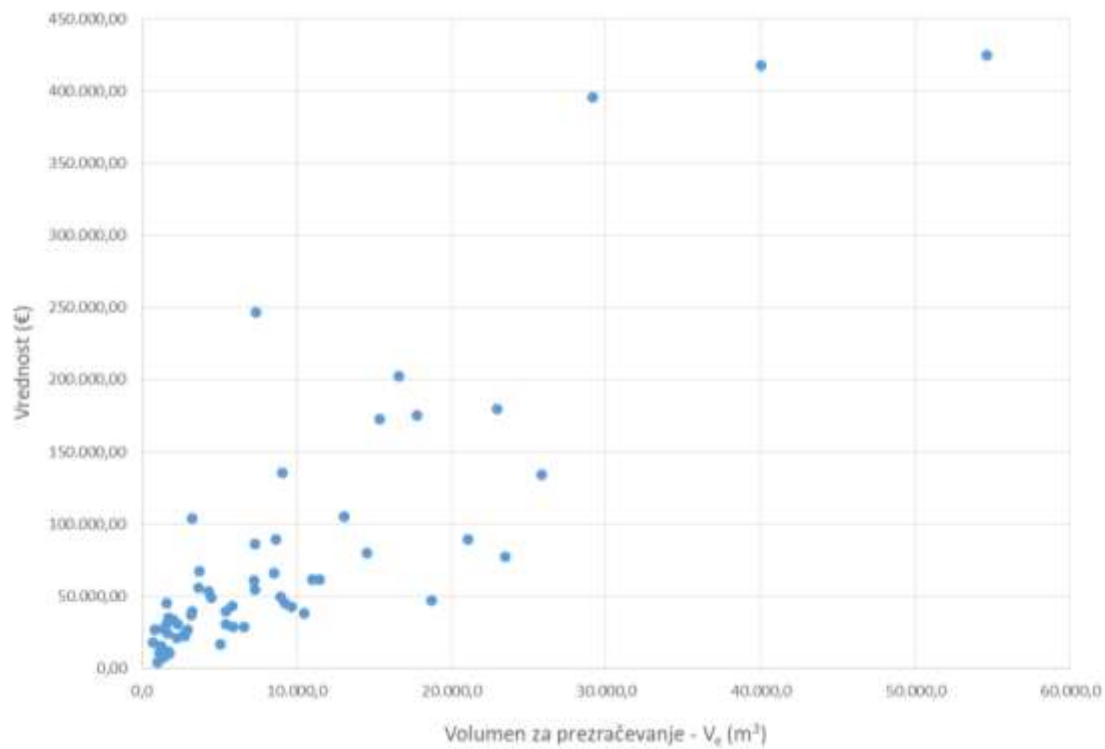
Slika 73: Razmerje med specifično investicijo v ostrežje in izboljšanje karakteristike strehe

Za določitev investicijskih stroškov vgradnje novega stavbnega pohištva so bile cene za m² oken izražene v odvisnosti od toplotne prehodnosti vgrajenih oken.

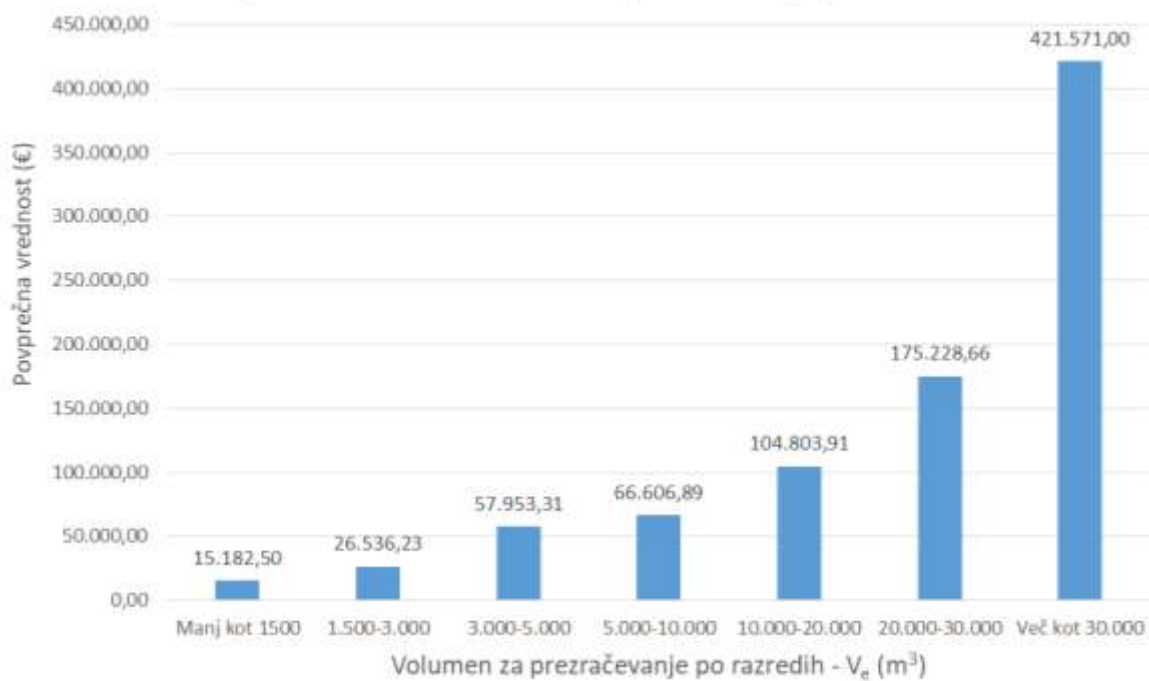


Slika 74: Razmerje med specifično investicijo v okna in toplotno prehodnostjo okna

Za določitev investicijskih stroškov vgradnje mehanskega prezračevanja z rekuperacijo toplote bile cene za sistem izražene glede na volumen prezračevanja.



Slika 75: Razmerje med ceno sistema za prezračevanje z rekuperacijo in volumna za prezračevanje



Slika 76: Povprečne cene sistemov za prezračevanje z rekuperacijo po velikostnih razredih glede na volumna za prezračevanje

Glede na analizo cene ukrepov je bila določena investicijska vrednost energetske prenove objektov za doseganje posameznega razreda energetske prenove ali prehod iz slabšega v boljši razred. Vrednost investicije je podana na m² kondicionirane površine.

Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske prenove so bili določeni računsko in so podani v naslednjih tabelah.

Preglednica 87: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za enodružinske hiše EDH-1

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske prenove Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS	TI Streha	Okna	Rek
				(cm)	(cm)	(U)	(85%)
EDH-1	Pred 1945	1 brez	257,27	/	/	/	/
EDH-1	Pred 1945	1 P	151,00	[12–15]	/	/	/
EDH-1	Pred 1945	1 IzbP	77,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
EDH-1	Pred 1945	1 NE	35,00	[nad 25]	[25–30]	[1,1]	[Rek-85%]
EDH-1	1946 do 70	2 brez	281,18	/	/	/	/
EDH-1	1946 do 70	2 P	151,00	[10–12]	[15–18]	/	/
EDH-1	1946 do 70	2 IzbP	77,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	/
EDH-1	1946 do 70	2 NE	35,00	[nad 25]	[nad 30]	[0,9]	[Rek-85%]
EDH-1	1971 do 80	3 brez	259,61	/	/	/	/
EDH-1	1971 do 80	3 P	111,00	[10–12]	[15–18]	/	/
EDH-1	1971 do 80	3 IzbP	77,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
EDH-1	1971 do 80	3 NE	35,00	[nad 25]	[25–30]	[1,1]	[Rek-85%]
EDH-1	1981 do 02	4 brez	164,80	/	/	/	/
EDH-1	1981 do 02	4 P	90,00	[10–12]	[15–18]	/	/
EDH-1	1981 do 02	4 IzbP	77,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
EDH-1	1981 do 02	4 NE	35,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-1	2003 do 08	5 brez	119,87	/	/	/	/
EDH-1	2003 do 08	5 Nadst	55,00	[20–25]	[10–12]	[1,1]	/
EDH-1	2003 do 08	5 NE	35,00	[18–20]	[10–12]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-1	Pures (po 2008)	6 brez	80,44	/	/	/	/
EDH-1	Pures (po 2008)	6 NE	15,00	[20–25]	[18–20]	[0,9]	[Rek-85%]

Preglednica 88: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za enodružinske hiše EDH-2

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
EDH-2	Pred 1945	1 brez	185,00	/	/	/	/
EDH-2	Pred 1945	1 P	151,00	/	/	[1,3]	/
EDH-2	Pred 1945	1 IzbP	77,00	[10–12]	[15–18]	/	/
EDH-2	Pred 1945	1 NE	35,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-2	1946 do 70	2 brez	177,02	/	/	/	/
EDH-2	1946 do 70	2 P	151,00	/	[15–18]	/	/
EDH-2	1946 do 70	2 IzbP	77,00	[12–15]	[20–25]	/	/
EDH-2	1946 do 70	2 NE	35,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-2	1971 do 80	3 brez	163,78	/	/	/	/
EDH-2	1971 do 80	3 P	111,00	[10–12]	/	/	/
EDH-2	1971 do 80	3 IzbP	77,00	[10–12]	[15–18]	/	/
EDH-2	1971 do 80	3 NE	35,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-2	1981 do 02	4 brez	106,64	/	/	/	/
EDH-2	1981 do 02	4 P	90,00	/	/	[1,1]	/
EDH-2	1981 do 02	4 IzbP	77,00	[4–10]	[12–15]	/	/
EDH-2	1981 do 02	4 NE	35,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-2	2003 do 08	5 brez	79,99	/	/	/	/
EDH-2	2003 do 08	5 Nadst	55,00	[12–15]	[6–10]	/	/
EDH-2	2003 do 08	5 NE	35,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
EDH-2	Pures (po 2008)	6 brez	55,92	/	/	/	/
EDH-2	Pures (po 2008)	6 NE	15,00	[12–15]	[6–10]	[1,1]	[Rek-85%]

Preglednica 89: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za večstanovanjske stavbe

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
VSS	Pred 1945	1 brez	133,34	/	/	/	/
VSS	Pred 1945	1 P	98,00	[10–12]	/	/	/
VSS	Pred 1945	1 IzbP	75,00	[10–12]	[15–18]	/	/
VSS	Pred 1945	1 NE	25,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
VSS	1946 do 70	2 brez	144,41	/	/	/	/
VSS	1946 do 70	2 P	98,00	[12–15]	/	/	/
VSS	1946 do 70	2 IzbP	75,00	[12–15]	[15–18]	/	/
VSS	1946 do 70	2 NE	25,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	[Rek-85%]
VSS	1971 do 80	3 brez	134,56	/	/	/	/
VSS	1971 do 80	3 P	75,00	[10–12]	[15–18]	/	/
VSS	1971 do 80	3 IzbP	58,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
VSS	1971 do 80	3 NE	25,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
VSS	1981 do 02	4 brez	90,04	/	/	/	/
VSS	1981 do 02	4 P	75,00	[4–10]	/	/	/
VSS	1981 do 02	4 IzbP	58,00	[10–12]	[15–18]	/	/
VSS	1981 do 02	4 NE	25,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	[Rek-85%]
VSS	2003 do 08	5 brez	66,38	/	/	/	/
VSS	2003 do 08	5 Nadst	49,00	[4–10]	[6–10]	/	/
VSS	2003 do 08	5 NE	25,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
VSS	Pures (po 2008)	6 brez	48,91	/	/	/	/
VSS	Pures (po 2008)	6 NE	15,00	[10–12]	[6–10]	[1,1]	[Rek-85%]

Preglednica 90: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za pisarniške stavbe

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
Pisarniška	Pred 1945	1 brez	119,22	/	/	/	/
Pisarniška	Pred 1945	1 P	80,00	[10–12]	/	/	/
Pisarniška	Pred 1945	1 IzbP	45,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Pisarniška	Pred 1945	1 NE	20,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Pisarniška	1946 do 70	2 brez	125,74	/	/	/	/
Pisarniška	1946 do 70	2 P	80,00	[12–15]	/	/	/
Pisarniška	1946 do 70	2 IzbP	45,00	[12–15]	[20–25]	[1,3]	/
Pisarniška	1946 do 70	2 NE	20,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	[Rek-85%]
Pisarniška	1971 do 80	3 brez	119,51	/	/	/	/
Pisarniška	1971 do 80	3 P	80,00	[10–12]	/	/	/
Pisarniška	1971 do 80	3 IzbP	45,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Pisarniška	1971 do 80	3 NE	20,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Pisarniška	1981 do 02	4 brez	83,19	/	/	/	/
Pisarniška	1981 do 02	4 P	65,00	[4–10]	/	/	/
Pisarniška	1981 do 02	4 IzbP	40,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	/
Pisarniška	1981 do 02	4 NE	20,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	[Rek-85%]
Pisarniška	2003 do 08	5 brez	59,18	/	/	/	/
Pisarniška	2003 do 08	5 Nadst	35,00	[18–20]	[10–12]	[1,1]	/
Pisarniška	2003 do 08	5 NE	20,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
Pisarniška	Pures (po 2008)	6 brez	41,07	/	/	/	/
Pisarniška	Pures (po 2008)	6 NE	15,00	[10–12]	[6–10]	/	[Rek-85%]

