



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Strojništvo
Modul: Orodjarstvo

**ENERGETSKI IN EKONOMSKI PRERAČUN
ZA OGREVANJE STANOVANJA S
TOPLOTNO ČRPALKO IN PRIMERJAVA Z
OBSTOJEČIM VIROM**

Mentor: doc. dr. Drago Papler
Lektorica: Petra Arula, prof. slov. in soc.

Kandidat: Miha Jalovec

Ljubljana, junij 2025

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Dragu Paplerju za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici ge. Petri Arula, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

IZJAVA

Študent Miha Jalovec izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Draga Paplerja.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: _____

Podpis: _____

POVZETEK

V diplomskem delu smo obravnavali ogrevanje stanovanja v hiši v Logatcu. Predstavili smo energetske in ekonomske preračune za ogrevanje s toplotno črpalko ter ga primerjali z obstoječim stanjem. V energetskem preračunu smo prikazali celotne toplotne izgube za obstoječe stanje in za primer, če se izvede energetska sanacija hiše. Ugotovili smo, da se v primeru energetske sanacije hiše občutno zmanjšajo celotne toplotne izgube stanovanja in s tem stroški ogrevanja. V ekonomskem preračunu smo predstavili stroške investicije in vračilno dobo investicije zamenjave ogrevalnega vira s toplotno črpalko za primer, ko se ne upošteva stroškov energetske sanacije. Nato smo predstavili še stroške investicije in vračilno dobo investicije zamenjave ogrevalnega vira s toplotno črpalko ob upoštevanju energetske sanacije fasade in tal nad neogrevanim stanovanjem. Ugotovili smo, da je investicija zaradi velikosti hiše smiselna le v primeru, če se stroški energetske sanacije hiše razdelijo na stanovanja. Analizirali smo občutljivost spremembe tarifnega sistema obračunavanja omrežnine in ugotovili, da za naš obravnavani primer ni bistvenih sprememb v stroških omrežnine glede na stari način obračunavanja.

V teoretskem delu smo predstavili osnovne principe delovanja toplotnih črpalk ter podrobneje opisali delovanje kompresorske toplotne črpalke vključno z njenimi glavnimi sestavnimi deli. Našteli smo različne vrste toplotnih črpalk ter jih na kratko opisali. V poglavju toplotne izgube smo predstavili teorijo toplotnih izgub in njihove izračune. V poglavju Spodbude in ukrepi Eko sklada smo predstavili nepovratne subvencije, ki jih lahko uveljavljamo za naš obravnavani primer.

KLJUČNE BESEDE

- toplotna črpalka
- grelna število
- toplotne izgube
- stroški investicije
- omrežnina

ABSTRACT

The diploma thesis examined the heating solution for an apartment in a house situated in Logatec. We presented an energy and economic calculation for heating with a heat pump and made a comparison with the existing situation. In the energy calculation, we showed the total heat losses for the existing situation and for the case of energy renovation of the house. We found that in the case of energy renovation of the house, the total heat losses of the apartment are significantly reduced, and thus the heating costs. In the economic calculation, we presented the investment costs and the payback period of replacing the heating source with a heat pump for the case where the costs of energy renovation are not included. Then, we presented the investment costs and the payback period of replacing the heating source with a heat pump, for the case where the costs for energy renovation of the facade and the floor above an unheated apartment are considered. We have concluded that the investment, due to the size of the house, only makes sense if the costs of energy renovation of the house are divided among the apartments. We have made a sensitivity analysis of the change in the tariff system for calculating the network fee and have concluded that for our case under consideration there are no significant changes in the costs of the network fee compared to the old method of calculating.

In the theoretical part, we have presented the basic principles of heat pump operation and described the operation of a compressor heat pump, including its main components, in more detail. We have listed different types of heat pumps and briefly described them. In the chapter on heat loss, we have presented the theory of heat loss and their calculations. In the chapter on the Eco Fund incentives and measures, we have presented non-refundable subsidies that can be claimed for our case under consideration.

KEYWORDS

- heat pump
- coefficient of performance
- heat losses
- investment costs
- network charge

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge.....	1
1.3	Predstavitev okolja	2
1.4	Predpostavke in omejitve	2
1.5	Metode dela	3
2	PREGLED LITERATURE IN PRIMERI DOBRIH PRAKS	4
3	TOPLLOTNE ČRPALKE	7
3.1	Princip delovanja toplotne črpalke	7
3.2	Parni hladilni procesi	8
3.3	Primerjava procesa v hladilni napravi in toplotni črpalci	10
3.4	Delovanje toplotne črpalke.....	11
3.5	Opis glavnih sestavnih delov toplotne črpalke.....	13
3.5.1	Uparjalnik.....	13
3.5.2	Kompresor	14
3.5.3	Kondenzator	15
3.5.4	Ekspanzijski ventil	16
3.5.5	Ostale komponente kompresijske toplotne črpalke	16
3.6	Učinkovitost/izkoristek toplotne črpalke	17
3.7	Glasnost toplotne črpalke zrak-voda.....	18
3.8	Načini delovanja toplotnih črpalk	19
3.9	Vrste toplotnih črpalk	20
3.9.1	Toplotne črpalke zemlja-voda	21
3.9.2	Toplotne črpalke voda-voda	23
3.9.3	Toplotne črpalke zrak-voda	24
4	TOPLLOTNE IZGUBE	25
4.1	Prevod toplote.....	25
4.2	Prestop toplote.....	26
4.3	Sevanje	26
4.4	Prehod toplote.....	27
4.5	Toplotne izgube in toplotna moč ogrevanja.....	29
4.5.1	Poenostavljeni postopek izračuna transmisijskih toplotnih izgub	31
4.5.2	Poenostavljeni postopek izračuna prezračevalnih toplotnih izgub	32
4.5.3	Poenostavljeni izračun skupnih toplotnih izgub ogrevanega prostora ..	32
4.5.4	Dodatna toplotna moč zaradi prekinjenega delovanja ogrevanja.....	33
4.5.5	Potrebna toplotna moč za ogrevanje prostora in zgradbe	33
4.6	Temperaturni primanjkljaj (TP).....	34
4.7	Značilno meteorološko leto.....	35
5	SPODBUDE IN UKREPI EKO SKLADA.....	36
5.1	Ukrep C	37
5.2	Ukrep F	38
5.3	Ukrep H	39
6	ENERGETSKI PRERAČUN STANOVANJA.....	41

6.1	Opis obravnavanega objekta.....	41
6.2	Določitev toplotnih prehodnosti	42
6.2.1	Toplotna prehodnost – zunanji zid.....	43
6.2.2	Toplotna prehodnost – tla	44
6.2.3	Toplotna prehodnost – strop	44
6.2.4	Toplotna prehodnost – okna in vrata	45
6.2.5	Zbrane vrednosti toplotnih prehodnosti U	45
6.3	Določitev toplotnih izgub	46
6.3.1	Izračun transmisijskih toplotnih izgub – obstoječe stanje.....	50
6.3.2	Izračun transmisijskih toplotni izgub – izolirana ovoj hiše in tla.....	51
6.3.3	Izračun transmisijskih toplotnih izgub – izoliran samo ovoj hiše	52
6.3.4	Izračun transmisijskih toplotnih izgub – izolirana samo tla.....	53
6.3.5	Ventilacijske toplotne izgube	54
6.3.6	Celotne toplotne izgube	55
6.3.7	Potrebna toplotna moč za ogrevanje stanovanja.....	57
6.4	Podatki o izbrani toplotni črpalki in drugih sestavnih delih TČ	58
6.4.1	Izbira primerne toplotne črpalke	58
6.4.2	Izbira primernega hranilnika toplote	60
7	EKONOMSKI PRERAČUN	62
7.1	Stroški investicije.....	62
7.1.1	Stroški investicije zamenjave ogrevalnega vira	62
7.1.2	Stroški investicije toplotne izolacije ovoja hiše.....	63
7.1.3	Stroški investicije toplotne izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem.....	64
7.1.4	Stroški obratovanja toplotne črpalke	65
7.2	Analiza občutljivosti spremembe tarifnega sistema obračunavanja omrežnine.....	69
7.2.1	Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko za obstoječe stanje.....	70
7.2.2	Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ	71
7.2.3	Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko za obstoječe stanje – olajšava za ČB1	71
7.2.4	Razlika v letni omrežnini za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ	73
7.2.5	Omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ.....	74
7.2.6	Skupni letni stroški energije za obratovanje TČ.....	75
7.2.7	Skupni letni stroški energije za obratovanje TČ – olajšava za ČB1	76
7.2.8	Primerjava starega in novega sistema obračunavanja omrežnine	76
7.2.9	Primerjava skupnih letnih stroškov gospodinjstva v primeru porabe električne energije za gospodinjstvo in obratovanja TČ	79
7.3	Stroški vzdrževanja in obratovanja TČ.....	82
7.3.1	Stroški vzdrževanja toplotne črpalke	82
7.3.2	Celotni letni stroški obratovanja toplotne črpalke.....	82
7.4	Vračilna doba investicije	83
7.4.1	Vračilna doba investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ – stroški energetske sanacije hiše niso upoštevani	84
7.4.2	Vračilna doba investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ – upoštevani stroški energetske sanacije hiše.....	85
7.5	Primerjalna analiza energetskih in ekonomskih učinkov energetske sanacije stanovanja.....	86

8	ZAKLJUČEK	89
9	LITERATURA IN VIRI.....	91
	PRILOGA.....	94

KAZALO SLIK

Slika 1: Levi krožni proces.....	7
Slika 2: Carnotov obrnjen (levi) krožni proces.....	8
Slika 3: Parno kompresorski hladilni cikel.....	9
Slika 4: Diagram $\log p-h$ realnega parnega hladilnega procesa	10
Slika 5: Primerjava procesa v hladilni napravi in toplotni črpalki	11
Slika 6: Poenostavljeni prikaz sestavnih delov kompresijske toplotne črpalke	12
Slika 7: Proces toplotne črpalke v log p-h diagramu	12
Slika 8: Načini obratovanja toplotnih črpalk	19
Slika 9: Letni delež pokritja toplotnih potreb pri bivalentnem obratovanju	20
Slika 10: Primerjava grelne moči TČ v odvisnosti od različnih virov.....	21
Slika 11: Osnovne izvedbe zemeljskih kolektorjev.....	22
Slika 12: Prikaz vgradnje toplotne sonde.....	23
Slika 13: Toplotna črpalka voda-voda.....	23
Slika 14: Toplotna črpalka zrak-voda.....	24
Slika 15: Prehajanje toplote na primeru ogrevanega stanovanja	25
Slika 16: Prenos toplote skozi zunanji zid.....	28
Slika 17: Toplotne izgube skozi stene objekta	30
Slika 18: Grafični prikaz število dni – temperaturni interval za Logatec.....	35
Slika 19: Hiša, v kateri se nahaja obravnavano stanovanje	41
Slika 20: Trenutni vir ogrevanja – predelana peč na pelete	42
Slika 21: Tloris obravnavanega stanovanja	48
Slika 22: Skupne toplotne izgube za obstoječe stanje in različne primere energetske sanacije fasade in tal nad neogrevanim prostorom.....	57
Slika 23: Skupna toplotna moč za obstoječe stanje in različne primere energetske sanacije fasade in tal nad neogrevanim prostorom.....	58
Slika 24: Toplotna črpalka Haier AW102SNCHA/ HU102WAMNA	60
Slika 25: Hranilnik toplote Sunsyssem SUN-PSM 100	61
Slika 26: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč za različne primere ...	73
Slika 27: Povečanje letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ	73
Slika 28: Letni prihranek pri povečanju letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ, če se upošteva olajšava za ČB1.....	74
Slika 29: Skupni letni strošek električne energije in omrežnin za obratovanje TČ ...	75
Slika 30: Skupni letni strošek električne energije in omrežnin za obratovanje TČ v primeru upoštevanja olajšava za ČB1	76
Slika 31: Povečanje letne omrežnine zaradi povečanja obračunske moči zaradi uporabe TČ	77
Slika 32: Skupni letni strošek električne energije za obratovanje TČ ob upoštevanju starega načina obračunavanja omrežnine	78
Slika 33: Skupni letni stroški za obratovanje TČ pri različnih načinih obračunavanja omrežnine	78
Slika 34: Skupni letni strošek električne energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ – novi način obračunavanja	80
Slika 35: Skupni letni strošek električne energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ – novi način obračunavanja in olajšava za ČB1 ..	80
Slika 36: Skupni letni strošek električne energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ – stari način obračunavanja	81
Slika 37: Skupni letni stroški energije in omrežnine, ki vključujejo porabo gospodinjstva in obratovanje TČ pri različnih načinih obračunavanja omrežnine....	81