Preglednica 91: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za trgovine

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
Trgovina	Pred 1945	1 brez	302,39	/	/	/	/
Trgovina	Pred 1945	1 P	120,00	[10–12]	[15–18]	/	/
Trgovina	Pred 1945	1 IzbP	100,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
Trgovina	Pred 1945	1 NE	60,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Trgovina	1946 do 70	2 brez	339,97	/	/	/	/
Trgovina	1946 do 70	2 P	120,00	[12–15]	[20–25]	[1,3]	/
Trgovina	1946 do 70	2 IzbP	100,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	/
Trgovina	1946 do 70	2 NE	60,00	[20–25]	[20–25]	[1,1]	[Rek-85%]
Trgovina	1971 do 80	3 brez	307,21	/	/	/	/
Trgovina	1971 do 80	3 P	120,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Trgovina	1971 do 80	3 IzbP	100,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
Trgovina	1971 do 80	3 NE	60,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Trgovina	1981 do 02	4 brez	184,32	/	/	/	/
Trgovina	1981 do 02	4 P	100,00	[4–10]	[10–12]	[1,3]	/
Trgovina	1981 do 02	4 IzbP	80,00	[15–18]	[12–15]	[1,3]	/
Trgovina	1981 do 02	4 NE	40,00	[15–18]	[12–15]	[1,3]	[Rek-85%]
Trgovina	2003 do 08	5 brez	135,02	/	/	/	/
Trgovina	2003 do 08	5 Nadst	80,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	/
Trgovina	2003 do 08	5 NE	40,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
Trgovina	Pures (po 2008)	6 brez	92,97	/	/	/	/
Trgovina	Pures (po 2008)	6 NE	30,00	[10–12]	[6–10]	[1,1]	[Rek-85%]

Preglednica 92: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za vrtece

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
Vrtec	Pred 1945	1 brez	173,57	/	/	/	/
Vrtec	Pred 1945	1 P	98,00	[10–12]	[15–18]	/	/
Vrtec	Pred 1945	1 IzbP	75,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Vrtec	Pred 1945	1 NE	40,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Vrtec	1946 do 70	2 brez	191,97	/	/	/	/
Vrtec	1946 do 70	2 P	98,00	[15–18]	[15–20]	/	/
Vrtec	1946 do 70	2 IzbP	75,00	[15–18]	[15–20]	[1,3]	/
Vrtec	1946 do 70	2 NE	40,00	[20–25]	[20–25]	[1,1]	[Rek-85%]
Vrtec	1971 do 80	3 brez	176,06	/	/	/	/
Vrtec	1971 do 80	3 P	75,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Vrtec	1971 do 80	3 IzbP	65,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
Vrtec	1971 do 80	3 NE	40,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Vrtec	1981 do 02	4 brez	112,14	/	/	/	/
Vrtec	1981 do 02	4 P	75,00	[4–10]	[10–12]	/	/
Vrtec	1981 do 02	4 IzbP	65,00	[4–10]	[10–12]	[1,3]	/
Vrtec	1981 do 02	4 NE	30,00	[18–20]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Vrtec	2003 do 08	5 brez	82,37	/	/	/	/
Vrtec	2003 do 08	5 Nadst	55,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	/
Vrtec	2003 do 08	5 NE	25,00	[18–20]	[6–10]	[1,1]	[Rek-85%]
Vrtec	Pures (po 2008)	6 brez	61,66	/	/	/	/
Vrtec	Pures (po 2008)	6 NE	25,00	[10–12]	[6–10]	[1,1]	[Rek-85%]

Preglednica 93: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za bolnišnice

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
Bolnica	Pred 1945	1 brez	213,06	/	/	/	/
Bolnica	Pred 1945	1 P	140,00	[12–15]	/	/	/
Bolnica	Pred 1945	1 IzbP	110,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Bolnica	Pred 1945	1 NE	45,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Bolnica	1946 do 70	2 brez	226,29	/	/	/	/
Bolnica	1946 do 70	2 P	140,00	[10–12]	[15–18]	/	/
Bolnica	1946 do 70	2 IzbP	110,00	[12–15]	[15–18]	[1,3]	/
Bolnica	1946 do 70	2 NE	45,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	[Rek-85%]
Bolnica	1971 do 80	3 brez	214,23	/	/	/	/
Bolnica	1971 do 80	3 P	110,00	[20–25]	[18–20]	/	/
Bolnica	1971 do 80	3 IzbP	90,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
Bolnica	1971 do 80	3 NE	40,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Bolnica	1981 do 02	4 brez	156,62	/	/	/	/
Bolnica	1981 do 02	4 P	110,00	[4–10]	[10–12]	/	/
Bolnica	1981 do 02	4 IzbP	90,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	/
Bolnica	1981 do 02	4 NE	35,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	[Rek-85%]
Bolnica	2003 do 08	5 brez	125,63	/	/	/	/
Bolnica	2003 do 08	5 Nadst	80,00	[18–20]	[6–10]	[1,1]	/
Bolnica	2003 do 08	5 NE	35,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
Bolnica	Pures (po 2008)	6 brez	100,97	/	/	/	/
Bolnica	Pures (po 2008)	6 NE	25,00	[10–12]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]

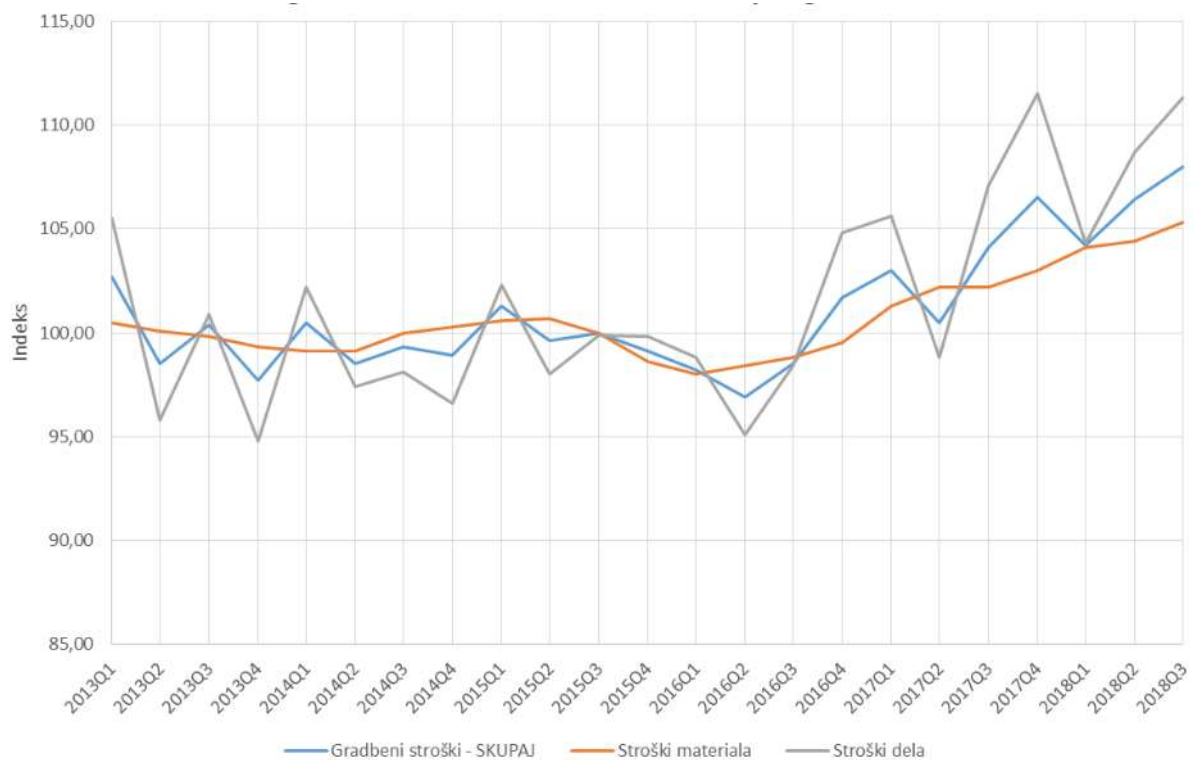
Preglednica 94: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za zdravstvene domove

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
Zdravstveni dom	Pred 1945	1 brez	132,20	/	/	/	/
Zdravstveni dom	Pred 1945	1 P	98,00	[10–12]	/	/	/
Zdravstveni dom	Pred 1945	1 IzbP	75,00	[15–18]	[15–18]	/	/
Zdravstveni dom	Pred 1945	1 NE	25,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Zdravstveni dom	1946 do 70	2 brez	142,00	/	/	/	/
Zdravstveni dom	1946 do 70	2 P	98,00	[12–15]	/	/	/
Zdravstveni dom	1946 do 70	2 IzbP	75,00	[20–25]	[20–25]	/	/
Zdravstveni dom	1946 do 70	2 NE	25,00	[18–20]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Zdravstveni dom	1971 do 80	3 brez	133,26	/	/	/	/
Zdravstveni dom	1971 do 80	3 P	75,00	[12–15]	[18–20]	/	/
Zdravstveni dom	1971 do 80	3 IzbP	58,00	[12–15]	[18–20]	[1,3]	/
Zdravstveni dom	1971 do 80	3 NE	25,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Zdravstveni dom	1981 do 02	4 brez	92,86	/	/	/	/
Zdravstveni dom	1981 do 02	4 P	75,00	[4–10]	/	/	/
Zdravstveni dom	1981 do 02	4 IzbP	58,00	[4–10]	[10–12]	[1,3]	/
Zdravstveni dom	1981 do 02	4 NE	25,00	[12–15]	[10–12]	[1,3]	[Rek-85%]
Zdravstveni dom	2003 do 08	5 brez	71,29	/	/	/	/
Zdravstveni dom	2003 do 08	5 Nadst	49,00	[18–20]	[10–12]	[1,3]	/
Zdravstveni dom	2003 do 08	5 NE	25,00	[12–15]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
Zdravstveni dom	Pures (po 2008)	6 brez	55,52	/	/	/	/
Zdravstveni dom	Pures (po 2008)	6 NE	15,00	[10–12]	[6–10]	/	[Rek-85%]

Preglednica 95: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za športne dvorane

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske preнове	Potrebna toplota za ogrevanje posameznega razreda energetske preнове Q _{nh} [kWh/m ²]	Potrebni ukrepi na toplotnem ovoju:			
				TI ZS (cm)	TI Streha (cm)	Okna (U)	Rek (85%)
Športna dvorana	Pred 1945	1 brez	324,24	/	/	/	/
Športna dvorana	Pred 1945	1 P	145,00	[10–12]	[15–18]	/	/
Športna dvorana	Pred 1945	1 izbP	120,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
Športna dvorana	Pred 1945	1 NE	70,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Športna dvorana	1946 do 70	2 brez	355,26	/	/	/	/
Športna dvorana	1946 do 70	2 P	145,00	[10–12]	[15–18]	[1,3]	/
Športna dvorana	1946 do 70	2 izbP	120,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	/
Športna dvorana	1946 do 70	2 NE	70,00	[20–25]	[20–25]	[1,3]	[Rek-85%]
Športna dvorana	1971 do 80	3 brez	327,15	/	/	/	/
Športna dvorana	1971 do 80	3 P	145,00	[10–12]	[15–18]	/	/
Športna dvorana	1971 do 80	3 izbP	120,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	/
Športna dvorana	1971 do 80	3 NE	70,00	[15–18]	[15–18]	[1,3]	[Rek-85%]
Športna dvorana	1981 do 02	4 brez	212,96	/	/	/	/
Športna dvorana	1981 do 02	4 P	120,00	[4–10]	[12–15]	/	/
Športna dvorana	1981 do 02	4 izbP	100,00	[15–18]	[12–15]	[1,3]	/
Športna dvorana	1981 do 02	4 NE	50,00	[15–18]	[12–15]	[1,3]	[Rek-85%]
Športna dvorana	2003 do 08	5 brez	165,49	/	/	/	/
Športna dvorana	2003 do 08	5 Nadst	90,00	[15–18]	[6–10]	[1,3]	/
Športna dvorana	2003 do 08	5 NE	45,00	[15–18]	[6–10]	[1,3]	[Rek-85%]
Športna dvorana	Pures (po 2008)	6 brez	116,78	/	/	/	/
Športna dvorana	Pures (po 2008)	6 NE	35,00	[10–12]	[6–10]	[1,1]	[Rek-85%]

Projekcija investicijske vrednosti energetske preнове je bila na osnovi indeksa gradbenih stroškov za nova stanovanja (vir: SURS), kjer so upoštevani stroški materiala in stroški dela. Iz podatkov je ugotovljeno, da so se stroški za gradnjo novih stanovanj povečevali za 1,02 % na letnem nivoju v obdobju med letom 2013 do konca leta 2018. Ta odstotek je bil uporabljen pri analizah za projekcijo investicijske vrednosti do leta 2050.

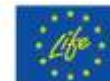


Preglednica 96: Indeksi gradbenih stroškov za nova stanovanja po četrtletnih obdobjih

Rezultati analize so podani v tabelah:

Preglednica 97: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za endružinske hiše EDH-1

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
EDH-1	Pred 1945	1 brez	67,19	214,25	297,90	67,87	216,43	300,94	74,81	238,55	331,69	82,45	262,93	365,59	90,88	289,80	402,96
EDH-1	Pred 1945	1 P		147,06	230,71		148,56	233,07		163,74	256,89		180,48	283,14		198,92	312,08
EDH-1	Pred 1945	1 IzbP			83,65			84,51			93,14			102,66			113,15
EDH-1	1946 do 70	2 brez	117,31	237,72	325,46	118,51	240,14	328,78	130,62	264,68	362,38	143,97	291,73	399,42	158,68	321,55	440,24
EDH-1	1946 do 70	2 P		120,40	208,15		121,63	210,27		134,06	231,76		147,76	255,45		162,87	281,56
EDH-1	1946 do 70	2 IzbP			87,75			88,64			97,70			107,68			118,69
EDH-1	1971 do 80	3 brez	127,34	214,25	297,90	128,64	216,43	300,94	141,79	238,55	331,69	156,28	262,93	365,59	172,25	289,80	402,96
EDH-1	1971 do 80	3 P		86,90	170,56		87,79	172,30		96,76	189,90		106,65	209,31		117,55	230,70
EDH-1	1971 do 80	3 IzbP			83,65			84,51			93,14			102,66			113,15
EDH-1	1981 do 02	4 brez	117,31	200,81	275,22	118,51	202,86	278,02	130,62	223,59	306,44	143,97	246,44	337,76	158,68	271,63	372,27
EDH-1	1981 do 02	4 P		83,50	157,90		84,35	159,51		92,97	175,82		102,47	193,79		112,94	213,59
EDH-1	1981 do 02	4 IzbP			74,41			75,17			82,85			91,31			100,65
EDH-1	2003 do 08	5 brez	/	230,28	251,78	/	232,62	254,35	/	256,40	280,34	/	282,60	308,99	/	311,48	340,57
EDH-1	2003 do 08	5 Nadst			21,50			21,72			23,94			26,39			29,09
EDH-1	po 2008	6 brez	/	/	298,68	/	/	301,73	/	/	332,56	/	/	366,55	/	/	404,01



Preglednica 98: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za endružinske hiše EDH-2

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
EDH-2	Pred 1945	1 brez	52,48	68,91	155,32	53,01	69,61	156,90	58,43	76,73	172,94	64,40	84,57	190,61	70,98	93,21	210,09
EDH-2	Pred 1945	1 P		16,43	102,84		16,60	103,89		18,30	114,51		20,17	126,21		22,23	139,11
EDH-2	Pred 1945	1 IzbP			86,41			87,29			96,21			106,04			116,88
EDH-2	1946 do 70	2 brez	31,60	78,63	169,19	31,92	79,43	170,91	35,19	87,55	188,38	38,78	96,50	207,63	42,75	106,36	228,85
EDH-2	1946 do 70	2 P		47,03	137,58		47,51	138,99		52,37	153,19		57,72	168,85		63,62	186,10
EDH-2	1946 do 70	2 IzbP			90,55			91,48			100,83			111,13			122,49
EDH-2	1971 do 80	3 brez	37,31	68,91	155,32	37,69	69,61	156,90	41,54	76,73	172,94	45,79	84,57	190,61	50,46	93,21	210,09
EDH-2	1971 do 80	3 P		31,60	118,01		31,92	119,21		35,19	131,40		38,78	144,83		42,75	159,63
EDH-2	1971 do 80	3 IzbP			86,41			87,29			96,21			106,04			116,88
EDH-2	1981 do 02	4 brez	58,31	58,76	147,46	58,90	59,36	148,96	64,92	65,43	164,18	71,56	72,11	180,96	78,87	79,48	199,46
EDH-2	1981 do 02	4 P		0,45	89,15		0,46	90,06		0,50	99,26		0,56	109,41		0,61	120,59
EDH-2	1981 do 02	4 IzbP			88,69			89,60			98,76			108,85			119,97
EDH-2	2003 do 08	5 brez	/	63,76	141,88	/	64,41	143,33	/	70,99	157,97	/	78,25	174,12	/	86,25	191,91
EDH-2	2003 do 08	5 Nadst			78,12			78,91			86,98			95,87			105,67
EDH-2	po 2008	6 brez	/	/	147,71	/	/	149,22	/	/	164,47	/	/	181,27	/	/	199,80



Preglednica 99: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za večstanovanjske stavbe VSS

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
EDH-2	Pred 1945	1 brez	24,09	51,27	170,55	24,33	51,79	172,29	26,82	57,08	189,90	29,56	62,92	209,30	32,58	69,34	230,69
EDH-2	Pred 1945	1 P		27,18	146,46		27,45	147,95		30,26	163,07		33,35	179,74		36,76	198,11
EDH-2	Pred 1945	1 IzbP			119,28			120,50			132,81			146,39			161,35
EDH-2	1946 do 70	2 brez	26,77	53,94	180,70	27,04	54,49	182,54	29,80	60,06	201,20	32,85	66,20	221,76	36,20	72,97	244,42
EDH-2	1946 do 70	2 P		27,18	153,93		27,45	155,50		30,26	171,39		33,35	188,91		36,76	208,22
EDH-2	1946 do 70	2 IzbP			126,75			128,05			141,13			155,56			171,46
EDH-2	1971 do 80	3 brez	51,27	125,74	170,55	51,79	127,02	172,29	57,08	140,00	189,90	62,92	154,31	209,30	69,34	170,08	230,69
EDH-2	1971 do 80	3 P		74,47	119,28		75,23	120,50		82,92	132,81		91,40	146,39		100,74	161,35
EDH-2	1971 do 80	3 IzbP			44,81			45,27			49,89			54,99			60,61
EDH-2	1981 do 02	4 brez	18,74	51,27	164,67	18,93	51,79	166,35	20,86	57,08	183,36	22,99	62,92	202,09	25,34	69,34	222,75
EDH-2	1981 do 02	4 P		32,53	145,94		32,86	147,43		36,22	162,49		39,92	179,10		44,00	197,41
EDH-2	1981 do 02	4 IzbP			113,41			114,57			126,27			139,18			153,40
EDH-2	2003 do 08	5 brez	/	35,24	159,88	/	35,60	161,51	/	39,24	178,02	/	43,25	196,21	/	47,67	216,26
EDH-2	2003 do 08	5 Nadst			124,64			125,91			138,77			152,96			168,59
EDH-2	po 2008	6 brez	/	/	165,48	/	/	167,16	/	/	184,25	/	/	203,08	/	/	223,83



Preglednica 100: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenov v obdobju do leta 2050 – model za pisarniške stavbe

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenov	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenov - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenov - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenov - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenov - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenov - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
Pisarniška	Pred 1945	1 brez	25,69	147,57	180,66	25,95	149,07	182,50	28,60	164,31	201,15	31,53	181,10	221,71	34,75	199,61	244,37
Pisarniška	Pred 1945	1 P		121,88	154,97		123,12	156,55		135,71	172,55		149,58	190,18		164,86	209,62
Pisarniška	Pred 1945	1 IzbP			33,09			33,43			36,84			40,61			44,76
Pisarniška	1946 do 70	2 brez	28,54	152,44	188,38	28,83	153,99	190,30	31,78	169,73	209,75	35,03	187,07	231,19	38,61	206,19	254,81
Pisarniška	1946 do 70	2 P		123,89	159,84		125,16	161,47		137,95	177,97		152,05	196,16		167,59	216,20
Pisarniška	1946 do 70	2 IzbP			35,94			36,31			40,02			44,11			48,62
Pisarniška	1971 do 80	3 brez	25,69	147,57	180,66	25,95	149,07	182,50	28,60	164,31	201,15	31,53	181,10	221,71	34,75	199,61	244,37
Pisarniška	1971 do 80	3 P		121,88	154,97		123,12	156,55		135,71	172,55		149,58	190,18		164,86	209,62
Pisarniška	1971 do 80	3 IzbP			33,09			33,43			36,84			40,61			44,76
Pisarniška	1981 do 02	4 brez	19,98	149,08	176,46	20,18	150,60	178,26	22,25	165,99	196,48	24,52	182,96	216,56	27,03	201,66	238,69
Pisarniška	1981 do 02	4 P		129,10	156,48		130,42	158,08		143,75	174,23		158,44	192,04		174,63	211,67
Pisarniška	1981 do 02	4 IzbP			27,38			27,66			30,49			33,60			37,04
Pisarniška	2003 do 08	5 brez	/	167,07	174,45	/	168,77	176,23	/	186,02	194,24	/	205,03	214,09	/	225,98	235,97
Pisarniška	2003 do 08	5 Nadst			7,38			7,46			8,22			9,06			9,99
Pisarniška	po 2008	6 brez	/	/	61,12	/	/	61,74	/	/	68,05	/	/	75,01	/	/	82,67



Preglednica 101: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za trgovine

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
Trgovina	Pred 1945	1 brez	160,68	185,18	239,98	162,32	187,07	242,43	178,91	206,19	267,20	197,19	227,26	294,51	217,34	250,49	324,61
Trgovina	Pred 1945	1 P		24,50	79,30		24,75	80,11		27,28	88,30		30,07	97,32		33,14	107,27
Trgovina	Pred 1945	1 IzbP			54,80			55,36			61,02			67,25			74,12
Trgovina	1946 do 70	2 brez	195,29	216,44	272,39	197,28	218,65	275,17	217,44	240,99	303,29	239,66	265,62	334,29	264,16	292,77	368,46
Trgovina	1946 do 70	2 P		21,15	77,11		21,37	77,89		23,55	85,85		25,96	94,63		28,61	104,30
Trgovina	1946 do 70	2 IzbP			55,95			56,53			62,30			68,67			75,69
Trgovina	1971 do 80	3 brez	171,08	185,18	239,98	172,82	187,07	242,43	190,49	206,19	267,20	209,96	227,26	294,51	231,41	250,49	324,61
Trgovina	1971 do 80	3 P		14,10	68,90		14,24	69,60		15,70	76,72		17,31	84,56		19,07	93,20
Trgovina	1971 do 80	3 IzbP			54,80			55,36			61,02			67,25			74,12
Trgovina	1981 do 02	4 brez	145,54	179,46	234,26	147,03	181,29	236,65	162,05	199,82	260,84	178,61	220,24	287,49	196,87	242,75	316,88
Trgovina	1981 do 02	4 P		33,92	88,72		34,27	89,62		37,77	98,78		41,63	108,88		45,88	120,01
Trgovina	1981 do 02	4 IzbP			54,80			55,36			61,02			67,25			74,12
Trgovina	2003 do 08	5 brez	/	149,54	204,33	/	151,06	206,42	/	166,50	227,51	/	183,51	250,77	/	202,27	276,39
Trgovina	2003 do 08	5 Nadst			54,80			55,36			61,02			67,25			74,12
Trgovina	po 2008	6 brez	/	/	198,44	/	/	200,46	/	/	220,95	/	/	243,53	/	/	268,42



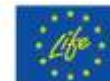
Preglednica 102: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za vrtec

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
Vrtec	Pred 1945	1 brez	77,97	146,12	191,27	78,77	147,61	193,22	86,82	162,70	212,97	95,69	179,33	234,73	105,47	197,66	258,72
Vrtec	Pred 1945	1 P		68,15	113,29		68,84	114,45		75,88	126,15		83,64	139,04		92,18	153,25
Vrtec	Pred 1945	1 IzbP			45,14			45,60			50,27			55,40			61,06
Vrtec	1946 do 70	2 brez	84,21	152,36	213,88	85,07	153,91	216,07	93,76	169,64	238,15	103,35	186,98	262,49	113,91	206,09	289,31
Vrtec	1946 do 70	2 P		68,15	129,67		68,84	131,00		75,88	144,38		83,64	159,14		92,18	175,40
Vrtec	1946 do 70	2 IzbP			61,52			62,15			68,50			75,50			83,22
Vrtec	1971 do 80	3 brez	146,12	152,36	191,27	147,61	153,91	193,22	162,70	169,64	212,97	179,33	186,98	234,73	197,66	206,09	258,72
Vrtec	1971 do 80	3 P		6,24	45,14		6,30	45,60		6,94	50,27		7,65	55,40		8,44	61,06
Vrtec	1971 do 80	3 IzbP			38,91			39,30			43,32			47,75			52,63
Vrtec	1981 do 02	4 brez	65,87	134,02	194,39	66,54	135,38	196,37	73,34	149,22	216,44	80,83	164,47	238,56	89,09	181,28	262,94
Vrtec	1981 do 02	4 P		68,15	128,52		68,84	129,83		75,88	143,10		83,64	157,72		92,18	173,84
Vrtec	1981 do 02	4 IzbP			60,37			60,99			67,22			74,09			81,66
Vrtec	2003 do 08	5 brez	/	66,41	187,28	/	67,09	189,19	/	73,95	208,52	/	81,50	229,83	/	89,83	253,32
Vrtec	2003 do 08	5 Nadst			120,87			122,10			134,58			148,33			163,49
Vrtec	po 2008	6 brez	/	/	177,92	/	/	179,74	/	/	198,11	/	/	218,35	/	/	240,67



Preglednica 103: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za bolnišnice

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
Bolnica	Pred 1945	1 brez	33,13	146,22	174,52	33,46	147,71	176,30	36,88	162,80	194,32	40,65	179,44	214,18	44,81	197,78	236,07
Bolnica	Pred 1945	1 P		113,09	141,40		114,24	142,84		125,92	157,44		138,79	173,53		152,97	191,26
Bolnica	Pred 1945	1 IzbP			28,31			28,60			31,52			34,74			38,29
Bolnica	1946 do 70	2 brez	53,54	149,53	185,33	54,08	151,05	187,23	59,61	166,49	206,36	65,70	183,51	227,45	72,41	202,26	250,69
Bolnica	1946 do 70	2 P		95,99	131,80		96,97	133,14		106,88	146,75		117,81	161,75		129,85	178,28
Bolnica	1946 do 70	2 IzbP			35,81			36,17			39,87			43,94			48,43
Bolnica	1971 do 80	3 brez	68,18	152,84	174,52	68,88	154,40	176,30	75,92	170,18	194,32	83,67	187,57	214,18	92,23	206,74	236,07
Bolnica	1971 do 80	3 P		84,66	106,34		85,52	107,43		94,26	118,41		103,90	130,51		114,52	143,85
Bolnica	1971 do 80	3 IzbP			21,68			21,90			24,14			26,61			29,33
Bolnica	1981 do 02	4 brez	44,12	146,74	168,42	44,57	148,23	170,14	49,12	163,38	187,53	54,14	180,08	206,69	59,68	198,49	227,82
Bolnica	1981 do 02	4 P		102,62	124,30		103,67	125,57		114,26	138,40		125,94	152,55		138,81	168,14
Bolnica	1981 do 02	4 IzbP			21,68			21,90			24,14			26,61			29,33
Bolnica	2003 do 08	5 brez	/	159,47	164,23	/	161,10	165,91	/	177,57	182,87	/	195,71	201,55	/	215,72	222,15
Bolnica	2003 do 08	5 Nadst			4,76			4,81			5,30			5,84			6,44
Bolnica	po 2008	6 brez	/	/	160,92	/	/	162,56	/	/	179,18	/	/	197,49	/	/	217,67



Preglednica 104: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenovе v obdobju do leta 2050 – model za zdravstvene domove