KAZALO TABEL

Tabela 1: Projektne notranje temperature po standardu SIST EN 12831	31
Tabela 2: Korekcijski faktor f_k za različna področja v zunanjem okolju	32
Tabela 3: Korekcijski faktor f_{θ} za prostore z višjo temperaturno ravno kot v sosednjih prostorih	33
Tabela 4: Predpisana meja sezonske energijske učinkovitosti	37
Tabela 5: Toplotna prehodnost skozi zunanji zid za obstoječe stanje	43
Tabela 6: Toplotna prehodnost skozi zunanji zid, če se izvede izolacija ovoja hiše	43
Tabela 7: Toplotna prehodnost skozi tla za obstoječe stanje	44
Tabela 8: Toplotna prehodnost skozi tla, če se izvede izolacija tal nad neogrevanim stanovanjem	44
Tabela 9: Toplotna prehodnost skozi strop za obstoječe stanje	44
Tabela 10: Toplotna prehodnost skozi okna in vrata	45
Tabela 11: Zbrane vrednosti U	45
Tabela 12: Projektni pogoji ter podatki o dimenzijah stanovanja	49
Tabela 13: Izračun celotnih transmisijских izgub za obstoječe stanje	50
Tabela 14: Izračun celotnih transmisijских izgub – izolirana ovoj hiše in tla	51
Tabela 15: Izračun celotnih transmisijских izgub – izoliran samo ovoj hiše	52
Tabela 16: Izračun celotnih transmisijских izgub – izolirana samo tla nad neogrevanim prostorom	53
Tabela 17: Skupne ventilacijske izgube	55
Tabela 18: Ocena stroškov investicije zamenjave stare kurilne naprave s toplotno črpalko	62
Tabela 19: Ocenjeni stroški investicije energetske sanacije fasade hiše	63
Tabela 20: Ocenjeni stroški investicije izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem	64
Tabela 21: Projektni pogoji	65
Tabela 22: Število ogrevalnih dni in temperaturni intervali	66
Tabela 23: Letna poraba električne energije za ogrevanje stanovanja	67
Tabela 24: Letni stroški prenesene energije za ogrevanje stanovanja brez upoštevanja omrežnine za prevzeto energijo in omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč	68
Tabela 25: Skupno število ur ogrevanja in intervalna grelna toplota	68
Tabela 26: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč za obstoječe stanje	70
Tabela 27: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ	71
Tabela 28: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč za obstoječe stanje, če se upošteva olajšava za ČB1	72
Tabela 29: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ, če se upošteva olajšava za ČB1	72
Tabela 30: Letna omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ	74
Tabela 31: Letni stroški za omrežnino za obračunsko moč pri upoštevanju obračunski moči 7 kW	76
Tabela 32: Letni stroški za omrežnino za obračunsko moč pri upoštevanju obračunski moči 10 kW	77
Tabela 33: Letna omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ pri starem načinu obračunavanja	77
Tabela 34: Letni stroški za preneseno električno energijo 8.306,86 kWh brez upoštevanjih omrežnin	79

Tabela 35: Letna omrežnina za prevzeto energijo pri novem načinu obračunavanja	79
Tabela 36: Letna omrežnina za prevzeto energijo pri starem načinu obračunavanja	79
Tabela 37: Celotni letni stroški obratovanja TČ	82
Tabela 38: Celotni letni stroški obratovanja TČ, če se upošteva olajšava za ČB1 ..	83
Tabela 39: Vstopni podatki za izračun vračilne dobe investicije.....	83
Tabela 40: Vračilna doba investicije, ko ne upoštevamo stroškov energetske sanacije hiše	84
Tabela 41: Vračilna doba investicije v primeru energetske sanacije fasade ter izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem za primer, če se stroški energetske sanacije razdelijo na tri stanovanja.....	85
Tabela 42: Vračilna doba investicije ob upoštevanju energetske sanacije fasade ter izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem za primer, če se stroški ne razdelijo	85
Tabela 43: Primerjava energetskih in ekonomskih kazalnikov v različnih pogojih ...	87

KRATICE IN AKRONIMI

TČ:	Toplotna črpalka
STV:	Sanitarna topla voda
COP:	Koeficient učinkovitosti (Coefficient of Performace)
SCOP:	Sezonski koeficient učinkovitosti
ČB1:	Časovni blok 1
VT:	Visoka tarifa (omrežnina)
MT:	Manjša tarifa (omrežnina)
ARSO:	Agencija Republike Slovenije za okolje
Eko sklad:	Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad
MODOMVS:	Mesečna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v višji sezoni
MODOMNS:	Mesečna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v nižji sezoni
LODOM:	Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

Zaradi vse višjih stroškov ogrevanja, onesnaženosti zraka in razmer v svetu je v današnjih časih treba iskati učinkovite, okolju prijazne ter zanesljive vire za ogrevanje. Ker so starejše hiše večinoma slabo izolirane ali pa sploh ne, je za zmanjšanje stroškov ogrevanja v prvem koraku potrebna energetska sanacija objekta. Po energetske sanaciji se nato na podlagi izračunanih toplotnih izgub določi primerni vir ogrevanja.

Zaradi razmer v svetu je v današnjih časih treba razmišljati tudi o zanesljivosti dobave energentov (plin, kurilno olje, les, elektrika). Poleg primarnega vira ogrevanja je dobro imeti še sekundarni vir ogrevanja (kamin), ki nam v primeru izrednih dogodkov (izpad električnega omrežja) pomaga pri ogrevanju.

V teoretskem delu diplomske naloge bomo obdelali področje toplotnih črpalk, področje toplotnih izgub ter na kratko predstavili Eko sklad – Slovenski okoljski javni sklad. V nadaljevanju bomo v praktičnem delu obravnavali ogrevanje stanovanja v hiši v Logatcu. Ker bomo v praktičnem delu prikazali stroške investicije, stroške obratovanja in vzdrževanja ter vračilno dobo investicije, bomo na kratko omenili tudi področje ekonomike.

1.2 Cilji naloge

Cilj diplomske naloge je ovrednotiti stroške, ki zajemajo energetska sanacija obravnavane hiše ter zamenjavo ogrevalnega vira za ogrevanje stanovanja s toplotno črpalko. Na podlagi stroškov investicije in letnih prihrankov, ki jih pričakujemo zaradi energetske sanacije hiše ter zamenjave ogrevalnega vira s toplotno črpalko, bomo določili vračilno dobo investicije. Na podlagi vračilne dobe investicije bo sprejeta odločitev, ali se bosta izvedli energetska sanacija hiše in vgradnja toplotne črpalke.

Ob predpostavki, da se izolirajo toplotni ovoj hiše in tla nad neogrevanim stanovanjem, bomo izračunali toplotne izgube stanovanja ter izbrali primerno toplotno črpalko. Izračunali bomo stroške investicije energetske sanacije hiše in vgradnje toplotne črpalke, letne stroške obratovanja in vzdrževanja toplotne črpalke ter nato določili vračilno dobo investicije. Analizo občutljivosti bomo izvedli z upoštevanjem spremembe tarifnega sistema električne energije, ki zvišuje stroške za vršno moč pri omrežni v času zimske sezone.

1.3 Predstavitev okolja

Obravnavano stanovanje je v enodružinski hiši v Logatcu. Hiša je bila zgrajena leta 1976 in je slabo izolirana ter je bila pred 15 leti deležna manjše obnove.

1.4 Predpostavke in omejitve

Glavne omejitve obravnavanega problema so ekonomske narave, kajti omejeni smo s finančnimi sredstvi. Prav tako smo omejeni z vrsto toplotne črpalke. Na voljo imamo izvedbo toplotne črpalke zrak-voda. Pri energetske sanaciji hiše smo pri izbiri izolacijskega materiala in njegove debeline upoštevali zahteve Eko sklada. Pri izračunu toplotnih izgub ter letne porabe za ogrevanje stanovanja nismo upoštevali toplotnih dobitkov zaradi sončnega obsevanja ter aktivnosti v prostoru. Toplotne izgube stanovanja smo izračunali po poenostavljenem izračunu. V diplomski nalogi na njihovo željo nismo omenili podjetji, ki sta nam pripravili ponudbi za zamenjavo ogrevalnega sistema in energetske sanacije.

Zaradi nedostopnosti podatkov proizvajalca TČ pri navedenih enačbah (1), (2), (3) in (4) izračuni na primerih niso realizirani. Ker toplotna izolacija pri obravnavani hiši ni predhodno vgrajena, se enačba (14) ne upošteva. Prav tako se ne upošteva enačbe (22), ker se bo stanovanje ogrevalo brez prekinitev. Pri izbiri prostornine hranilnika toplote ni upoštevana dodatna prostornina, da se lahko premesti zaporni čas (enačba 23). Zaradi zanemarljivih vrednosti pri izračunih skupnih omrežnin niso upoštevani prispevki za delovanje operaterja trga, prispevki OVE in SPTE, prispevki za energetske učinkovitost ter trošarine 1 (poglavje 6.2).

- Predpostavljamo, da bomo z energetske sanacije toplotnega ovoja hiše in tal nad neogrevanim stanovanjem zmanjšali toplotne izgube. Na podlagi manjših toplotnih izgub bomo dimenzionirali toplotno črpalko manjše moči.
- Predpostavljamo, da bi v primeru energetske sanacije stanovanja zmanjšali stroške ogrevanja za polovico ali več.
- Predpostavljamo, da se nam bo ob upoštevanju subvencij Eko sklada investicija povrnila okvirno v roku 15 let.

1.5 Metode dela

Raziskovanje bo potekalo v stanovanju v enodružinski hiši v Logatcu.

Za raziskave bomo uporabili naslednje metode:

- opisna metoda,
- analitična metoda,
- sintetična metoda,
- računska metoda,
- metoda analize stroškov,
- metoda analize občutljivosti.

V teoretičnem delu bomo za opis teorije in obstoječega stanja uporabili opisno metodo. V teoretičnem delu bomo uporabili tudi metodo združevanja, saj bomo uporabili in prevzeli teoretične osnove, raziskave, izsledke in citate različnih avtorjev.

Analitična metoda bo uporabljena skozi celotno diplomsko delo, saj bomo razčlenjevali različne pojave v posamezne dele, ki jih bomo nato podrobno proučevali. Sintetična metoda bo uporabljena v sklepnem delu diplomske naloge, kjer bomo predstavili zaključke in ugotovitve raziskovalnega dela. Združene bodo glavne ugotovitve raziskovalnega dela v povezavi s teoretičnimi izhodišči in predpostavkami.

Računska metoda bo uporabljena v praktičnem delu v podpoglavjih 5.2, 5.3, 6.1, kjer bodo izračunane toplotne prehodnosti, toplotne izgube in letna poraba energije.

Metoda analize stroškov bo uporabljena v praktičnem delu v podpoglavjih 6.1, 6.2, 6.3 in 6.4. Pri tej metodi bodo ovrednoteni stroški investicije, stroški obratovanja TČ, stroški omrežnin, skupni letni stroški energije in omrežnine za gospodinjstvo, stroški vzdrževanja TČ ter vračilna doba investicije.