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenovе	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenovе - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenovе - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenovе - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenovе - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenovе - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
ZD	Pred 1945	1 brez	22,13	50,76	148,78	22,35	51,28	150,30	24,64	56,52	165,66	27,15	62,30	182,59	29,93	68,67	201,25
ZD	Pred 1945	1 P		28,64	126,65		28,93	127,94		31,89	141,02		35,15	155,43		38,74	171,32
ZD	Pred 1945	1 IzbP			98,01			99,01			109,13			120,29			132,58
ZD	1946 do 70	2 brez	24,58	59,87	151,24	24,84	60,48	152,78	27,37	66,66	168,39	30,17	73,47	185,60	33,25	80,98	204,57
ZD	1946 do 70	2 P		35,28	126,65		35,64	127,94		39,29	141,02		43,30	155,43		47,73	171,32
ZD	1946 do 70	2 IzbP			91,37			92,30			101,74			112,13			123,59
ZD	1971 do 80	3 brez	49,70	126,90	148,78	50,21	128,19	150,30	55,34	141,29	165,66	61,00	155,73	182,59	67,23	171,65	201,25
ZD	1971 do 80	3 P		77,19	99,08		77,98	100,09		85,95	110,32		94,73	121,59		104,42	134,02
ZD	1971 do 80	3 IzbP			21,88			22,11			24,37			26,86			29,60
ZD	1981 do 02	4 brez	17,21	115,33	143,53	17,38	116,51	144,99	19,16	128,42	159,81	21,12	141,54	176,15	23,28	156,01	194,15
ZD	1981 do 02	4 P		98,12	126,32		99,13	127,61		109,26	140,65		120,42	155,03		132,73	170,87
ZD	1981 do 02	4 IzbP			28,20			28,48			31,39			34,60			38,14
ZD	2003 do 08	5 brez	/	127,63	139,34	/	128,93	140,77	/	142,10	155,15	/	156,63	171,01	/	172,63	188,48
ZD	2003 do 08	5 Nadst			11,72			11,84			13,05			14,38			15,85
ZD	po 2008	6 brez	/	/	59,69	/	/	60,30	/	/	66,46	/	/	73,26	/	/	80,74



Preglednica 105: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za športne dvorane

Računski model	Obdobje gradnje	Razred energetske prenove	Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2018			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2020			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2030			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2040			Vrednost investicije (EUR/m ²) za doseganje posameznega razreda energetske prenove - 2050		
			1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE	1 P	1 IzbP	1 NE
ŠD	Pred 1945	1 brez	144,92	184,84	235,52	146,39	186,72	237,93	161,35	205,81	262,24	177,85	226,84	289,04	196,02	250,02	318,58
ŠD	Pred 1945	1 P		39,92	90,61		40,33	91,53		44,45	100,89		48,99	111,20		54,00	122,56
ŠD	Pred 1945	1 IzbP			50,69			51,20			56,44			62,20			68,56
ŠD	1946 do 70	2 brez	167,62	213,96	264,64	169,33	216,14	267,34	186,64	238,23	294,66	205,71	262,57	324,78	226,74	289,41	357,97
ŠD	1946 do 70	2 P		46,33	97,02		46,81	98,01		51,59	108,02		56,86	119,06		62,67	131,23
ŠD	1946 do 70	2 IzbP			50,69			51,20			56,44			62,20			68,56
ŠD	1971 do 80	3 brez	144,92	184,84	235,52	146,39	186,72	237,93	161,35	205,81	262,24	177,85	226,84	289,04	196,02	250,02	318,58
ŠD	1971 do 80	3 P		39,92	90,61		40,33	91,53		44,45	100,89		48,99	111,20		54,00	122,56
ŠD	1971 do 80	3 IzbP			50,69			51,20			56,44			62,20			68,56
ŠD	1981 do 02	4 brez	123,73	180,87	231,56	124,99	182,72	233,92	137,77	201,39	257,82	151,85	221,97	284,17	167,37	244,66	313,22
ŠD	1981 do 02	4 P		57,14	107,82		57,72	108,92		63,62	120,06		70,12	132,32		77,29	145,85
ŠD	1981 do 02	4 IzbP			50,69			51,20			56,44			62,20			68,56
ŠD	2003 do 08	5 brez	/	165,00	215,69	/	166,68	217,89	/	183,72	240,15	/	202,49	264,70	/	223,19	291,75
ŠD	2003 do 08	5 Nadst			50,69			51,20			56,44			62,20			68,56
ŠD	po 2008	6 brez	/	/	214,22	/	/	216,40	/	/	238,52	/	/	262,89	/	/	289,76



5.3 Potencial geotermalne energije

5.3.1 Obseg projektne naloge

V sklopu projekta je Geološki zavod Slovenije⁸² skupaj z Institutom "Jožef Stefan", Centrom za energetska učinkovitost (CEU), izvedel analizo, ki je objavljena v *Poročilu C1.1, Zvezku 5a: Analiza potenciala plitve geotermalne energije v Sloveniji do leta 2050* in vključuje:

- **Ekonomski vidik izkoriščanja geotermalne energije:** Pripravljena je ekonomska analiza investicije v geotermalno toplotno črpalko na primeru dveh tipičnih eno- in večstanovanjskih stavb ter poslovnih stavb za sisteme geosond in voda-voda. Ekonomska ocena upošteva različne razrede potenciala in različne potrebe po toploti in sicer ločeno za območja z vodonosniki in območja brez vodonosnikov. Ocena je podana tudi struktura stroškov, ki vsebuje vse potrebne ekonomske podatke za oceno stroškov v življenjski dobi (investicijska cena, letni obratovalni stroški, stroški vzdrževanja).
- **Dejavniki in omejitve izkoriščanja geotermalne energije:** Pripravljen je opis dejavnikov, ki določajo in omejujejo izkoriščanje plitve geotermalne energije. Kot elektronska priloga je pripravljena GIS karta omejitev izkoriščanja plitve geotermalne energije.
- **Priprava koncepta modela in izračun dveh primerov:** Pripravljen je koncept modela potenciala za izkoriščanje plitve geotermalne energije za gosto poseljena območja v Sloveniji in dva primera ocen, in sicer za eno območje z vodonosniki in eno območje brez vodonosnikov za območje Mestne občine Maribor (MOM).
- **Izračunan je potencial in pripravljena GIS karta potenciala za izkoriščanje geotermalne energije na obravnavanih gosto poseljenih območjih z in brez vodonosnikov:**
 - na podlagi podatkov, ki jih je pripravil naročnik - podatkov o potrebni toploti in sicer za območja 100 m x 100 m za MOM;
 - upoštevane so značilnosti tal (toplotna prevodnost, specifična toplotna zmogljivost, temperatura tal, gostota toplotnega toka) ter omejitve izkoriščanja plitve geotermalne energije);
 - ocenjen je potencial geotermalne energije (v MWh/a) za območja 100m x 100m in stroški za izkoriščanje geotermalne energije z upoštevanjem potenciala za izkoriščanje in glede na potrebe po toploti.
- Analiza potenciala plitve geotermalne energije za gosto poseljena območja v Sloveniji: Glede na usklajen koncept modela ocene potenciala in GIS karto gosto poseljenih območij z ocenami potrebne toplote na območjih velikosti 100 mx100 m je izračunan potencial in pripravljene so GIS karte potenciala za izkoriščanje geotermalne energije z modelom.
- Dne 19. 6. 2018 je bila **izvedena delavnica z naslovom »Potenciali plitve geotermalne energije v Sloveniji«**, katere namen je bila razprava v širši strokovni javnosti in s ključnimi deležniki o predpostavkah za projekcije rabe plitve geotermalne energije v Sloveniji.

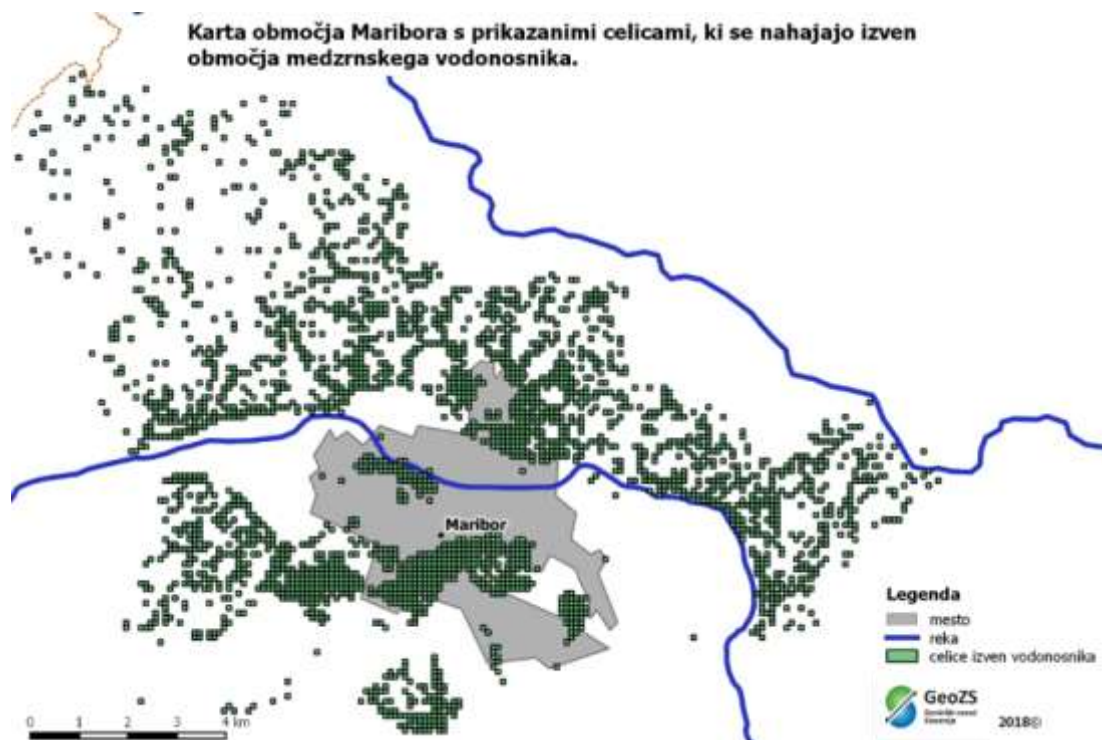
⁸² *Analize potenciala plitve geotermalne energije v Sloveniji do leta 2050*, Geološki zavod Slovenije, Poročilo projekta LIFE ClimatePath2050 (LIFE 16 GIC/SI/000043) št. C1.1, Zvezek 5a, 2018.

5.3.2 Predstavitev rezultatov na lokalni ravni

Na lokalni ravni je bil model apliciran na Mestno občino Maribor (v nadaljevanju MOM) in sicer ločeno za sisteme, ki izkoriščajo energijo zemlje (sistemi z geosondami), in ločeno za sisteme, ki izkoriščajo energijo vodonosnikov (sistemi voda-voda).

5.3.2.1 Izkoriščanje energije zemljine

Račun potenciala plitve geotermalne energije je narejen glede na reprezentativne geotermalne lastnosti, ki jih pokriva mreža potreb za območje MOM, kjer ni ugodnega vodonosnika in kjer ni prepovedi (1. in 2. vodovarstveni pas, arteški vodonosnik).



Slika 77: Celice izven medzrnskega vodonosnika in izven omejitev na območju Mestne občine Maribor

V spodnji tabeli so statistične lastnosti vzorca izbranih celic za analizo potenciala za geosonde za primer MOM (Preglednica 106).

Preglednica 106. Statistične lastnosti vzorca izbranih celic za analizo potenciala za geosonde.

Število vseh obravnavanih celic:	2779	
Potrebe po toploti v celici [MWh/a]		
Minimalne	0,65	
Maksimalne	3368,13	
Povprečje	110,28	
Mediana	32,11	
Skupna energija [MWh/a]	306.468,50	
Razredi potreb po toploti [MWh/a]	št. celic:	Skupna energija [MWh/a]
1–25,0	1175	15.778,37
25,1–50,0	549	19.594,82
50,1–100,0	358	25.829,58

100,1–200,0	290	41.958,56
200,1–350,0	237	62.027,91
350,1–600,0	81	36.958,63
>600,0	89	104.320,62

Opravljen je bila analiza potencialov plitve geotermalne energije za sisteme zemlja-voda, za 6 izbranih tipskih stavb pri različnih stanjih toplotnega ovoja stavbe.