Metoda analize občutljivosti bo uporabljena v praktičnem delu v podpoglavju 6.2. Pri tej metodi bo ovrednotena ocena letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč za primer obstoječega stanja in za primer uporabe TČ. Ovrednotena bo tudi ocena povečanja letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ. Analizirana bo tudi omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ ter omrežnina za prevzeto energijo, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ.

2 PREGLED LITERATURE IN PRIMERI DOBRIH PRAKS

Raziskava (Christodoulides idr., 2019) ugotavlja, ali je vgradnja zemeljske toplotne črpalke (GSHP) ekonomsko upravičena kot alternativa zračni toplotni črpalci (ASHP). Za primerjavo je predstavljena in obravnavana tipična obremenitev ogrevanja/hlajenja hiše za zmerno podnebje. Na podlagi eksperimentalnih podatkov ter simulacij je dokazano, da so sistemi ASHP s posebej zasnovanimi kanalskimi serijskimi HP z invertersko tehnologijo zelo konkurenčen sistemom GSHP, ki niso jasno upravičena naložba za varčevanje z energijo.

Raziskava (Wilson idr., 2024) analizira vpliv elektrifikacije ogrevanja z uporabo toplotnih črpalk zrak-zrak v 550.000 ameriških gospodinjstvih. Rezultati kažejo, da bi se z uvedbo toplotnih črpalk emisije toplogrednih plinov zmanjšale za 5–9 % v vseh zveznih državah med letoma 2022 in 2038. Ugotovljeno je, da bi bile toplotne črpalke zrak-zrak brez subvencij stroškovno učinkovite v 59 % gospodinjstev (65 milijonov). Ključni dejavnik je učinkovitost: višja učinkovitost ali boljša izolacija zmanjšata tveganje za višje račune, kljub višjim začetnim stroškom. Dostopnost tehnologije lahko izboljšajo politike spodbud in inovacije.

Raziskava (Asaee idr., 2017) ocenjuje tehnično in ekonomsko izvedljivost preoblikovanja kanadskega stanovanjskega fonda na skoraj nič-energijske stavbe z uporabo visokoučinkovitih in obnovljivih tehnologij. Predlagana energetska posodobitev vključuje toplotno črpalco zrak-voda, pomožni kotel, zalogovnik toplote, hidravlično dobavo toplote in ogrevanje tople sanitarne vode. V tej študiji so obravnavani prihranki energije, spremembe emisij toplogrednih plinov in ekonomska izvedljivost posodobitve toplotne črpalke zrak-voda. Rezultati kažejo na možnost 36 % prihranka energije in 23 % zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, če se posodobitve lotijo vse hiše, ki izpolnjujejo pogoje. Ekonomska upravičenost je močno odvisna od virov energije, cen in lokalnih pogojev. Ključne spodbude za širšo uvedbo so zakonodaja, subvencije in ozaveščanje prebivalstva. Ekonomska analiza kaže, da na izvedljivost sistemov toplotnih črpalk zrak-voda močno vplivajo trenutno stanje porabe primarne energije za proizvodnjo električne energije ter ogrevanje prostorov in toplotne vode, pa tudi cene energije in gospodarske razmere. Za povečanje stopnje razširjenosti posodobitev toplotnih črpalk zrak-voda v kanadskem stanovanjskem fondu so potrebni zakonodaja, ekonomske spodbude in izobraževanje lastnikov stanovanj.

Raziskava (Chesser idr., 2021) obravnava delovanje toplotnih črpalk zrak-voda v realnih pogojih na primeru temeljito prenovljenih hiš na Irskem. Koeficient učinkovitosti (COP) je merilo trenutne učinkovitosti toplotne črpalke. Toplotna energija, ki jo proizvede toplotna črpalca zrak-voda, se šteje za obnovljivo, če v določenem časovnem obdobju dosega določen trajni COP, npr. sezonski faktor

učinkovitosti (SPF). Delovanje toplotne črpalke na kraju samem se pogosto razlikuje od laboratorijskih preskusnih pogojev. Analiza kaže, da vse hiše v poskusu izpolnjujejo pogoje za proizvodnjo toplote iz obnovljivih virov, vendar se razlikujejo od učinkovitosti laboratorijskih preskusov proizvajalca. Toplotne črpalke zrak-voda z nazivno močjo 8,5 kW (11,2 kW) so v povprečju za 16 (24 %) pri zunanjih temperaturah 7 °C in 3 (11 %) pri zunanjih temperaturah 2 °C slabše od proizvajalčevih vrednosti COP.

Na Danskem so z modeliranjem več kategorij enodružinskih hiš in potrošnikov analizirali kompromis med naložbami v energetske učinkovitost in izbiro ogrevalnih tehnologij z visokimi začetnimi ter nizkimi obratovalnimi stroški. Kot primer dobre prakse vključuje študija tudi uporabo kombiniranih ogrevalnih virov, kot je peč na drva kot sekundarni vir. Vključitev zdravstvenih stroškov zaradi onesnaženosti zraka z drobnimi delci (PM) v optimizacijo ogrevalnih stroškov gospodinjstev predstavlja pomembno inovacijo, saj vodi k celovitejšem odločanju.

Rezultati kažejo, da vključitev teh zdravstvenih učinkov zmanjšuje uporabo peči na drva in spodbuja k čistejšim rešitvam. Poleg tega analiza razkriva, da zasebne odločitve pogosto odstopajo od družbenoekonomsko optimalnih, zato avtorji predlagajo politične ukrepe za bolj trajnostno izbiro. Zanimiv rezultat je tudi, da se optimalni zasebni prihranki toplote zmanjšajo za 66 %, če imajo vsa gospodinjstva možnost prehoda na tehnologije z nizkimi variabilnimi stroški. Ta študija tako ponuja konkreten primer, kako lahko vključevanje zdravstvenih in okoljskih vplivov vodi k bolj trajnostnim energetskim rešitvam v praksi (Zvingilaite & Klinge Jacobsen, 2015).

Raziskava (Gram-Hanssen idr., 2012) obravnava individualne toplotne črpalke zrak-zrak v danskih stanovanjih in poletnih hišicah ter vprašanje, v kolikšni meri dejansko zagotavljajo prihranke pri porabi energije. Rezultati kažejo, da se 20 % pričakovanega zmanjšanja porabe električne energije pretvori v večje udobje v stanovanjih, vključno s povečanjem ogrevalnih površin, ohranjanjem višje temperature in daljšo ogrevalno sezono ter uporabo toplotne črpalke za klimatizacijo. Podatki vključujejo porabo električne energije v 185 gospodinjstvih pred vgradnjo toplotnih črpalk in po njej, skupaj z rezultati ankete 480 gospodinjstev. Poleg tega je bilo 12 gospodinjstev izbranih za poglobljeno analizo, ki je vključevala tehnični pregled in kvalitativne intervjuje. Rezultati kažejo, da se zlasti pri poletnih hišah poraba električne energije v povprečju ni zmanjšala, saj energetske učinkovitost izravnavajo večje udobje in spremenjene možnosti ogrevanja. Te rezultate je treba upoštevati pri dolgoročnem energetskem načrtovanju za trajnostni energetski sistem.

Za povečanje učinkovitosti toplotnih črpalk v zimskih razmerah je bil razvit nov sistem zračnih toplotnih črpalk brez zmrzovanja. Preden se sistem v velikem obsegu promovira in uporablja, je treba opraviti ekonomsko analizo. Raziskava obravnava tehnično-ekonomsko analizo sistema v tipičnih podnebnih območjih na Kitajskem in primerjavo s konvencionalno zračno TČ. Rezultati so pokazali, da so se obratovalni

stroški sistema zračne TČ brez zmrzovanja zmanjšali za 23,2 %, 23,6 % in 29,0 % v primerjavi s konvencionalnimi sistemi zračnih TČ v mestih Xi'an, Shenyang in Hefei, pri čemer je bila doba vračanja začetnih stroškov 4,2 leta, 3,3 leta in 4,03 leta. Zaključki tega dela bodo uporabniku zagotovili ključne informacije pri odločanju in določanju ekonomske upravičenosti sistema zračne TČ brez zmrzovanja, preden se bo začel v velikem obsegu spodbujati in uporabljati (Wang idr., 2020).

Raziskava (Johnson, 2011) obravnava ogljični odtis reprezentativnih toplotnih črpalk za stanovanja v Združenem kraljestvu, da bi ugotovila pomen izpustov, ki niso vključeni v uradne preračune (zlasti emisij F-plinov in proizvodnje strojne opreme TČ) in je pokazala tri ugotovitve. Prvič, proizvodnja električne energije predstavlja večino emisij toplogrednih plinov toplotne črpalke – fluorirani ogljikovodiki povečajo odtis za dodatnih 20 %. Drugič, pri izkoristkih toplotnih črpalk v Združenem kraljestvu je odtis toplotnih črpalk (v kg CO₂e na kWh dobavljene energije) primerljiv ali višji od odtisa plinastih goriv, ki se uporabljajo za ogrevanje. Je nižji od odtisa kurilnega olja in veliko nižji od odtisa trdnih goriv. Tretjič, proizvodnja in odstranjevanje strojne opreme toplotne črpalke sta razmeroma nepomembna, saj predstavljata le 2–3 % celotnega odtisa toplotne črpalke. Ocenjene so bile občutljivosti na rezultate: ključni dejavniki so odtis proizvodnje električne energije, sestava in stopnja uhajanja F-plinov ter vrsta konstrukcije sten.

Raziskava (O'Hegarty idr., 2022) obravnava delovanje toplotnih črpalk zrak-voda v praksi, kjer pogosto dosegajo nižjo učinkovitost od nazivno pričakovane. Namen raziskave je uskladiti te ugotovitve in predlagati vzroke za navedeno slabšo učinkovitost. Raziskava analizira evropske standarde, pretekle raziskave in podatke iz novega spremljanja na Irskem. Povprečna sezonska zmogljivost 378 naprav je bila 2,59, kar je precej pod nazivno vrednostjo. Trije razlogi za to prenizko učinkovitost so napačni vremenski podatki za nekatere lokacije, neupoštevane izgube v distribucijskih ceveh in neupoštevani učinki cikličnega delovanja. Izmerjeni sezonski faktor učinkovitosti toplotne črpalke iz študije primera, spremljane v tem dokumentu, je bil 2,49 za ogrevanje prostorov. To 40-odstotno zmanjšanje učinkovitosti v primerjavi z nazivno učinkovitostjo izdelka, ki znaša 4,12, je posledica treh navedenih razlogov. Ker so ti razlogi večinoma posledica neustrezne prakse vgradnje, se okoljska politika ne bi smela osredotočiti le na količino tehnologij, ki jih je treba vgraditi, temveč tudi na kakovost namestitve.

3 TOPLOTNE ČRPALKE

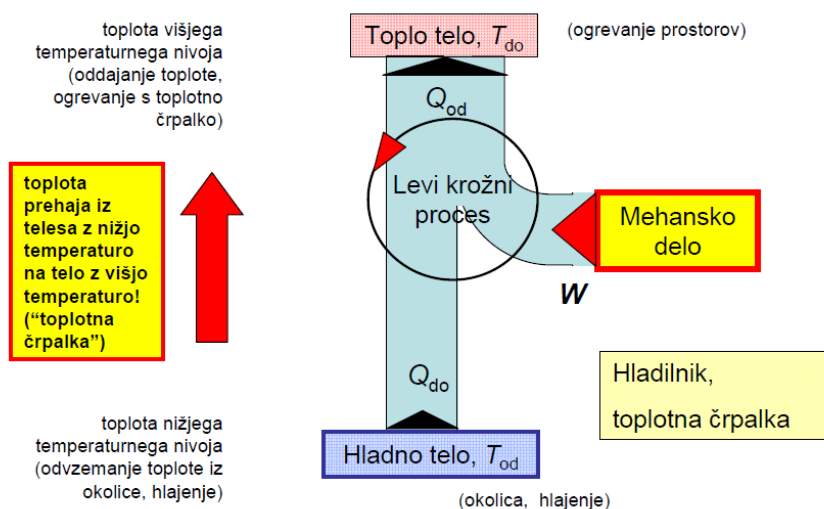
3.1 Princip delovanja toplotne črpalke

Toplotna črpalka je naprava, ki pridobiva toplotno energijo iz vira pri nizki temperaturi in jo prinaša na višjo temperaturo, kjer je na voljo kot koristna toplotna energija. To pomeni, da je za toplotno energijo pri višji temperaturi predvidena določena uporaba. Le-ta toplotne črpalke loči od sicer podobnih hladilnih in klimatskih naprav, pri katerih se višja temperaturna energija zavrže kot odpadna energija.

Osnovne komponente vsake toplotne črpalke so prenosniki toplote, skozi katere se prenaša in daje na voljo toplotna energija. Toplotna energija med prenosniki toplote se lahko črpa na naslednje načine:

- kompresija pare, ki jo poganja elektromotor
- kemična absorpcija
- plinska kompresija
- termoelektrične metode.

Vsi omenjeni načini za delovanje potrebujejo vhodno energijo. Ta energija je lahko mehanska, električna ali toplotna (Heap, 1979).



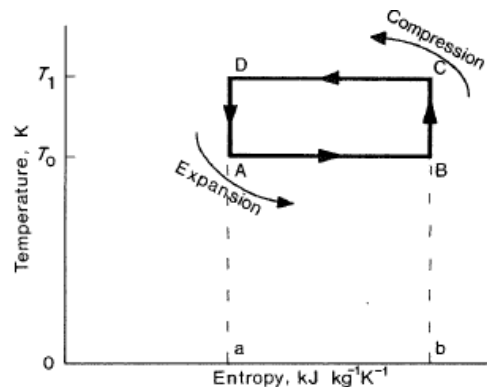
Slika 1: Levi krožni proces
(Vir: Fakulteta za strojništvo-energetska proizvodnja, 2025)

Poznamo različne izvedbe toplotnih črpalk, kot so na primer kompresijske toplotne črpalke, absorpcijske toplotne črpalke, adsorpcijske toplotne črpalke in Vuilleumierove toplotne črpalke (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

V nadaljevanju bomo obravnavali kompresijske toplotne črpalke.

3.2 Parni hladilni procesi

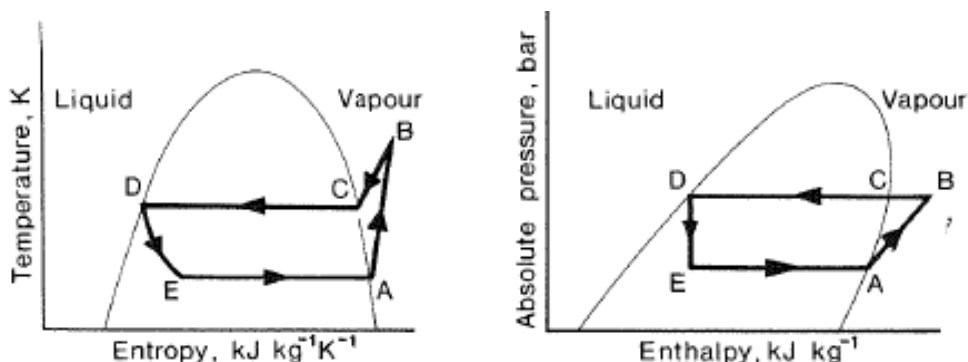
Toplotne črpalke s parnim kompresijskim ciklom delujejo tako, da nenehno spreminjajo fizikalne lastnosti tekočine skozi cikel, ki se približuje teoretičnemu obrnjenemu (levemu) Carnotovemu ciklu, ki je prikazan na Sliki 1.



Slika 2: Carnotov obrnjen (levi) krožni proces
(Vir: Heat Pumps, 1979)

Para se izotermno razširi od A do B pri absolutni temperaturi T_0 in absorbira toploto, nato pa se adiabatno stisne in nadalje segreje na temperaturo T_1 pri točki C. Toplota se nato sprosti med izotermno kompresijo CD, adiabatna ekspanzija DA pa vrne paro v začetno stanje. Cikel je prikazan v koordinatnem sistemu na Sliki 2 (entropija-temperatura), območja, označena s črkami, predstavljajo količine energije. Pri reverzibilnih spremembah se entropija ne spreminja, pri ireverzibilnih spremembah pa se poveča. Območje ABCD predstavlja neto delo, ki je bilo vloženo, območje abCD pa predstavlja sproščeno toploto. Učinkovitost toplotne črpalke COP tega idealnega teoretičnega cikla je določena s formulo $T_1/(T_1-T_0)$, pri čemer sta obe temperaturi izraženi na absolutni temperaturni lestvici (K ali °R). To razmerje je splošno znano kot 'Carnotova učinkovitost' toplotne črpalke med T_1 in T_0 .

Pri praktičnih kompresorskih toplotnih črpalkah se izotermne spremembe stanja pojavljajo v mešanici nasičene pare in tekočine in postanejo procesi s konstantnim tlakom. Če se uporabi ustrezna delovna tekočina, je povečanje entropije med ekspanzijo majhno v primerjavi s spremembami med procesi s konstantnim tlakom. Učinkovit cikel pa je možen tudi, če se energija ekspanzije ne povrne. Zaradi praktičnih inženirskih razlogov je potrebna suha para skozi celotno stopnjo kompresije. Nastali cikel toplotne črpalke je Rankinov cikel, ki je prikazan v koordinatnem sistemu temperatura-entropija in tlak-entalpija na Sliki 3.



Slika 3: Parno kompresorski hladilni cikel
(Vir: Heat Pumps, 1979)

Para se stisne od točke A do točke B, pri čemer je povečanje temperature večje kot v idealnem Carnotovem ciklu, nato pa se ohladi na točko C (para v točki B se imenuje "pregreta", saj je nad svojo nasičeno temperaturo pri svojem tlaku). Para se kondenzira od C do D, ekspandira pri konstantni entalpiji do E in ponovno pridobi toploto z uparjanjem od E do A. Toplota se sprosti od C do D pri kondenzacijski temperaturi, del celotne toplote pa se sprosti pri višji temperaturi med B in C. Ta toplota je enaka seštevku toplote, ki nastane pri uparjanju EA in delu, ki je potrebno, da se opravi kompresija med A in B (Heap, 1979).

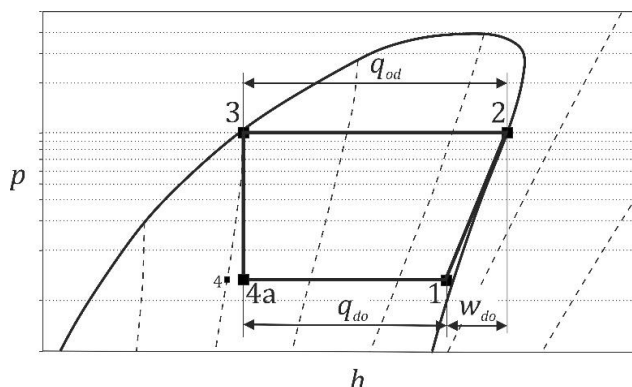
Teoretični COP (koeficient učinkovitosti) se izračuna z izrazom (1):

$$COP_{teor.} = \frac{h(B) - h(D)}{h(B) - h(A)} \quad (1)$$

$h(A)$, $h(B)$ in $h(D)$ – vrednosti entalpije v točkah A, B in D

Carnotov proces ni izvedljiv v praksi, saj vključuje idealizirane pogoje, kot so izotermni dovod in odvod toplote ter izentropna kompresija in ekspanzija. V praksi je problematična tudi kompresija mokre pare, zato mora biti začetna točka procesa (točka 1) na krivulji $x=1$ (suha para), saj kompresorji niso primerni za komprimiranje mokre pare (Slika 4).

Za proučevanje hladilnih procesov se pogosto uporabljajo diagrami $\log p-h$ (Slika 4), kjer se na abscisi nahaja specifična entalpija, na ordinati pa tlak v logaritemskem merilu. Diagrami so izdelani za posamezno delovno snov oziroma hladivo. Entalpija je veličina stanja in predstavlja vsoto notranje energije ter zmnožka tlaka in volumna. Diagrami $\log p-h$ omogočajo prikaz različnih faz hladilnih procesov, vključno z idealnim Carnotovim hladilnim procesom.



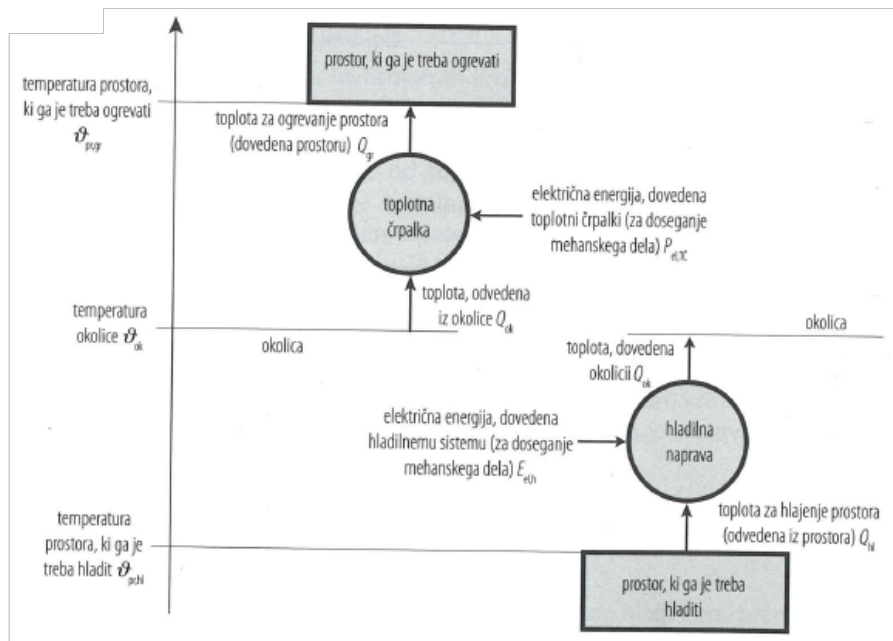
Slika 4: Diagram $\log p$ - h realnega parnega hladilnega procesa
(Vir: Inoveks, 2025)

Potek realnega parnega hladilnega procesa vključuje štiri glavne faze:

1. Izentropna kompresija (od 1 do 2): Hladivo se komprimira, pri čemer se specifična entalpija spremeni iz h_1 v h_2 . Ta faza zahteva električno energijo za pogon kompresorja. Delo kompresije je enako razliki entalpij: $w_{do} = h_2 - h_1$.
2. Izobarna in izotermna kondenzacija (od 2 do 3): Hladivo se kondenzira pri konstantnem tlaku in temperaturi. Toplota, ki jo hladivo odda, preide v prostor preko prenosnika toplote (kondenzator). Sprememba entalpije je: $q_{od} = q_c = h_2 - h_3$.
3. Izentalpna ekspanzija (od 3 do 4a): Hladivo se ekspandira v ekspanzijskem ventilu, pri čemer se njegova entalpija ne spremeni, torej ostane $h_3 = h_{4a}$.
4. Izobarno in izotermno uparjanje (od 4a do 1): Hladivo se upari pri konstantnem tlaku in temperaturi v prenosniku toplote (uparjalnik). Sprememba entalpije v tej fazi je: $q_{do} = h_1 - h_{4a}$ (Inštitut za obnovljive vire energije in učinkovito rabo eksergije INOVEKS, b.l.).