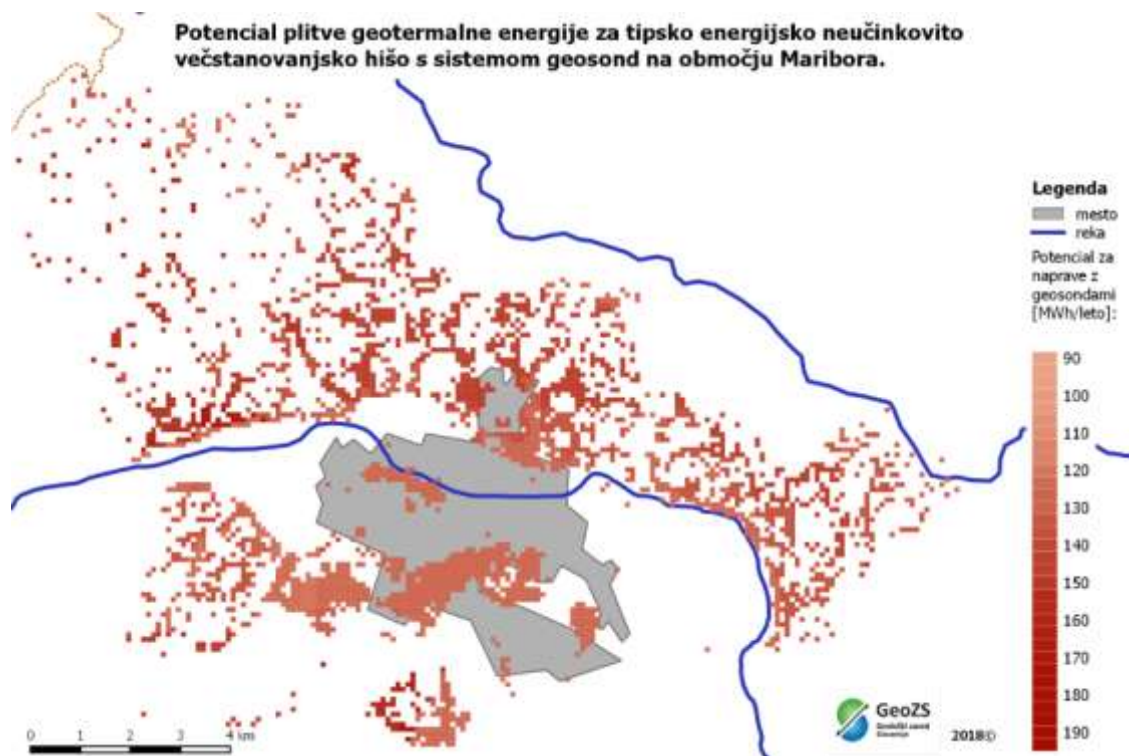
Preglednica 107: Pregled analiziranih scenarijev pri analizi potenciala plitve geotermalne energije na območju MOM za sisteme zemlja-voda

Scenarij	Opis
Scenarij 1	Za celotno območje MOM je privzeto, da so zgrajene izključno energijsko manj učinkovite enostanovanjske stavbe EDH-1
Scenarij 2	Za celotno območje MOM je privzeto, da so zgrajene izključno energijsko bolj učinkovite enostanovanjske stavbe EDH-2
Scenarij 3	Za celotno območje MOM je privzeto, da so zgrajene izključno energijsko manj učinkovite enostanovanjske stavbe VSS-1
Scenarij 4	Za celotno območje MOM je privzeto, da so zgrajene izključno energijsko bolj učinkovite enostanovanjske stavbe VSS-2
Scenarij 5	Za celotno območje MOM je privzeto, da so zgrajene izključno energijsko manj učinkovite enostanovanjske stavbe PS1
Scenarij 6	Za celotno območje MOM je privzeto, da so zgrajene izključno energijsko bolj učinkovite enostanovanjske stavbe PS2

V nadaljevanju prikazujemo rezultate analize za scenarij 4, tj. scenarij za energijsko manj učinkovito večstanovanjsko stavbo (VSS-1).

Zajetje z geosondo za ogrevanje energijsko manj učinkovite večstanovanjske stavbe glede na geološko geotermične lastnosti zavzame med 0,6 in 0,9 ha površine (v povprečju 0,78 ha). Preračunano na hektar pomeni, da lahko v eni celici namestimo med 1,1 in 1,7 naprav. Glede na geološko pestrost območja računa potenciala za primer MOM pa skupaj 3.559 naprav. Skupna investicija v te naprave bi bila 248,2 mio EUR, stroški obratovanja 15,4 mio EUR/leto, stroški vzdrževanja 1,5 mio EUR/leto. Z vsemi temi napravami bi pridobili 272.070,1 MWh/leto obnovljive plitve geotermalne energije.

Po toplotni karti MOM se potrebe gibajo med 0,648 in 3.368 MWh/leto/ha, skupne pa znašajo 306.468,5 MWh/leto. Potencial za geotermalne toplotne črpalke s sistemom geosond, pa se giba med 122,1 in 177,3 MWh/leto/ha, skupaj pa znaša 382.346,9 MWh/leto (Slika 78).

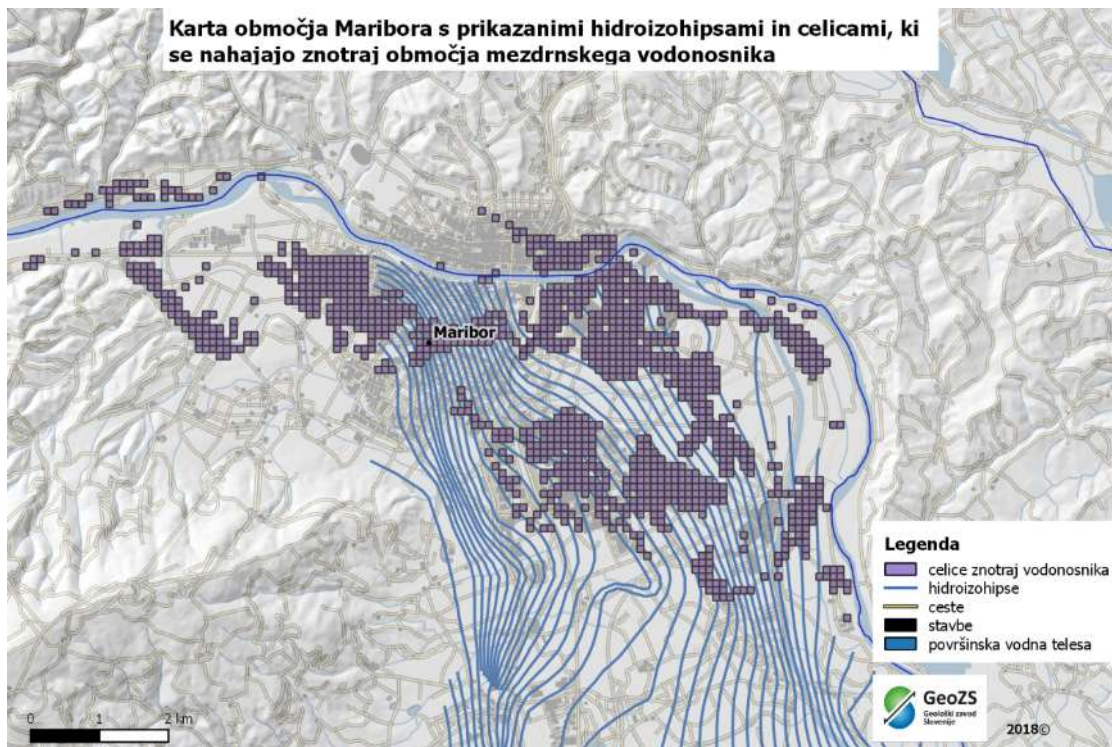


Slika 78: Potencial plitve geotermalne energije za sisteme z geosondami za primer stavbe energijsko neučinkovite večstanovanjske stavbe

5.3.2.2 Izkoriščanje energije vodonosnikov

Račun potenciala je narejen glede na lastnosti vodonosnikov, ki jih pokriva mreža potreb za območje MOM, kjer je ugodni vodonosnik in kjer ni prepovedi (1. in 2. vodovarstveni pas, arteški vodonosnik).

Znotraj območja MOM je bil izračunan potencial za sisteme voda-voda za celice, ki ležijo znotraj vodonosnika in izven ožjih vodovarstvenih območji (Slika 33).



Slika 79: Celice znotraj mezdrskega vodonosnika in izven omejitve na območju Mestne občine Maribor

V spodnji preglednici (Preglednica 108) so prikazane statistične lastnosti vzorca izbranih celic za analizo potenciala za sisteme voda-voda.

Preglednica 108: Statistične lastnosti vzorca izbranih celic za analizo potenciala za voda-voda

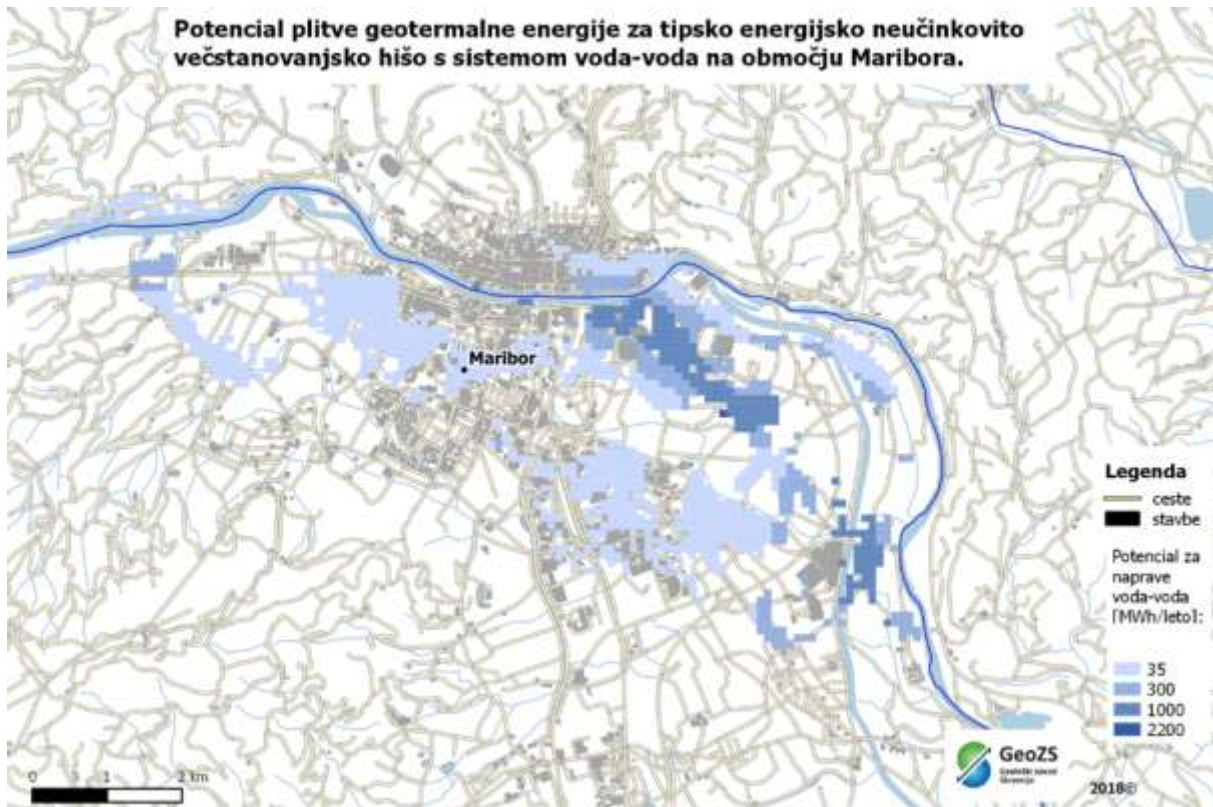
Št. celic:	1139	
Potrebe po toplotni energiji v celici [MWh/a]		
Minimalne	0,33	
Maksimalne	2.050,50	
Povprečje	205,64	
Mediana	124,84	
Skupna energija [MWh/a]	234.225,11	
Razredi energetskih potreb po toploti [MWh/a]	št. celic:	Skupna energija [MWh/a]
1–25,0	150	1.948,39
25,1–50,0	135	4.906,79
50,1–100,0	205	15.545,30
100,1–200,0	237	34.500,99
200,1–350,0	252	66.597,84
350,1–600,0	90	40.176,87
>600,0	70	70.548,94

V nadaljevanju prikazujemo rezultate analize za scenarij 4, tj. scenarij za energijsko manj učinkovito večstanovanjsko stavbo (VSS-1).

Vpliv temperaturnega oblaka zajetje s sistemom voda-voda za ogrevanje energijsko manj učinkovite večstanovanjske stavbe glede na lastnosti vodonosnika zavzame med 0,05 in 3,1 ha površine (v povprečju 2,1 ha). Preračunano na hektar pomeni, da lahko v eni celici namestimo

med 0,3 in 20,7 naprav. Glede na različne debeline vodonosnika na območju računa potenciala za primer MOM pa skupaj 2.378,8 naprav. Skupna investicija v te naprave bi bila 42,8 mio EUR, stroški obratovanja 7,3 mio EUR/leto, stroški vzdrževanja 0,37 mio EUR/leto. Z vsemi temi napravami bi pridobili 203.972,6 MWh/leto obnovljive plitve geotermalne energije.

Po toplotni karti MOM se potrebe gibajo med 0,332 in 2051 MWh/leto, skupne pa znašajo 234.225,1 MWh. Potencial za plitvo geotermalne toplotne črpalke s sistemom voda-voda, pa se giba med 34,1 in 2.214,5 MWh/leto/ha, skupaj pa znaša 254.965,7 MWh/leto⁸³.

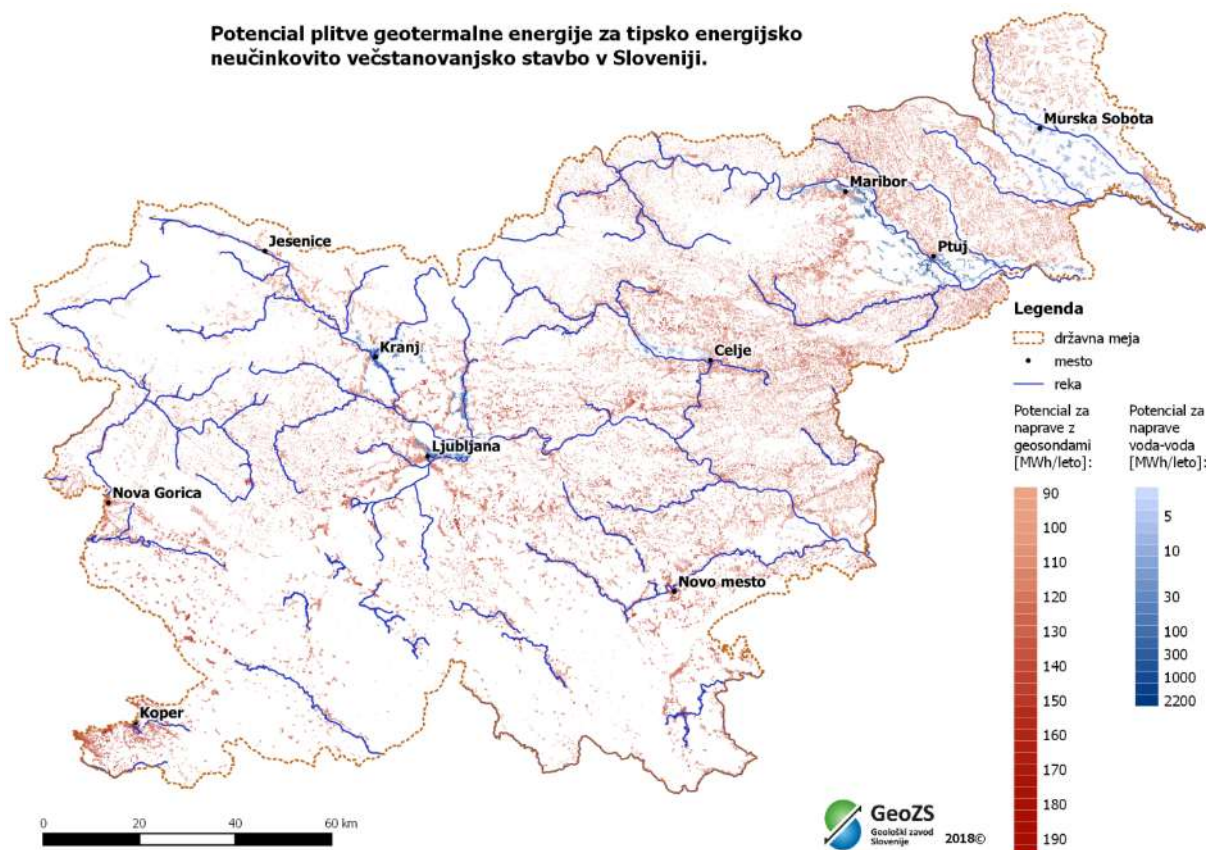


Slika 80: Potencial plitve geotermalne energije za sisteme voda-voda za primer stavbe energijsko neučinkovite večstanovanjske stavbe

⁸³ Poročilo C1.1, Zvezek 5a: Analiza potenciala plitve geotermalne energije v Sloveniji do leta 2050

5.3.3 Predstavitev rezultatov na državni ravni

Skladno z oblikovana metodologija izračuna tehničnega potenciala je bil ta izračunan za vseh 6 tipskih stavb. Na sliki (Slika 81) prikazujemo primer karte potenciala na državni ravni za energijsko neučinkovito večstanovanjsko stavbo. Gre za prikaz potenciala za sisteme geosond in voda-voda v MWh/leto, stroškov investicije, vzdrževanja in obratovanja za različne tipe stavb v celicah za celo Slovenijo. Izdelan je bil zapis potenciala v formati '.shp' na celico 100 x 100 metrov.