3.3 Primerjava procesa v hladilni napravi in toplotni črpalki

V hladilnih sistemih in toplotnih črpalkah se razlikujejo procesi glede na to, kaj se v določenem primeru šteje za koristno ogrevanje ali hlajenje. Pri hladilni napravi je prenosnik toplote na višjem temperaturnem nivoju neposredna okolica naprave. Prenosnik toplote na nižjem temperaturnem nivoju pa je prostor ali medij, ki ga je treba ohladiti. Pri toplotnih črpalkah je prenosnik toplote na višjem temperaturnem nivoju prostor ali medij, ki ga je treba ogreti. Prenosnik toplote na nižjem temperaturnem nivoju je neposredna okolica, kjer se črpa toplotna energija. Levi krožni proces se lahko vodi tudi kot hladilno-ogrevalni ter se istočasno uporablja za ogrevanje in hlajenje (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).



Slika 5: Primerjava procesa v hladilni napravi in toplotni črpalki
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

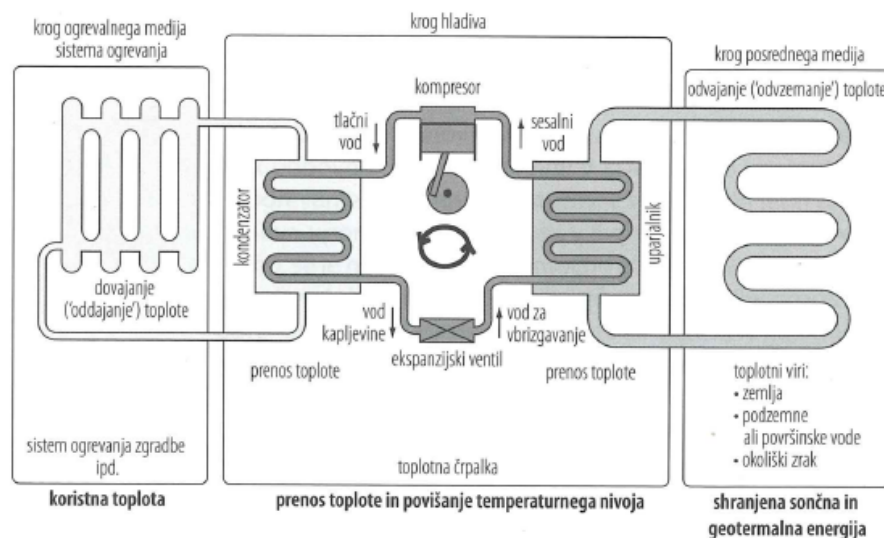
3.4 Delovanje toplotne črpalke

Kompresijska (kompresorska) toplotna črpalka za povišanje energetskega nivoja hladiva (temperatura in tlak) in za omogočanje krožnega procesa uporablja mehansko delo kompresorja.

Sestavljena je iz sledečih osnovnih delov:

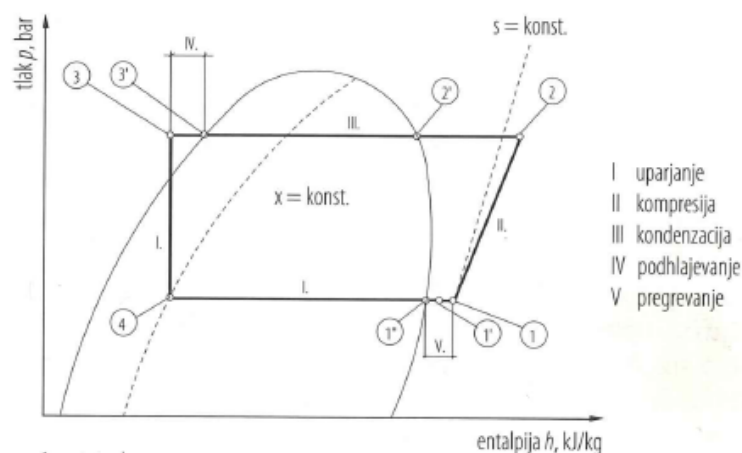
- uparjalnika,
- kompresorja,
- kondenzatorja,
- ekspanzijskega ventila.

Napravo poleg zgoraj omenjenih osnovnih sestavnih delov sestavljajo še spojni vodi (ceвна povezava), regulacijski in pomožni elementi ter hladivo.



Slika 6: Poenostavljeni prikaz sestavnih delov kompresijske toplotne črpalke
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

V uparjalniku hladivo prevzema toploto iz okolice (voda, zrak, zemlja). V njem se pri nizki temperaturi uparja hladivo, ki nato potuje v kompresor. Kompresor stisne paro in jo dvigne na višji tlačni in temperaturni nivo. Vroča para v kondenzatorju kondenzira pri višji temperaturi in pri tem odda kondenzacijsko toploto ogrevalnemu mediju. Po kondenzaciji nato tekoče hladivo potuje skozi ekspanzijski ventil (ekspanzija) nazaj v uparjalnik in proces se ponovi. Za delovanje toplotne črpalke je potrebna električna energija, ki poganja kompresor in ventilator. Razmerje med vloženo energijo (električno) in brezplačno energijo, pridobljeno iz okolice, je običajno 1 : 4, pri novejših toplotnih črpalkah pa celo 1 : 5. Razmerju med pridobljeno toplotno energijo in vloženo toplotno energijo pravimo grelni število (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).



Slika 7: Proces toplotne črpalke v log p-h diagramu
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

3.5 Opis glavnih sestavnih delov toplotne črpalke

3.5.1 Uparjalnik

Uparjalnik je osnovna komponenta hladilnega sistema (hladilna naprava, toplotna črpalka), kjer pride do popolnega izparevanja hladiva. Hladivo prevzame toploto iz okolice, pri čemer preide iz tekočega v plinasto stanje. Uparjalnik deluje kot prenosnik toplote, kjer hladivo izmenjuje toploto s posrednim medijem (voda, solna raztopina, glikolna zmes, zrak), ki se nato ohlaja.

Prenos toplote v uparjalniku opisuje enačba (2):

$$\Phi_{up} = \Phi_{T\check{c},up} = \dot{m}_{PM} \cdot c_{PM} \cdot \Delta\vartheta_{PM} = \dot{m}_{HL} \cdot q_i = \dot{m}_{HL} \cdot (h_1 - h_4) = U_{up} \cdot A_{up} \cdot (\vartheta_{PM,sr} - \vartheta_i) \quad (2)$$

Φ_{up} – hladilna moč uparjalnika, W

$\dot{m}_{PM}$ – masni tok posrednega medija skozi uparjalnik, kg/s

c_{PM} – specifična toplotna kapaciteta posrednega medija (voda, solna raztopina, glikolna zmes, zrak), J/(kg K)

$\Delta\vartheta_{PM}$ – razlika temperature posrednega medija na vstopu v uparjalnik in izstopu, °C

$\dot{m}_{HL}$ – masni tok hladiva v hladilnem sistemu, kg/s

q_i – specifična hladilna moč uparjalnika, J/kg

h_1 – specifična entalpija hladiva na vstopu v uparjalnik oziroma na izstopu iz ekspanzijskega ventila, J/kg

h_4 – specifična entalpija hladiva na vstopu v uparjalnik oziroma na izstopu iz ekspanzijskega ventila, J/kg

U_{up} – koeficient prehoda toplote uparjalnika, W/(m²K)

A_{up} – površina za prenos toplote uparjalnika, m²

$\vartheta_{PM,sr} = (\vartheta_{PM,vst} + \vartheta_{PM,izs})/2$ – srednja temperatura posrednega medija pri prehodu skozi uparjalnik, °C

$\vartheta_{PM,vst}$ – temperatura posrednega medija na vstopu v uparjalnik, °C

$\vartheta_{PM,izs}$ – temperatura posrednega medija na izstopu iz uparjalnika, °C

ϑ_i – temperatura izparevanja hladiva, °C

Hladilna moč uparjalnika je odvisna od površine za prenos toplote, koeficienta prenosa toplote ter razlike v temperaturah med posrednim medijem in hladivom, ki izpareva. Ta temperaturna razlika mora biti čim manjša (med 4–8° C), medtem ko naj bo tlak izparevanja čim višji. Z namenom, da se prepreči vstop hladiva v tekočem stanju v kompresor, se hladivo pregreje na temperaturo ϑ_1 , ki je višja od temperature izparevanja. Izvedba uparjalnika mora biti čim manjša in kompaktna. Pomembno je, da ima uparjalnik čim manjši padec tlaka na strani posrednega medija in hladiva ter da omogoča čim večjo gostoto toplotnega toka pri prenosu toplote. Glede na vir

toplote ali izvedbo TČ obstaja več vrst uparjalnikov, ki so prilagojeni različnim potrebam in specifikacijam sistema. Poznamo na primer zračne uparjalnike, geotermalne uparjalnike in vodne uparjalnike (Grobavšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

3.5.2 Kompresor

Kompresor omogoča kroženje hladiva ter povišanje energetskega nivoja hladiva. Zaradi izbranega hladiva in potrebnega temperaturnega razpona za črpanje toplote je pogosto potreben kompresor, ki zagotovi visoko tlačno razliko pri zmernih pretokih. To se običajno doseže s kompresorjem s pozitivnim pomikom, ki uporablja recipročni bat, medtem ko drugi tipi kompresorjev uporabljajo rotirajoče lopatice, cilindre ali vijake za premikanje hladiva. Zaradi visokih delovnih temperatur in širokih razponov delovnih pogojev, s katerimi se srečujemo pri ogrevanju s TČ, so pri TČ postavljene večje zahteve za kompresorje. Te zahteve so večje kot pri aplikacijah za hlajenje, pri katerih je potrebno manjše temperaturno območje delovanja. Kompresorji so namensko zasnovani za toplotne črpalke (Heap, 1979).

Naloga kompresorja je, da poveča temperaturo in tlak hladiva na vrednosti, pri katerih bo omogočena njegova kondenzacija. Temperatura kondenzacije mora biti višja od temperature ogrevalnega medija.

Hladilna moč kompresorja je enaka hladilni moči uparjalnika (3):

$$\Phi_{komp} = \Phi_{up} = \dot{m}_{HL} \cdot (h_1 - h_4) = \dot{m}_{HL} \cdot q_i = \rho_1 \cdot \dot{V}_{ko} \cdot q_i = \dot{V}_{ko} \cdot q_{i,v} = \rho_1 \cdot A_{bat} \cdot s \cdot f \cdot i \cdot \lambda \cdot q_i \quad (3)$$

$q_{i,v} = q_1 \cdot$ – specifična prostorninska hladilna moč, J/m³

ρ_1 – gostota hladiva na vstopu v kompresor oziroma na izhodu iz uparjalnika (pri tlaku in temperaturi izparevanja), kg/m³

$\dot{V}_{ko} = \dot{V}_{sp} \cdot \lambda$ – dobava kompresorja, m³/s

$\dot{V}_{sp} = A_{bat} \cdot s \cdot f \cdot i$ – največja sprememba prostornine kompresorja, m³/s

λ – prostorninski izkoristek delovanja (odvisen od temperature kondenzacije in izparevanja ter lastnosti hladiva)

$A_{bat} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ – ploščina valja (batnega) kompresorja, m²

D – premer valja (batnega) kompresorja, m

S – dolžina hoda (batnega kompresorja), m

F – frekvenca vrtljajev gredi (batnega) kompresorja, Hz

I – število valjev (batnega kompresorja)

Glede na to, kako poteka kompresija, obstaja več osnovnih izvedb kompresorjev:

- batni kompresorji,

- vijalni kompresorji,
- spiralni (scroll) kompresorji,
- turbo-kompresorji.

V odvisnosti od načina vgradnje pogonskega motorja pa so kompresorji lahko odprti, polhermetični ali hermetični. V večini primerov se v toplotnih črpalkah uporabljajo batni in spiralni kompresorji (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

3.5.3 Kondenzator

Kondenzator je pomembna komponenta hladilnega sistema, v katerem se kondenzira hladivo. Pri kondenzaciji kondenzator odda toploto neposredni okolici (prostoru ali mediju). Kondenzator je prenosnik toplote, v katerem hladivo izmenja toploto z ogrevalnim medijem sistema ogrevanja (vodo, zrakom), ki se pri tem ogreje.

Prenos toplote v kondenzatorju opišemo z naslednjo enačbo (4):

$$\Phi_{kond} = \Phi_{T\check{C}} = \dot{m}_{GM} \cdot c_{GM} \cdot \Delta\vartheta_{GM} = \dot{m}_{HL} \cdot q_k = \dot{m}_{HL} \cdot (h_2 - h_3) = U_{kond} \cdot A_{kond} \cdot (\vartheta_k - \vartheta_{GM,sr}) \quad (4)$$

Φ_{kond} – grelna moč kondenzatorja, W

$\dot{m}_{GM}$ – masni tok posrednega medija skozi kondenzator, kg/s

c_{GM} – specifična grelna kapaciteta posrednega medija (vode, zraka), J/(kg K)

$\Delta\vartheta_{GM}$ – razlika temperature grelnega medija na vstopu v kondenzator in izstopu iz njega, °C

q_k – specifična grelna moč kondenzatorja, J/kg

h_2 – specifična entalpija hladiva na vstopu v kondenzator oziroma na izstopu iz kompresorja, J/kg

h_3 – specifična entalpija hladiva na izstopu iz kondenzatorja oziroma na vstopu v ekspanzijski ventil, J/kg

U_{kond} – koeficient prehoda toplote kondenzatorja, W/(m²K)

A_{kond} – ploščina za prenos toplote kondenzatorja, m²

ϑ_k – temperatura kondenzacije hladiva, °C

$\vartheta_{GM,sr} = (\vartheta_{GM,vst} + \vartheta_{GM,izs})/2$ – srednja temperatura posrednega medija pri prehodu skozi kondenzator, °C

$\vartheta_{GM,vst}$ – temperatura posrednega medija na vstopu v kondenzator, °C

$\vartheta_{GM,izs}$ – temperatura posrednega medija na izstopu iz kondenzatorja, °C

V kondenzator vstopi hladivo, ki je v povsem plinastem stanju. Hladivo se najprej ohladi na temperaturo kondenzacije ter nato kondenzira pri konstantni temperaturi in tlaku, pri čemer odda toploto neposredni okolici. Pred vstopom v ekspanzijski ventil

se hladivo dodatno pohladi na temperaturo podhlajevanja. Proces kondenzacije v kondenzatorju lahko razdelimo na tri področja: področje pregrevanja, kondenzacije in podhlajevanja. Toplotna moč kondenzatorja je odvisna od površine za prenos toplote, koeficienta prehoda toplote prenosnika in razlike temperature hladiva, ki kondenzira, in posrednega medija. Razlika temperature je odvisna od posrednega medija in običajno znaša za vodo 5–10 °C in zrak 10–15 °C.

Zahteve za izvedbo kondenzatorja so zelo podobne zahtevam za izvedbo uparjalnika. Za posredni medij, ki se uporablja, obstajata dve osnovni izvedbi kondenzatorja, in sicer vodno hlajeni (posredni medij voda) ter zračno hlajeni (posredni medij zrak). V toplotnih črpalkah se glede na konstrukcijo najpogosteje uporabljata dve izvedbi kondenzatorja, in sicer ploščati iz nerjavečega jekla ter z dvojno koaksialno cevjo iz bakra oziroma bakrene zlitine in niklja (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

3.5.4 Ekspanzijski ventil

V ekspanzijskem ventilu se hladivu v kapljevinašem stanju znižuje energijski nivo. Temperatura in tlak hladiva se morata znižati na temperaturo, ki je nižja od posrednega medija. S tem se omogoči izhlapevanja hladiva, ko se toplota črpa iz posrednega medija.

V ekspanzijski ventil vstopa hladivo, ki je povsem v kapljevinskem stanju ter pogosto tudi podhlajeno. Hladivo nato ekspandira, pri čemer se mu znižujeta temperatura in tlak vse do vrednosti temperature in tlaka izparevanja. Sočasno je omogočeno, da se prostorninski tok hladiva prilagaja potrebni moči uparjalnika.

Najpogosteje se uporabljajo tri osnovne izvedbe ekspanzijskih ventilov:

- enostavna kapilarna cev,
- termostatski ekspanzijski ventil,
- ekspanzijski ventil z elektronskim upravljanjem (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

3.5.5 Ostale komponente kompresijske toplotne črpalke

Poleg osnovnih komponent, kot so uparjalnik, kompresor, kondenzator ter ekspanzijski ventil, so v sistem vključene še naslednje komponente:

- krmilnik toplotne črpalke in merilni elementi (tipala temperature, tipala tlakov)
- ventilator (lahko več ventilatorjev),
- obtočna črpalka (omogoča kroženje ogrevalnega medija v vodnem cevovodu),
- 4-potni ventil,
- spojni vodi za razvod hladiva (povezujejo glavne in pomožne komponente),
- odvodnik olja,

- odvodnik kapljevine,
- sušilnik ali filter hladiva,
- kazalno steklo s kazalnikom kapljevine,
- tipalo zaledenitve uparjalnika (zaznava prisotnost ledu na zunanjih površinah uparjalnika).

Krmiljenje toplotne črpalke je ključno za njeno učinkovito in varno delovanje. Krmilni sistem spremlja vse funkcije naprave, da zagotovi optimalno delovanje in doseg želene temperature za ogrevanje ali hlajenje. Omogoča prilagajanje različnih parametrov, kot so zunanji in notranji pogoji, energijska učinkovitost in varnostni ukrepi (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

Pomembna komponenta je tudi 4-potni ventil, ki se uporablja predvsem v toplotnih črpalkah in omogoča preusmeritev pretoka hladiva. Omogoča, da naprava deluje v obeh smereh (ogrevanje ali hlajenje). Pri temperaturah okoli 0 °C se lahko zaradi izločanja vlage iz zunanjega zraka na spodnji površini uparjalnika naredi sloj ledu. Ta sloj ledu zmanjšuje učinkovitost prenosa toplote in prepustnost zraka. Odstranitev nastalega sloja ledu se izvede s pomočjo 4-potnega ventila, ki preusmeri pretok hladiva. S tem dosežemo, da se začasno preusmeri toploto iz kondenzatorja v uparjalnik, kar povzroči taljenje ledu. Ta postopek taljenja odvzame toploto iz prostora, ki ga ogrevamo, kar pomeni, da pride pri odstranjevanju ledu do majhnega zmanjšanja udobja (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2004).

3.6 Učinkovitost/izkoristek toplotne črpalke

Pri izbiri toplotne črpalke je treba upoštevati razpoložljivost osnovnih treh virov toplote (podtalna voda, geotermalna energija, zrak). Podtalna voda in geotermalna energija predstavljata visoko učinkovita vira toplote, vendar njuna uporaba pogosto ni mogoča zaradi prostorskih omejitev na lokaciji objekta ali specifičnih geoloških pogojev.

Ker je zrak kot toplotni vir univerzalen in dostopen povsod, omogoča široko uporabo toplotnih črpalk zrak-voda. Upoštevati je treba tudi to, da toplotne črpalke zrak-voda učinkovito in optimalno delujejo v območjih z zmernimi letnimi temperaturami. Pri zelo nizkih temperaturah zraka se zmanjšuje grelno število (COP) toplotne črpalke. Posledici tega sta manjša učinkovitost in povečana poraba električne energije.

Grelno moč toplotne črpalke zrak-voda lahko razberemo iz oznake modela na toplotni črpalki. Grelne moči so v večini primerov prikazane pri temperaturnih pogojih A2/W55 (radiatorsko ogrevanje), A2/W35 (talno ogrevanje), A7/W55 in A7/W35. Oznaka A2 označuje temperaturo zunanjega zraka (+2 °C) in W55 temperaturo predtoka ogrevalne vode (+55 °C). Podobno velja za druge temperaturne režime (A7 označuje temperaturo zunanjega zraka 7 °C, in W55 temperaturo predtoka ogrevane vode 55 °C).

Pomemben podatek, ki prikazuje učinkovitost toplotne črpalke, je njeno grelno število. Obstaja več načinov oziroma standardov navajanja tega podatka. Vsi so lahko pravilni. Pomembno je, da ob grelnem številu navedemo tudi temperaturne pogoje, pri katerih velja ta izračunana vrednost. Grelno število se navaja po standardih EN 14511 ali EN 255. Pri obeh omenjenih standardih je predpisan natančen postopek merjenja grelnega števila toplotne črpalke. Predstavljata osnovo za izračun sezonskega števila (SCOP). SCOP opisuje razmerje med proizvedeno toplotno energijo in porabljeno električno energijo v celotnem ogrevalnem obdobju (običajno 1 leto). Pomeni, kako učinkovita je toplotna črpalka skozi celotno sezono ogrevanja.

Pri obeh omenjenih standardih se poleg električne moči kompresorja upoštevajo tudi električna energija ventilatorja, sorazmerna električna moč obtočne črpalke in energija, ki je potrebna za odtajevanje. Standard EN 11511 predpisuje največjo temperaturno razliko med predtokom in povratkom ogrevalne vode 5 °C. Posledično imajo toplotne črpalke zrak-voda, ki so merjene po tem standardu, približno 7 % nižje grelno število v primerjavi z meritvami po standardu EN 255.

Na učinkovitost toplotne črpalke vpliva tudi velikost uparjalnika. Večjo učinkovitost toplotne črpalke pri določeni moči lahko dosežemo z večjim uparjalnikom. Na učinkovitost prav tako vpliva razmik med lamelami uparjalnika, ki mora biti minimalno 4 mm. Ta razmik je pomemben, da se doseže bolj učinkovito odtajevanje uparjalnika, predvsem takrat, ko so zunanje temperature med -5 °C in +5 °C z visoko zunanjo vlago. Na učinkovitost toplotne črpalke vpliva tudi izbrani temperaturni režim. Nižja kot je temperatura predtoka ogrevalne vode, večja je učinkovitost (Varčujem z energijo, b.l.).

3.7 Glasnost toplotne črpalke zrak-voda

Glasnost toplotne črpalke je pomembna karakteristika in se pogosto označuje kot zvočna moč ali zvočni tlak. Podatek mora obvezno vključevati razdaljo, na kateri je bila izmerjena. Če je razdalja na primer 10 m, sosed pa je od toplotne črpalke oddaljen le 5 m, je treba pridobiti podatek, ki je izmerjen na krajši razdalji.

Pomembna dejavnika pri hrupu toplotne črpalke sta tudi njena postavitev v okolje ter širjenje in odboj zvoka. Učinek hrupa je odvisen od tega, kako je naprava nameščena in kako zvok potuje skozi okolico, saj se lahko zvok odbija od različnih površin, kar vpliva na zaznavno glasnost v bližini. Hrup toplotne črpalke se meri v decibelih (dB(A)) na razdalji 1 m od enote in na višini 1,5 m nad tlemi. Običajna glasnost toplotnih črpalk zrak-voda na tej razdalji znaša okrog 60 dB(A).

V Sloveniji so predpisane omejitve glasnosti toplotnih črpalk zrak-voda:

- nočni čas (22:00–6:00): 35 dB(A) pri meji sosednje parcele,
- dnevni čas (6:00–22:00): 40 dB(A) pri meji sosednje parcele.