Slika 81: Potencial plitve geotermalne energije za primer energijsko neučinkovite večstanovanjske stavbe

6 Prostorsko modeliranje rabe in oskrbe s toploto in hladom

Zagotavljanje trajnostno naravnane oskrbe s toploto, ki kot pomemben vidik upošteva URE, uporabo odvečne toplote in OVE, ter s tem prispeva k zmanjšanju emisij, stroškov in energetske revščine, zahteva tehten in utemeljen razmislek o vlogi omrežij DO in DH, še posebno z vidika sodobnih pristopov k povezovanju v »pametna« energetska omrežja prihodnosti. Primerno dokumentiran pregled energetskega stanja in energetskega trendov v obliki toplotne karte, in na tej osnovi zgrajen prostorski model rabe toplote in hladu, omogoča načrtovalcem in oblastem boljše, ciljno in projektno usmerjeno, načrtovanje ter lažje doseganje nacionalnih in lokalnih ciljev URE, OVE in zmanjšanje ekoloških obremenitev, prisotnih zlasti v gosteje naseljenih (urbanih) okoljih.

Z metodo toplotnega kartiranja se umešča prostorsko opisane podatke o virih energije in potrebah po ogrevanju (in hlajenju) ter emisijah v zemljevide (karte), obenem pa ta metoda omogoča pripravo modelov rabe toplote in hladu ter izvajanje analiz oskrbe in drugih ukrepov, ki so odvisne od prostorske umestitve in povezav med vplivnimi dejavniki. Prostorsko modeliranje tako omogoča oceno in prikaz jasne slike potreb po toploti na izbrani lokaciji ali območju v različnih časovnih obdobjih, obenem pa ponuja možnost integracije mnogih prostorsko odvisnih dejavnikov bodisi za oceno sedanjih razmer ali za načrtovanje prihodnjih razvojnih projektov. S takšnim pristopom je med drugim mogoče natančno upoštevati stanje obstoječe infrastrukture, uporabniško strukturo, dinamiko priklopov/odklopov na omrežja, značilnosti in rabo energije v odvisnosti od namembnosti stavb oz. območij (npr. stanovanjska, poslovna ali industrijska območja), načrtovano gradnjo ali večjo prenovu stavb in širitev ali obnovo objektov in naprav za oskrbo s toploto in/ali hladom.

Obravnavani pristop k analizi (sedanje in prihodnje) rabe toplote z uporabo toplotne karte, ki sloni na GIS orodju, je v nekaterih državah (npr. Danska, Velika Britanija) in v evropskem merilu, zlasti na nacionalnem nivoju, že precej uveljavljen, na lokalnem nivoju (manjše zaokrožene geografske enote, npr. mesta, občine) pa je tovrsten pristop, kljub pomembnim prednostim, v praksi malo uporabljen.

Cilj prostorskega modeliranja je predvsem pridobiti jasno sliko glede rabe toplote v stavbah in pripraviti pregledni dokument, ki vse obstoječe dejavnike v sistemu (centralizirane in razpršene) oskrbe povezuje v eno »toplotno karto«, te strokovne podlage pa bodo osnova za načrtovanje razvoja toplotnih omrežij ter integracijo z drugimi energetskega sistema, upoštevajoč energetske, socio-ekonomske (ne zgolj stroškovno učinkovitost) in okoljske vidike (nizko ali brezogljicne rešitve).

6.1 Uporabnost toplotne karte

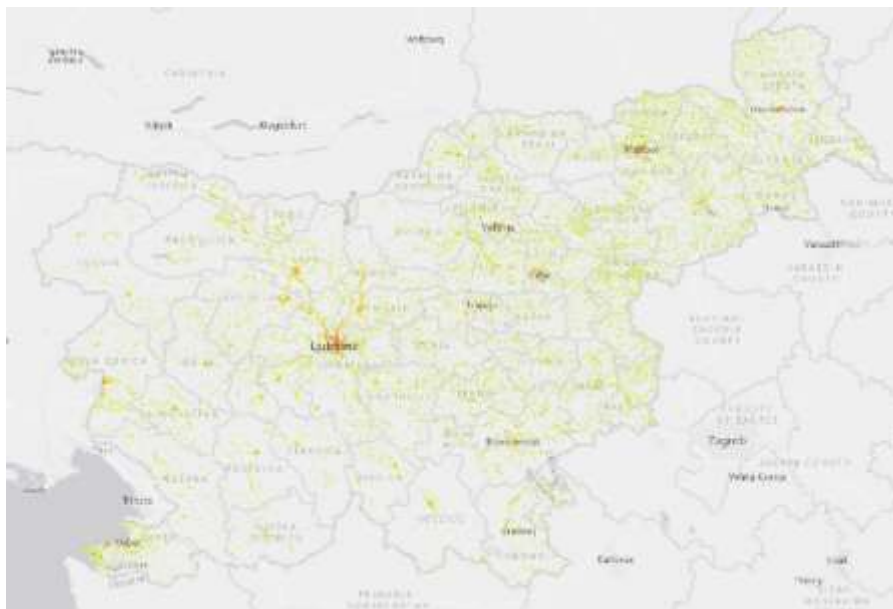
Zemljevidi in karte nudijo načrtovalcem prepoznavanje lokalnih energetskega značilnosti, npr. problematika onesnaženosti s trdnimi delci, in priložnosti v najzgodnejši fazi, podpirajo zagon razvojnih projektov, pomagajo pri ozaveščanju in zagotavljanju družbene (ter politične) podpore, kot tudi zagotavljajo strokovne osnove za razprave. To je še posebno pomembno pri razvojnih in infrastrukturnih projektih ter prenovah, ki povečujejo energetske učinkovitost ter delež rabe OVE in odvečne toplote. Toplotna karta je koristna pomoč tudi pri prepoznavanju potencialov rabe in dobave toplote med prostorsko soodvisnimi ali povezanimi območji oziroma porabniki in viri. V njej so povezane raznolike informacije v vizualni obliki, kar pripomore k jasnejšemu razumevanju problematike, oblikovanju celovitejših razvojnih rešitev in se lahko uporablja tudi kot del procesa vključevanja deležnikov.

Prikazovanje rezultatov v toplotnih kartah je potrebno, saj nudi jasno prostorsko predstavo o razpoložljivosti toplote in potencialnih virov, lokalizirani gostoti rabe toplote in povezovalnih omrežjih ter infrastrukturi. Vse to so pomembne vhodne informacije pri strateškem načrtovanju, vključno z oblikovanjem politik in območij za prioritarno rabo energentov za ogrevanje stavb, pripravo sanitarne tople vode (STV) in drugo proizvodnjo toplote za končne uporabnike. Toplotna karta je torej zelo uporaben in jasen način prikaza in podpora pri razumevanju rabe energije na določenem območju, npr. v državi, regiji, mestu ali v soseskah. Pristopi s pomočjo GIS nam omogočajo večplastne analize in ocenjevanje razmer ter potencialov v prostoru in s tem pripravo objektivnih podlag za objektivno odločanje pri načrtovanju rabe energije in naložb v infrastrukturo, ki bo omogočala primerno izpolnjevanje zahtev in racionalno izrabo infrastrukture. Funkcionalnosti GIS za prostorske analize in vizualizacije omogočajo številne aplikacije. Z združevanjem podatkovnih slojev za različne kazalce (npr. energija, emisije, socialni in ekonomski...) je lahko GIS toplotna karta učinkovito orodje za podporo pri razvoju LEK, ki vključujejo najrazličnejše z energijo povezane vidike .

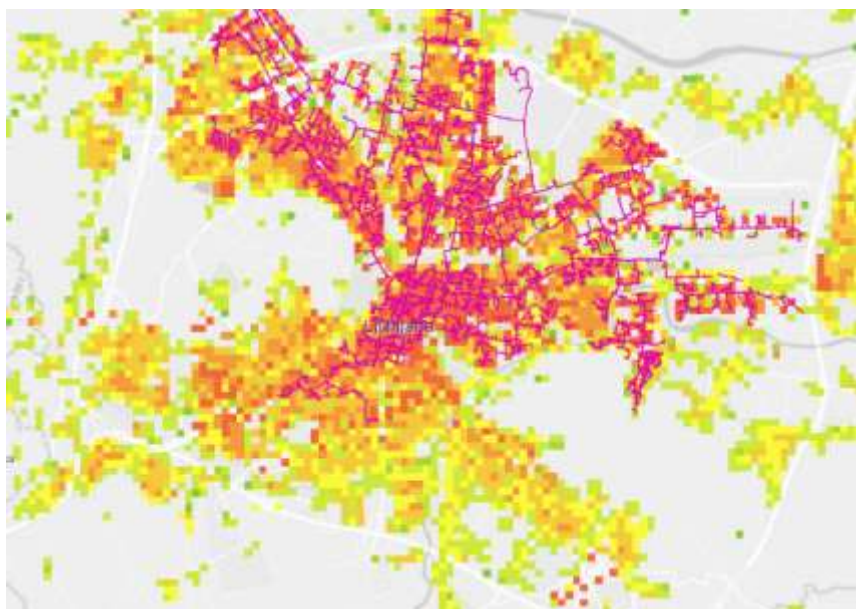
Z prostorskimi analizami toplotnih kart je mogoče natančneje in objektivneje oceniti in lokalizirati potencial za zmanjšanje porabe energije. Rezultati se lahko uporabijo za realnejšo določitev ciljev v nacionalnih akcijskih načrtih ali LEK-ih. Združevanje podatkov o rabi energije z drugimi zemljevidi ali podatkovnimi nizi omogoča identifikacijo področij, kjer bi bilo mogoče od ukrepov energetske učinkovitosti doseči največje koristi oziroma pomaga pri doseganju ciljev drugih politik, npr. glede varovanja okolja in zmanjševanja emisij ali pri identifikaciji področij povišane stopnje energetske revščine ter pripravam podlag za načrtovanje ukrepov, s katerimi bi problematiko energetske revščine omilili ali odpravili.

6.2 Toplotna karta Slovenije

V sklopu LIFE Podnebna pot 2050 je bila v programskem okolju Python izdelana metodologija za izračun toplotne karte Slovenije. Toplotna karta Slovenije prikazuje rabo toplote za ogrevanje in pripravo STV za celotno državo za izhodiščno leto 2017.



Slika 82: Toplotna karta Slovenije na nacionalni ravni



Slika 83: Toplotna karta Slovenije na lokalni ravni

V pripravo toplotne karte so vključeni številni viri podatkov, saj je bil ključni cilj pridobiti (posredno ali neposredno) čim bolj realno sliko o rabi toplote za ogrevanje stavb in pripravo STV ter s tem povezano rabo energentov. Poleg energije je pomemben vidik tudi okolje, zato so v karto med drugim vključeni podatki iz evidenc MKN ter virov emisij iz baze REMIS.

Podatki so bili na voljo na različnih nivojih (država, mesto oz. občina, posamezni deli mesta oz. soseske, stavbe ali deli stavb in naprave). Analizo o rabi energije je mogoče narediti podrobneje in natančneje kjer so na voljo podatki izvajalcev energetske storitve, pri čemer nastopajo dodatni izzivi, ki so povezani z varovanjem zaupnih osebnih ali poslovnih podatkov.

Temeljni podatki o stavbah izvirajo iz geodetskih zbirk podatkov, ki jih upravlja Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). Podatki iz evidenc GURS imajo status informacij javnega značaja in so na voljo pod pogoji slovenske licence Creative Commons 2.5, v skladu s katero je dovoljeno te podatke nekomercialno in komercialno uporabljati pod pogojem navedbe vira podatka. Osveževanje javno dostopnih podatkov praviloma poteka ob spremembah podatkov v posameznih bazah, izjema sta Register prostorskih enot (RPE) in Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture (ZK GJI), kjer se podatki osvežujejo na dnevnom nivoju.

Podatki so bili pridobljeni še iz drugih evidenc, ki jih vzpostavlja, vodi in vzdržuje GURS, in sicer iz katastra stavb (uradna državna evidenca podatkov o stavbah in delih stavb) ter REN.