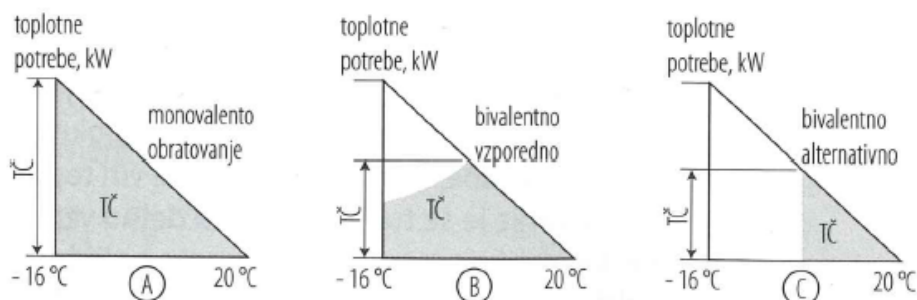
Za zmanjšanje hrupa se lahko uporabijo razne preusmeritvene maske za zrak, vendar lahko te zmanjšajo pretok zraka in učinkovitost naprave. Priporočljivo je, da se preveri glasnost že vgrajene TČ in se o njeni dejanski glasnosti prepričamo tudi na lastna ušesa (Varčujem z energijo, b.l.).

3.8 Načini delovanja toplotnih črpalk

Sisteme ogrevanja, ki delujejo z dvema nosilcema energije, imenujemo bivalentni ogrevalni sistemi. Zunanjo temperaturo, pri kateri ogrevalna moč toplotne črpalke komaj pokrije potrebno toplotno moč, imenujemo točka ravnotežja, točka izklopa ali točka uporabe drugega vira (lahko tudi bivalentna točka). Vklon drugega vira toplote se izvede samodejno.

Ko se uporablja samo en nosilec energije, govorimo o monovalentnem delovanju. To pravzaprav pomeni, da se razen toplotne črpalke ne porabi nobena dodatna energija. Vendar pa po obstoječi definiciji (FTA) monovalentno pomeni, da se uporablja samo en nosilec energije, vendar se ne izključuje uporaba dodatne energije (električni pretočni grelec). Glede na to obstaja definicija, morda ne najbolj sprejemljiva, monovalentno-alternativno ali monovalentno-paralelno delovanje.

Toplotna črpalka lahko obratuje pod točko ravnotežja, paralelno z dopolnilnim ogrevanjem, ali pa se izključi, tako da konvencionalno ogrevanje pokriva celotno potrebo po toploti.



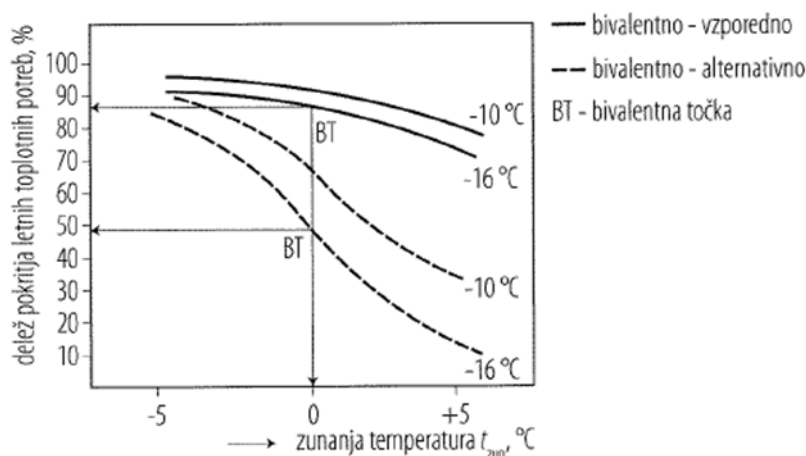
Slika 8: Načini obratovanja toplotnih črpalk
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

Za delovanje so na voljo naslednje možnosti:

- Monovalentno brez drugega nosilca energije,
- Bivalentno (dvojno) v alternativnem delovanju. Pokrivanje letnih potreb po toploti s konvencionalnim ogrevanjem in toplotno črpalko $\approx 50\% : 50\%$. Toplotna črpalka deluje samo nad točko uporabe. Nikoli ni hkrati v obratovanju s konvencionalnim ogrevanjem.

- Bivalentno v paralelnem delovanju. Pokrivanje letnih potreb po toploti s konvencionalnim ogrevanjem in toplotno črpalko $\approx 20\% : 80\%$.

V primeru paralelnega delovanja toplotne črpalke in ogrevalnega sistema je ključno, da ima toplotna črpalka avtomatsko funkcijo odtaljevanja. Poleg tega mora biti regulacija ogrevalnega kotla usklajena z regulacijo toplotne črpalke, kar je lahko zahtevno. Če je temperatura razdelilnega voda previsoka, lahko toplotna črpalka sproži napako preko tlačnega stikala (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2004).



Slika 9: Letni delež pokrivanja toplotnih potreb pri bivalentnem obratovanju
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

Pri izbiri potrebne moči toplotne črpalke je ključna določitev bivalentne točke. Ta točka predstavlja zunanjo temperaturo, pri kateri toplotna črpalka še vedno povsem pokriva potrebe po ogrevanju v zgradbi. Pri nižjih temperaturah je potrebna dodatna energija za pokritje ogrevalnih potreb (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

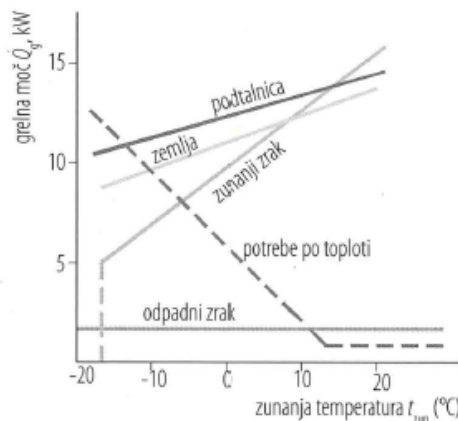
3.9 Vrste toplotnih črpalk

Pri načrtovanju toplotne črpalke je izbira toplotnega vira ključen prvi korak. Pri izkoriščanju vira je treba upoštevati več pomembnih kriterijev. Najpomembnejši kriteriji so:

- zadostna razpoložljivost vira,
- velika akumulacija toplote,
- dovolj visok temperaturni nivo.

Za toplotni vir lahko izkoriščamo zunanji zrak, odpadno toploto prezračevanja, toploto tal, toploto kamnin, toploto površinskih voda in podtalnice. Pri izbiri vira je treba upoštevati tudi več dejavnikov, kot so značilnosti ogrevalnega objekta, letne energijske potrebe, temperaturni režim ogrevanja, delež kritja energijskih potreb s

toplotno črpalke ter razpoložljivost nizkotemperaturnih virov toplote v okolici objekta (Grobvšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).



Slika 10: Primerjava grelne moči TČ v odvisnosti od različnih virov
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

3.9.1 Toplotne črpalke zemlja-voda

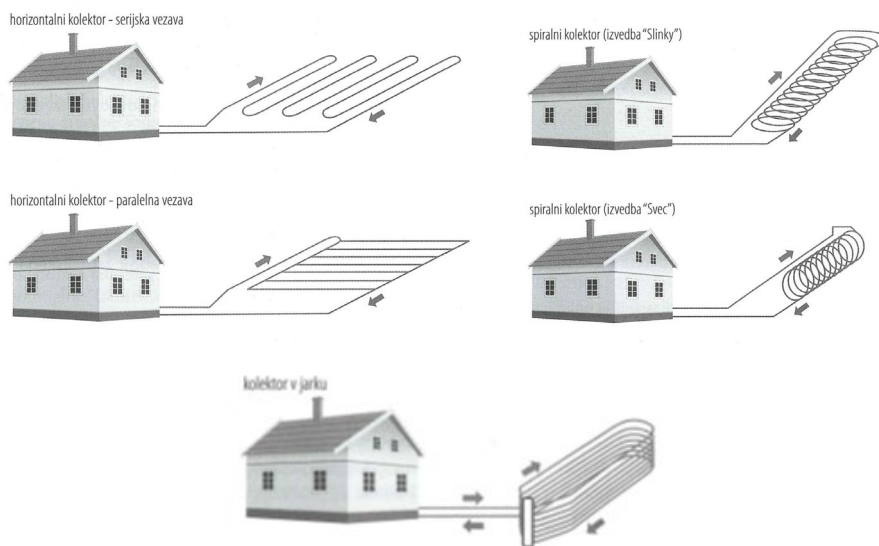
Toplotne črpalke zemlja-voda kot vir energije izkoriščajo toploto zemlje. V zemlji se shranjuje sončna toplota preko celega leta. Toploto iz zemlje črpamo predvsem iz površinskih slojev in le malo iz njenih globin. Odvzem toplote iz zemlje je odvisen predvsem od toplotne prevodnosti zemlje, gostote zemlje in specifične toplotne kapacitete tal.

Na podlagi geoloških raziskav je bilo ugotovljeno, da se med letom zaradi atmosferskih vplivov temperatura do globine 10 m pod zemeljsko površino spreminja. Temperatura v globinah pa je stalna ter se praviloma povečuje za 4–5 °C na vsakih 100 m globine. Toplota iz zemlje se odvzema s pomočjo zemeljskih kolektorjev iz umetne mase, ki so položeni v zemljo (velika skupna površina). V kolektorjih kroži delovni medij (mešanica vode in glikola), ki ga zemlja ogreje za nekaj stopinj. Toplota iz okolice prestopi preko delovnega medija, ki ima ledišče pri –15 °C, kar preprečuje zmrzovanje medija med obratovanjem.

Osnovne izvedbe zemeljskih kolektorjev (Slika 11):

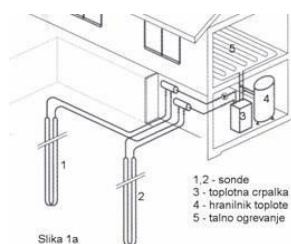
- horizontalni kolektor – serijska vezava
- horizontalni kolektor – paralelna vezava
- kolektor v jarku
- spiralni kolektor (izvedba "Slinky")
- spiralni kolektor (izvedba "Svec")

Za pravilno dimenzioniranje zemeljskih kolektorjev so potrebni različni preračuni (določitev zemeljskega kolektorja, dimenzioniranje obtočne črpalke). Prav tako moramo pri vgradnji upoštevati razne zahteve, kot so globina polaganja, razmik med posameznimi vodi (zamrznitev zemlje), pravilna dolžina ter porazdelitev cevnih zank.



Slika 11: Osnovne izvedbe zemeljskih kolektorjev
(Vir: Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009)

Poleg omenjenih zemeljskih kolektorjev poznamo še vertikalne prenosnike – toplotne sonde. Vertikalni prenosniki ali toplotne sonde, ki izkoriščajo toploto kamnin (energetske vrtine), se pogosto vgrajujejo v gosto naseljenih področjih (majhne parcele). V relativno globoke vrtine se dovaja voda ali druga primerna snov, ki prenaša toploto. Voda se v notranjosti kamnin segreje in se nato po vzporedni cevi vrača na površje kot ogreta. Sonde v obliki PE cevi (polietilen) se praviloma polaga v zemljo v globino 30–60 m (največ 150 m). Sonde morajo zagotavljati dobro izmenjavo toplote ter morajo biti odporne proti tlaku, vlagi, glodalcem in mikroorganizmom. Premer energetske vrtine (ali več vrtin) ter globina sta odvisna od ogrevalnih potreb objekta ter moči vgrajene toplotne črpalke. Za primerno dimenzioniranje so potrebni razni preračuni. Tudi pri vgradnji zemeljske sonde je treba upoštevati določene zahteve, kot so: najkrajša razdalja med izvrtinami je 5–6 m, najkrajša oddaljenost od temeljev zgradbe je 2 m, povezovalne cevi do toplotne črpalke morajo biti v vzponu (odzračevanje), upoštevati moramo kakovost oziroma vrsto tal, globina izvrtine je odvisna od kakovosti zemeljske plasti, mešanica delovnega medija je 70 % vode in 30 % glikola. Investicija vgradnje globinske zemeljske sonde je dražja od investicije zemeljskih kolektorjev. Globinsko izvrtino lahko zaradi konstantne temperature zemlje, ki v globini 10 m znaša od 8 °C do 10 °C, v poletnih mesecih uporabimo tudi za neposredno hlajenje – Direct Cooling (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).