Kataster stavb je temeljna evidenca podatkov o stavbah in se povezuje z zemljiškim katastrom in zemljiško knjigo. V njem se vodijo podatki o stavbah in o delih stavb (npr. identifikacijska oznaka, površina, lega in oblika, dejanska raba, povezave z zemljiškim katastrom in RPE). REN je javna zbirka podatkov o nepremičninah (parcela, zemljišče s pripadajočimi sestavinami, stavba ali del stavbe), ki na enem mestu evidentira dejanske podatke o vseh nepremičninah. V tem registru so prevzeti podatki popisa (centralni register prebivalstva), podatki zemljiškega katastra, katastra stavb, zemljiške knjige in nekaterih drugih javnih evidenc, ter podatki, ki jih dnevno posredujejo lastniki nepremičnin. Podatki v REN, ki niso prevzeti iz katastrov ali zemljiške knjige, niso povsem zanesljivi. Nekaj osnovnih statističnih podatkov o bazi REN za Maribor je prikazanih v poglavju 4.2.1. Kot dopolnitev podatkov o stavbah iz REN, predvsem z vidika ažurnosti stanja prenov stavb oziroma podatkov o lastnostih stavbe, ki vplivajo na rabo energije, je bila od Eko sklada pridobljena še njihova evidenca spodbujenih investicij od leta 2008 dalje.

Pomembna baza, ki je bila vključena je baza Eko sklada. Iz te je razvidno katera stavba je pridobila nepovratna sredstva za določen ukrep, s čimer je zmanjšala rabo energije za ogrevanje.

7 Sezname

7.1 Seznam oznak in kratic

APEGG	anketa o porabi energije in goriv v gospodinjstvih
BAT	(best available technology), najboljša razpoložljiva tehnologija
BEMS	(building energy management system), sistem za upravljanje z energijo v stavbi
BIM	(building information modelling), informacijsko modeliranje stavb
BIPV	(building-integrated photovoltaics), fotovoltaika integrirana v stavbo
BNAT	(Best not yet available technology), najboljše še ne razpoložljive tehnologije
Brez	obstoječe stanje stavbe brez energetske prenove
BRISKEE	akronom projekta H2020: Behavioural response to investment risks in energy efficiency
CC-SI	enotna klasifikacija vrst objektov
CE	(Conformité Européene), evropska skladnost
COP	grelno število (angl. Coefficient of Performance)
DOE	Department of Energy
DSEPS	Dolgoročna strategija energetske prenove stavb
DSSC	(dye-sensitized solar cell), sončne celice, občutljive za barvanje
ECTP	(European Construction Technology Platform), Evropska gradbena tehnološka platforma
EDH	enodružinske hiše
EEI	indeks energijske učinkovitosti
ELEK	ELEK, načrtovanje, projektiranje in inženiring, d. o. o., partner projekta LIFE Podnebna pot 2050
EN	harmoniziran evropski standard
EPD	(environmental performance declaration), okoljska produktna deklaracija
ETICS	(external thermal insulating contact system), zunanja kontaktna toplotna izolacija
EUDP	(Energy Technology Development and Demonstration Program), program za razvoj in demonstracijo energetske tehnologije
F-plini	F-plini je skupna oznaka za toplogredne pline iz skupin: fluorirani ogljikovodiki (HFC), perfluorirani ogljikovodiki (PFC) in plina žveplov heksafluorid (SF6), ki so predmet Kjotskega protokola gospodinjstvi aparatih
GA	
GEO	oznaka za geotermalno energijo ali za napravo, ki izkorišča geotermalno energijo
GfK	podjetje, izvajalec raziskave trga
GI ZRMK	Gradbeni Inštitut ZRMK, partner projekta LIFE Podnebna pot 2050
GIS	geografski informacijski sistem
GIS	Gozdarski inštitut Slovenije, partner projekta LIFE Podnebna pot 2050
GWP	(Global-warming potential), potencial globalnega segrevanja
I	izboljšani
IER	Inštitut za ekonomska raziskovanja, partner projekta LIFE Podnebna pot 2050
IJS	Institut "Jožef Stefan", vodilni partner projekta LIFE Podnebna pot 2050
IKT	informacijsko-komunikacijske tehnologije
IT	informacijsko telekomunikacijsko
IzbP/Nadst	izboljšana prenova stavbe (se razlikuje glede na obdobje izgradnje)
JOB	Javni razpis za sofinanciranje energetske prenove stavb v lasti in rabi občin
JRC	Joint research centre
JSI	Jozef Stefan Institute
KD	kulturna dediščina
KOL	#N/A
LCA	(life cycle assessment), analiza v življenjskem ciklu
LED	(light-emitting diode), svetleča dioda
MOM	Mestna občina Maribor

NE	celovita prenova oz. nizkoenergijska prenova
NSV	neto sedanja vrednost
OECD	(Organisation of Economic Cooperation and Development), Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj
OLED	organske svetleče diode
OP EKP	Operativni program za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020, Vlada Republike Slovenije, 2014, (verzija 5.0 potrjena 2020)
OPV	organska fotovoltaika
OVE	obnovljivi viri energije
P	parcialna energetska prenova, izveden en ukrep
PCM	fazno spremenljive snovi
PEG	polietilen glikol
PEM	gorivna celica s polimerno elektrolitsko membrano
PNZ	PNZ svetovanje projektiranje, d. o. o., partner projekta LIFE Podnebna pot 2050
PPP	(public private partnership), javno zasebno partnerstvo
PS	poslovne stavbe
PTZURES	Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah
PURES	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
PV	(photovoltaics), fotovoltaika
Qnc	potreben hlad
Qnh	potrebna toplota za ogrevanje
Rek	rekuperacija
S	standardni
SFI	The Slovenian Forestry Institute
SFRJ	Socialistična federativna republika Jugoslavija
SIST	Slovenski inštitut za standardizacijo
sNES	skoraj nič-energijske stavbe oz. prenove
SOFC	(Solid oxide fuel cell), keramične gorivne celice
SPT	soproizvodnja toplote in električne energije
SVOC	(semi volatile organic compound), polhlapne organske spojine
SZP	stisnjen zemeljski plin
TGP	toplogredni plini
TI	toplotna izolacija
TSG	tehnična smernica za graditev
U	koeficient prenosa toplote
URE	učinkovita raba energije
VIP	vakuumske izolacijske plošče
VOC	(Volatile organic compounds), hlapne organske spojine
VSS	večstanovanjska stavba
WGBC	World Green Building Council
WWF	(World Wildlife Fund), Svetovni sklad za naravo
YSZ	z itrijevim oksidom stabilizirani cirkonijev oksida
ZAG	Zavod za gradbeništvo
ZDA	Združene države Amerike
ZS	zunanje stene
ZVKD-1	Zakon o varstvu kulturne dediščine

7.2 Seznam slik

Slika 1: Predstavljene tehnologije v stavbah	8
Slika 2: Preobrat v graditeljstvu na poti k energijsko učinkovitim stavbam (povzeto po IEA, 2013).....	18



Slika 3: Primer BIPV – v ovoj stavbe integrirani fotonapetostni elementi.....	19
Slika 4: Shematični prikaz temperature v stavbi s PCM ali brez njega (Vir: Sakulich, Aaron & Bentz, D.. (2011). Limiting Freeze/Thaw Damage in Cementitious Infrastructure Systems with Phase Change Materials (PCMs). Microscopy and Microanalysis - MICROSC MICROANAL. 17. 1482-1483. DOI:10.1017/S1431927611008282).....	20
Slika 5: Mikroenkapsulirani PCM z (a) izolacijo iz celuloznih vlaken, (b) vpihan v matrico steklenih vlaken in (c) v poliuretanski peni; slika z elektronskim mikroskopom	22
Slika 6: Makroenkapsulirani anorganski PCM (hidrat soli)	23
Slika 7: Makroenkapsulirani organski PCM	23
Slika 8: Mikroenkapsulirani organski PCM (parafin) v polimernem ovoju	23
Slika 9: Mikroenkapsulirani organski PCM v mavčnokartonski plošči	23
Slika 10: Poenostavljen pregled korelacija med stroški, karakteristikami (performancami) in tržnimi deleži izolacijskih materialov: poceni proizvodi, konvencionalni izolacijski materiali, super izolacijski materiali ³⁰	24
Slika 11: Primer uporabe aerogela v stavbnem ovoju Yale Univerze in galerije (povzeto po Cuce, 2014).....	26
Slika 12: Visoko energijsko učinkovita zasteklitev z aerogelom, sestava in primer uporabe (povzeto po Cuce, 2014).	26
Slika 13. Modularna vetrnica v kombinaciji s PV panelom, za namestitev v Andergy strešne robove (H2020 Zero-Plus, www.zeroplus.org).....	28
Slika 14. Pregled načinov aktivne dinamične zasteklitve (Vir: Casini, 2018)	30
Slika 15. Primeri aktivne dinamične zasteklitve (Vir: Casini, 2018).....	30
Slika 16: Ogljični odtis različnih toplotnoizolacijskih materialov pri izolacijskem učinku $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Vir: Kunič, 2017)	33
Slika 17: Struktura kotlov za centralno ogrevanje v enostanovanjskih stavbah	34
Slika 18: Struktura kotlov za ogrevanje (centralno in etažno) v večstanovanjskih stavbah	35
Slika 19: Osnovne komponente sistema daljinskega ogrevanja	43
Slika 20: Toplotna podpostaja za daljinsko ogrevanje z grelnikom sanitarne vode in izmenjevalnikom toplote za ogrevanje prostora.....	44
Slika 21: Toplotna podpostaja za večjo stavbo.....	45
Slika 22: Toplotna črpalka zrak-zrak, kjer sta dve enoti nameščeni glede na lokalne pogoje.....	65
Slika 23: Toplotna črpalka zrak-voda.....	66
Slika 24: Toplotna črpalka zemlja-voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem	67
Slika 25: Prezračevalna toplotna črpalka.....	68
Slika 26: Razmerje med ceno in tehničnimi karakteristikami za različne vrste toplotnih črpalk	72
Slika 27: Tipična namestitve SOFC mSPTE v gospodinjstvu	87
Slika 28: Model oskrbe z energijo v Vestenskovi vasi z nizkotemperaturnim mikro SPTE vodikovo gorivno celico z membransko izmenjavo protonov (levo) in model oskrbe z vodikom na večjem območju (desno).....	90
Slika 29: Učinkovitost v primerjavi z močjo omrežja, izmerjeno na vodikov EWII z gorivom β -mikro SPTE	91
Slika 30: Krivulje izkušenj, ki predstavljajo dodatno pridobljeno izkušnjo, so načrtovane glede na predvidene in ciljne cene za sisteme ENE-FARM (Vir: Staffel & Green 2009).....	93
Slika 31: Več metanskih gorivnih celic, nameščenih kot mikro SPTE v posameznih gospodinjstvih.	95
Slika 32: Princip delovanja sončne celice	98
Slika 33: Korelacija med sončnim obsevanjem in proizvodnjo električne energije na primeru sončne elektrarne Strahinj (Moč: 89,9 kWp, proizvodnja: 99.687 kWh/leto, obdobje 2008–2009)	101
Slika 34: Delež gospodinjstev z napravami	108
Slika 35: Delež v številu vseh gospodinjstevskih aparatov v letu 2017	108

Slika 36: Delež porabe GA v celotni rabi električne energije v gospodinjstvih v letu 2017	109
Slika 37: Delež porabe GA v končni rabi električne energije v letu 2017	109
Slika 38: Delež porabe GA v končni rabi Slovenije v letu 2017	110
Slika 39: Gibanje specifične rabe energije na aparat.....	111
Slika 40: Napoved spreminjanja indeksa energijske učinkovitosti (EEI) za nove hladilnike.....	112
Slika 41: Napoved spreminjanja povprečne porabe zamrzovalnika.....	113
Slika 42: Napoved spreminjanja povprečne porabe pralnih strojev	114
Slika 43: Napoved spreminjanja povprečne porabe sušilnega stroja.....	115
Slika 44: Napoved spreminjanja povprečne porabe pomivalnega stroja – zmerni scenarij	117
Slika 45: Napoved spreminjanja povprečne porabe pomivalnega stroja – ambiciozni scenarij	117
Slika 46: Povprečna specifična poraba novih aparatov v letu 2017 in 2050 (vrednosti iz ambicioznega scenarija) ..	118
Slika 47: Gibanje specifične rabe energije novih aparatov na aparat v ambicioznem scenariju do leta 2050	118
Slika 48: Razlika v skupni porabi GA v letu 2017 pri uporabi različnih specifičnih porab na aparat, ki so posledica tehnološkega napredka	119
Slika 49: Zastopanost tehnologij do leta 2050 v gospodinjstvih.....	122
Slika 50: Projekcije instalirane moči na površino v stavbah storitvenega sektorja.....	123
Slika 51: Kulturna dediščina v Sloveniji (vir: Smernice za energetske prenove stavb kulturne dediščine)	126
Slika 52: Primer vpisa v registru kulturne dediščine z opisom enote stavbne dediščine (vir: http://giskd2s.situla.org/rkd/Opis.asp?Esd=14056)	129
Slika 53: Lestvica, ki prikazuje stopnjo vpliva posameznega ukrepa na stavbo kulturne dediščine kot celoto in na določeno varovano prvino (Vir: Smernice za energetske prenove stavb kulturne dediščine)	132
Slika 54: Razvrstitev ukrepov (A) URE na stavbnem ovoju, (B) URE na sistemih za klimatizacijo, gretje in hlajenje, (C) za povečanje OVE in (D) organizacijskih ukrepov energetske prenove glede najverjetnejše oz. povprečne stopnje sprejemljivosti pri prenovi stavb kulturne dediščine (Vir: Smernice za energetske prenove stavb kulturne dediščine)	133
Slika 55: Struktura analiziranih stavb iz prve skupine prijav na javni razpis za sofinanciranje energetske prenove stavb v lasti in rabi občin (JOB_2016)	136
Slika 56: Deleži analiziranih stavb kulturne dediščine glede na klasifikacijo CC-SI.....	137
Slika 57: Deleži ostalih analiziranih stavb glede na klasifikacijo CC-SI	138
Slika 58: Primerjava med stavbami stavbe kulturne dediščine in drugimi stavbami glede specifične investicije v prenovi fasade in doseženih energetskih učinkov po izvedbi ukrepov	139
Slika 59: Primerjava med stavbami stavbe kulturne dediščine in drugimi stavbami glede specifične investicije v prenovi ostrišja in doseženih energetskih učinkov po izvedbi ukrepov.....	139
Slika 60: Primerjava med stavbami stavbe kulturne dediščine in drugimi stavbami glede specifične investicije v prenovi oken in doseženih energetskih učinkov po izvedbi ukrepov	140
Slika 61: Odstotna primerjava skupne prenovljene kondicionirane površine za celoten nabor stavb	141
Slika 62: Odstotna primerjava (a) skupnega prihranka končne energije in (b) skupne energije iz OVE za celoten nabor stavb:.....	141
Slika 63: Primerjava načrtovanih sistemov OVE v stavbah kulturne dediščine in ostalih stavbah.....	142
Slika 64: Drugi načrtovani sistemi v stavbah (v deležih prenovljene kondicionirane površine).....	142
Slika 65: Opis postopkov in rezultatov na poti do energetske prenove stavbe kulturne dediščine. (Vir: Smernice za energetske prenove stavb kulturne dediščine)	147
Slika 66: Delež stanovanj, vključenih v APEGG 2014, v katerih so bili zvedeni ukrepi prenove (Vir: SURS).....	150

Slika 67: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov – modelski parametri	161
Slika 68: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken – modelski parametri	162
Slika 69: Potreba po hladu pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov v ovoju stavbe – modelski parametri	163
Slika 70: Potreba po hladu pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken – modelski parametri.....	164
Slika 71: Cene ukrepov za posamezne ukrepe v energetsko učinkovitost – analiza izvedenih ukrepov OP EKP.....	172
Slika 72: Razmerje med specifično investicijo v fasado in izboljšanje karakteristike zunanje stene.....	173
Slika 73: Razmerje med specifično investicijo v ostrešje in izboljšanje karakteristike strehe	174
Slika 74: Razmerje med specifično investicijo v okna in toplotno prehodnostjo okna	174
Slika 75: Razmerje med ceno sistema za prezračevanje z rekuperacijo in volumna za prezračevanje.....	175
Slika 76: Povprečne cene sistemov za prezračevanje z rekuperacijo po velikostnih razredih glede na volumen za prezračevanje	175
Slika 77: Celice izven medzrnskega vodonosnika in izven omejitev na območju Mestne občine Maribor	196
Slika 78: Potencial plitve geotermalne energije za sisteme z geosondami za primer stavbe energijsko neučinkovite večstanovanjske stavbe	198
Slika 79: Celice znotraj medzrnskega vodonosnika in izven omejitev na območju Mestne občine Maribor	199
Slika 80: Potencial plitve geotermalne energije za sisteme voda-voda za primer stavbe energijsko neučinkovite večstanovanjske stavbe	200
Slika 81: Potencial plitve geotermalne energije za primer energijsko neučinkovite večstanovanjske stavbe	201
Slika 82: Toplotna karta Slovenije na nacionalni ravni.....	204
Slika 83: Toplotna karta Slovenije na lokalni ravni.....	204

7.3 Seznam preglednic

Preglednica 1: Stroški in ciljne lastnosti naprednih tehnologij za energijsko učinkovit ovoj stavbe, 2020-2030 (povzeto po IEA, 2013).....	18
Preglednica 2. Pregled toplotnizolacijskih materialov glede na njihovo toplotno prevodnost	24
Preglednica 3: Toplotno izolacijski materiali: njihova kemijska sestava in toplotna prevodnost v primerjavi z aerogelom in njegovimi aplikacijami (povzeto po Cuce, 2014)	26
Preglednica 4: Najboljše razpoložljive tehnologije za okna in zasteklitve (povzeto po IEA, 2013)	29
Preglednica 5: Fizikalne lastnosti in oglični odtis toplotnih izolacij glede na doseženi izolacijski učinek $U = 0,20$ W/m^2K na enotno površino ovoja stavbe (m^2) (povzeto po Kunič, 2017).....	32
Preglednica 6: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo plinski kotli	36
Preglednica 7: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - enostanovanjska stavba, starejša ali prenovljena	39
Preglednica 8: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - enostanovanjska stavba, nova.....	40
Preglednica 9: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - večstanovanjska stavba, starejša ali prenovljena	41
Preglednica 10: Podatkovni list za kondenzacijski plinski kotel - večstanovanjska stavba, nova	42
Preglednica 11: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo toplotne postaje	44
Preglednica 12: Podatkovni list za toplotno podpostajo – enostanovanjska stavba, starejša ali prenovljena.....	47
Preglednica 13: Podatkovni list za toplotno podpostajo – enostanovanjska stavba, nova.....	48
Preglednica 14: Podatkovni list za toplotno podpostajo – večstanovanjska stavba, starejša ali prenovljena	49
Preglednica 15: Podatkovni list za toplotno podpostajo – večstanovanjska stavba, nova	50



Preglednica 16: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo biomasni kotli z avtomatskim nalaganjem	51
Preglednica 17: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – enostanovanjska stavba, starejša ali prenovljena	53
Preglednica 18: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – enostanovanjska stavba, nova	54
Preglednica 19: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – večstanovanjska stavba, starejša ali prenovljena	55
Preglednica 20: Podatkovni list za biomasni kotel z avtomatskim nalaganjem – večstanovanjska stavba, nova	56
Preglednica 21: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo biomasni kotli z ročnim nalaganjem	57
Preglednica 22: Podatkovni list za biomasni kotel z ročnim nalaganjem – enostanovanjska stavba, nova in starejša	58
Preglednica 23: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo peči na drva	60
Preglednica 24: Podatkovni list za peč na drva brez zalogovnika za vodo – enostanovanjska stavba, starejše in nove	61
Preglednica 25: Podatkovni list za peč na drva z zalogovnikom za vodo – enostanovanjska stavba, starejše in nove	62
Preglednica 26: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo toplotne črpalke	68
Preglednica 27: Predvidena rast prodaje toplotnih črpalk v prihodnosti v različnih obdobjih	72
Preglednica 28: Predvideno zmanjšanje stroškov za investicije v toplotne črpalke v različnih časovnih obdobjih	73
Preglednica 29: Tipični investicijski stroški v enoto toplotne črpalke	73
Preglednica 30: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-zrak – enostanovanjska stavba, starejša	74
Preglednica 31: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-zrak – enostanovanjska stavba, nova	75
Preglednica 32: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – enostanovanjska stavba, starejša	76
Preglednica 33: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – enostanovanjska stavba, nova	77
Preglednica 34: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – večstanovanjska stavba, starejša	78
Preglednica 35: Podatkovni list za toplotno črpalko zrak-voda – večstanovanjska stavba, nova	79
Preglednica 36: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – enostanovanjska stavba, starejša	80
Preglednica 37: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – enostanovanjska stavba, nova	81
Preglednica 38: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – večstanovanjska stavba, starejša	82
Preglednica 39: Podatkovni list za toplotno črpalko zemlja-voda – večstanovanjska stavba, nova	83
Preglednica 40: Podatkovni list za ventilacijsko toplotno črpalko – enostanovanjska stavba, nova	84
Preglednica 41: Podatkovni list za ventilacijsko toplotno črpalko – večstanovanjska stavba, nova	85
Preglednica 42: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo mikroSPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom	86
Preglednica 43: Podatkovni list za mikro SPTE z gorivno celico na zemeljski-/bioplin s trdim oksidantom – enostanovanjska stavba, starejša in nova	89
Preglednica 44: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo nizkotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov	90
Preglednica 45: Podatkovni list za nizkotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov – enostanovanjske stavbe, nove in starejše	94
Preglednica 46: Oblike energije, ki jih uporabljajo in proizvajajo nizkotemperaturna mikro SPTE vodikove gorivne celice z membransko izmenjavo protonov	95
Preglednica 47: Značilnosti nekaterih najpogostejših tipov fotonapetostnih celic	99
Preglednica 48: Tehnične karakteristike tehnologije prezračevanja – ocena projekcije povprečnih tehničnih karakteristik	105
Preglednica 49: Število stanovanj v letih 2000–2017 glede na število prebivalcev	107

Preglednica 50: Projekcija opremljenosti gospodinjstev z GA	110
Preglednica 51: Spremenljivke, ki določajo obnašanje gospodinjstev pri rabi različnih aparatov in razsvetljave (navedene so vrednosti za leto 2017).....	111
Preglednica 52: Razlika v skupni porabi GA v letu 2017 pri uporabi različnih specifičnih porab na aparat, ki so posledica tehnološkega napredka	119
Preglednica 53: Pregled tehnologij po sektorjih na področju razsvetljave	120
Preglednica 54: Število enot nepremične dediščine	127
Preglednica 55: Število enot stavbne dediščine po statusu ⁷⁵	127
Preglednica 56: Število enot stavbne dediščine po obdobjih ⁷⁵	128
Preglednica 57: Tipologija stavbne dediščine v registru – število enot ⁷⁵	128
Preglednica 58: Kategorizacija stavb kulturne dediščine v analizi glede na glede na CC-SI	136
Preglednica 59: Kategorizacija ostalih stavb v analizi glede na glede na CC-SI	137
Preglednica 60: Primerjava investicije v ukrepe energetske prenove med stavbami kulturne dediščine in ostalimi stavbami	138
Preglednica 61: Raba končne energije, prihranki končne energije in proizvodnja energije iz OVE po prenovi (načrtovano)	140
Preglednica 62: Potencialne naložbe v učinkovito rabo energije po dohodkovnih razredih (Vir: SURS)	151
Preglednica 63: Predpisane vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih elementov glede na razvoj tehnične zakonodaje na področju toplotne zaščite stavb	153
Preglednica 64: Izhodiščne vrednosti toplotne prehodnosti za model osnovan na tipologiji stavb po obdobju gradnje	154
Preglednica 65: Tipologija nestanovanjskih stavb v modelu glede na namen stavbe.....	154
Preglednica 66: Površine stavb glede na velikostne razrede in namen nestanovanjskih stavb.....	154
Preglednica 67: Seznam računskih modelov za stavbe glede na namen stavbe	155
Preglednica 68: Parametri geometrije stavb za računske modele za stavbe glede na namen stavbe.....	156
Preglednica 69: Tipologija stavb v modelu glede na izvedene tipične ukrepe energetske sanacije	157
Preglednica 70: Poraba energije za ogrevanje ob izvedbi tipičnih ukrepov energetske prenove za različne računske modele stavb	157
Preglednica 71: Tipične karakteristike ovoja stavbe uporabljene za modeliranje vpliva toplotne izolacije zunanjih sten in strehe na rabo energije pri različnih debelinah toplotne izolacije	159
Preglednica 72: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov	160
Preglednica 73: Tipične karakteristike oken uporabljene za modeliranje vpliva toplotne izolacije zunanjih sten in strehe na rabo energije pri različnih debelinah toplotne izolacije.....	161
Preglednica 74: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken	162
Preglednica 75: Potreba po hladu pri različnih energetskih karakteristikah toplotnih prevodnostih vgrajenih materialov ovoja stavbe	163
Preglednica 76: Potreba po hladu pri različnih energetskih karakteristikah vgrajenih oken.....	164
Preglednica 77: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za enodružinske hiše	165
Preglednica 78: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za enodružinske hiše	166
Preglednica 79: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za večstanovanjske stavbe	166

Preglednica 80: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – pisarniške stavbe.....	167
Preglednica 81: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – trgovine.....	168
Preglednica 82: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – vrtci.....	168
Preglednica 83: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – bolnišnice	169
Preglednica 84: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – zdravstveni domovi.....	169
Preglednica 85: Karakteristične vrednosti rabe energije za ogrevanje in hlajenje po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050 za storitveni sektor – študentski domovi.....	171
Preglednica 86: Karakteristične vrednosti rabe električne energije po tipih stavb glede na leto obnove v obdobju do leta 2050.....	172
Preglednica 87: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za enodružinske hiše EDH-1	176
Preglednica 88: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za enodružinske hiše EDH-2.....	177
Preglednica 89: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za večstanovanjske stavbe.....	178
Preglednica 90: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za pisarniške stavbe.....	179
Preglednica 91: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za trgovine.....	180
Preglednica 92: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za vrtce.....	181
Preglednica 93: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za bolnišnice.....	182
Preglednica 94: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za zdravstvene domove	183
Preglednica 95: Potrebni ukrepi na ovoju stavbe in sistemih za doseganje posameznega razreda energetske – modelski parametri za športne dvorane.....	184
Preglednica 96: Indeksi gradbenih stroškov za nova stanovanja po četrletnih obdobjih	185
Preglednica 97: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za enodružinske hiše EDH-1	186
Preglednica 98: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za enodružinske hiše EDH-2	187
Preglednica 99: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za večstanovanjske stavbe VSS.....	188
Preglednica 100: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za pisarniške stavbe	189
Preglednica 101: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenove v obdobju do leta 2050 – model za trgovine	190



Preglednica 102: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenov v obdobju do leta 2050 – model za vrtce	191
Preglednica 103: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenov v obdobju do leta 2050 – model za bolnišnice	192
Preglednica 104: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenov v obdobju do leta 2050 – model za zdravstvene domove	193
Preglednica 105: Projekcija vrednost investicije za ukrepe, potrebne za doseganje posameznega razreda energetske prenov v obdobju do leta 2050 – model za športne dvorane	194
Preglednica 106. Statistične lastnosti vzorca izbranih celic za analizo potenciala za geosonde.	196
Preglednica 107: Pregled analiziranih scenarijev pri analizi potenciala plitve geotermalne energije na območju MOM za sisteme zemlja-voda	197
Preglednica 108: Statistične lastnosti vzorca izbranih celic za analizo potenciala za voda-voda	199