Slika 12: Prikaz vgradnje toplotne sonde
(Vir: Eso inženiring, 2025)

Iztek vode lahko onesnaži okolje in spremeni teksturo podtalnice, zato je potrebno pred uporabo pridobiti dovoljenje v skladu z zakonom o vodah (Klevže, 2013).

3.9.2 Toplotne črpalke voda-voda

Toplotne črpalke voda-voda kot vir energije izkoriščajo energijo podzemne vode, površinske vode, gospodinjske odplake ter industrijske odpadne vode. Te toplotne črpalke so praviloma večjih moči 8–40 kW. Najnižja temperatura vode, ki jo lahko uporabljamo pri odprtih sistemih s podtalnico, je 7 °C. Po raziskavah je tudi v najhladnejših zimah njena temperatura med 8–12 °C. Talno vodo črpamo s potopno črpalko skozi uparjalnik, ki odvzame toplotno energijo in jo prenese na delovni medij. Ta delovni medij nato v kondenzatorju prenese toploto na ogrevano vodo. Zaradi relativno visoke temperature podtalnice je grelno število sistema visoko.

Za izkoriščanje podtalnice sta potrebni dve vrtini (ena za črpanje in druga za vračanje vode). Vrtini morata biti izvedeni v razmiku približno 15 m narazen. Prav tako je treba upoštevati smer podtalnice (ponorni vodnjak mora biti za sesalnim, gledano v smeri toka). Talna voda mora imeti minimalni prostorski tok 2 m³/h). V vrtino je vstavljena cev, na katero je priključena potopna črpalka, ki potiska vodo v toplotno črpalko. Uparjalnik v toplotni črpalki vodi odvzame energijo in jo ohlajeno za 5 K spusti po drugi, nekaj metrov oddaljeni vrtini nazaj v podtalnico. Pred vgradnjo tega sistema je treba od pristojnih organov pridobiti dovoljenje za uporabo in izkoriščanje podtalnice (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).



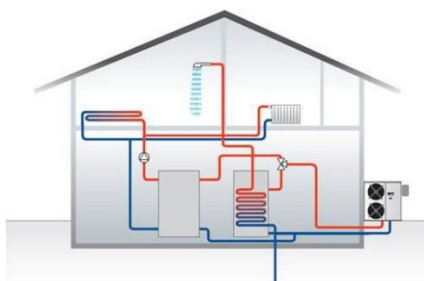
Slika 13: Toplotna črpalka voda-voda
(Vir: Toplotna črpalka, 2025)

Ker podtalnica ni nikoli čista in vsebuje razne raztopljene soli, kovine, organske in anorganske delce, je priporočljivo, da se preko vmesnega prenosnika toplote najprej prenese toploto na slanico, ki nato toploto v uparjalniku toplotne črpalke odda na hladilno sredstvo. Zaradi tega je treba vgraditi dodatno črpalko (Klevže, 2013).

Kot vir toplote lahko uporabimo tudi energijo površinskih voda (jezera, reke, morje), ki prav tako absorbirajo solarno energijo. Pri izkoriščanju tega vira energije imamo predvsem omejitve zaradi dostopa oziroma odročnosti do vira toplote. Pri dimenzioniranju tega sistema moramo upoštevati predpisane zahteve. Kolektor, ki je položen v jezero ali morje, je podoben kolektorju, ki je položen v zemljo. Slabost te izvedbe je, da je kolektor, ki je položen na dnu jezera ali morja, nevarovan. V primeru morebitne poškodbe je pregled ali zamenjava zelo težaven (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

3.9.3 Toplotne črpalke zrak-voda

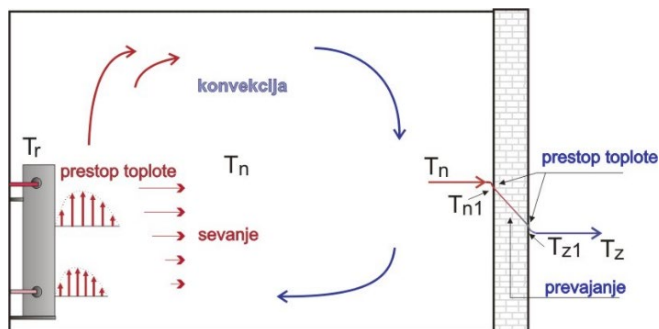
Toplotne črpalke zrak-voda kot vir energije izkoriščajo energijo zraka, ki je neizčrpen in je na voljo povsod. Z upadanjem temperature zunanjega zraka se moč toplotne črpalke znižuje. Zaradi nizkih temperatur na uparjalniku se na uparjalniku kondenzira vlaga, ki zamrzne v plast sreža. Ta srež prepreči pretok zraka skozi uparjalnik in s tem vtok svežega zraka. Posledica tega je moten proces delovanja toplotne črpalke. Srež na uparjalniku lahko odstranimo z vročimi parami (hladilni proces) ali električnim grelnikom. Zaradi tega se zmanjša učinkovitost toplotne črpalke. Poleg toplotnih črpalk zrak-voda energijo zunanjega zraka izkoriščajo klimatske naprave (s preklopom v reverzibilno delovanje), ki se uporabljajo za ogrevanje. Pravimo jim tudi toplotne črpalke zrak-zrak. Poleg zunanjega zraka lahko kot vir energije koristimo notranji zrak (klet, podstrešje). Najpogosteje energijo notranjega zraka koristijo sanitarne toplotne črpalke zrak-voda ogrevalnih moči 2–3 kW. Prav tako lahko izkoriščamo kot vir energije odpadni zrak iz prezračevalnih sistemov ter odpadno toploto iz prostorov (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).



Slika 14: Toplotna črpalka zrak-voda
(Vir: Štrus instalacije, 2025)

4 TOPLOTNE IZGUBE

Prenos toplote je toplotna energija v gibanju zaradi temperaturne razlike. Vse snovi s temperaturo nad absolutno ničlo ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) imajo določeno količino toplotne energije. Kadar obstaja temperaturna razlika v mediju ali med mediji, mora priti do prenosa toplote. Različnim vrstam procesov prenosa toplote pravimo načini. Ko obstaja temperaturni gradient v mirujočem mediju, ki je lahko trdna snov ali tekočina, uporabljamo izraz prevodnost za prenos toplote, ki se zgodi skozi medij. Nasprotno pa se izraz konvekcija (prestop) nanaša na prenos toplote, ki poteka med površino in premikajočo se tekočino, ko imata različne temperature. Tretji način prenosa toplote je toplotno sevanje. Vse površine z omejeno temperaturo oddajajo energijo v obliki elektromagnetnih valov, zato ob odsotnosti vmesnega medija s sevanjem pride do neto prenosa toplote med dvema površinama z različnimi temperaturami (Incropera & DeWitt, 2002).



Slika 15: Prehajanje toplote na primeru ogrevanega stanovanja
(Vir: Openprof, 2025)

4.1 Prevod toplote

Ko govorimo o prevodnosti, moramo najprej pomisliti na dejavnosti atomov in molekul, saj se toplota prenaša prav preko procesov, ki potekajo na teh ravneh. Prevodnost lahko razumemo kot prenos energije od bolj energičnih do manj energičnih delcev snovi zaradi interakcij med delci. Višje temperature so povezane z višjimi molekularnimi energijami in ko se sosednje molekule trčijo, kar se nenehno dogaja, mora priti do prenosa energije od bolj energičnih do manj energičnih molekul. V prisotnosti temperaturnega gradienta mora torej prenos energije zaradi prevodnosti potekati v smeri zmanjševanja temperature (Incropera & DeWitt, 2002).

Toplotna prevodnost λ je lastnost materialov, ki označuje, kako učinkovito material prevaja toploto. Izražena je v enotah $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$. Toplotna prevodnost je ključnega pomena za toplotni prehod skozi gradbene elemente, kot so stene, okna in strehe, saj vpliva na učinkovitost toplotne izolacije teh delov. Manjša kot je toplotna

prevodnost, boljši je material v preprečevanju prenosa toplote, kar pripomore k večji energetski učinkovitosti in udobju v notranjih prostorih (Klevže, 2013).

4.2 Prestop toplote

Prenos toplote pri konvekciji vključuje dva mehanizma. Poleg prenosa energije zaradi naključnega molekularnega gibanja (difuzija) se energija prenaša tudi z masovnim oziroma makroskopskim gibanjem tekočine. To gibanje tekočine je povezano s tem, da so v vsakem trenutku velike množice molekul v skupnem gibanju ali kot agregati. Takšno gibanje prispeva k prenosu toplote v prisotnosti temperaturnega gradienta. Ker molekule v agregatu ohranjajo svoje naključno gibanje, je skupni prenos toplote posledica superpozicije prenosa energije zaradi naključnega gibanja molekul in masovnega gibanja tekočine. Običajno uporabljamo izraz konvekcija za ta kumulativni transport in izraz advekcija za transport, ki nastane zaradi masovnega gibanja tekočine (Incropera & DeWitt, 2002).

Preproste premične snovi (para, plini, tekočine) lahko prevzamejo toploto in jo prenašajo naprej. Ta prenos toplote se izvaja bodisi s toploto vzgona (naravna konvekcija), kjer se segreta snov dvigne in kroži, bodisi s prisilnim obtokom z ventilatorjem ali črpalko, ki povečuje učinkovitost prenosa toplote. Toplotni tok je odvisen od površine, temperaturne razlike med grelnikom in zrakom v prostoru ter koeficienta toplotne prehodnosti, ki je povezan s površinsko kakovostjo in hitrostjo sevanja. V naravi nenehno poteka prenos toplote med telesi. Glavna dejavnika, ki določata izmenjavo toplote, sta količina toplote in temperatura. Pozimi, ko je zunanja temperatura nižja od notranje, toplota prehaja iz prostora skozi ovoj stavbe, kar se nadomesti z ogrevanjem. Količina dovajane toplote v prostor mora biti takšna, da ohranja enakomerno temperaturo notranjega zraka in je enaka količini toplote, ki se odda (Klevže, 2013).

4.3 Sevanje

Toplotno sevanje je energija, ki jo oddaja snov z omejeno temperaturo (temperatura nad absolutno ničlo $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Poleg trdnih površin lahko do emisije pride tudi iz tekočin in plinov. Ne glede na obliko snovi lahko emisijo pripišemo spremembam v elektronskih konfiguracijah sestavnih atomov ali molekul. Energijo sevalnega polja prenašajo elektromagnetni valovi (ali alternativno fotoni). Prenos energije s prevodnostjo ali konvekcijo zahteva prisotnost materialnega medija, sevanje pa ne. Pravzaprav se prenos sevanja najučinkoviteje zgodi v vakuumu.

Sevanje, ki ga oddaja površina, izvira iz toplotne energije snovi, ki jo omejuje površina. Hitrost sproščanja energije na enoto površine (W/m^2) imenujemo površinska emisijska moč E . Obstaja zgornja meja emisijske moči, ki jo določa Stefan-Boltzmannov zakon $E_b = \sigma T_s^4$. Pri tem je T_s absolutna temperatura (K) površine, σ pa

je Stefan-Boltzmannova konstanta ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$). Takšna površina se imenuje idealni radiator ali črno telo. Toplotni tok, ki ga oddaja realna površina, je manjši od tistega, ki ga oddaja črno telo pri isti temperaturi ter je določen z enačbo $E = \varepsilon \sigma T_s^4$. ε je sevalna lastnost površine, imenovana emisivnost. Z vrednostmi v območju $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ta lastnost meri, kako učinkovito površina oddaja energijo v primerjavi s črnim telesom.

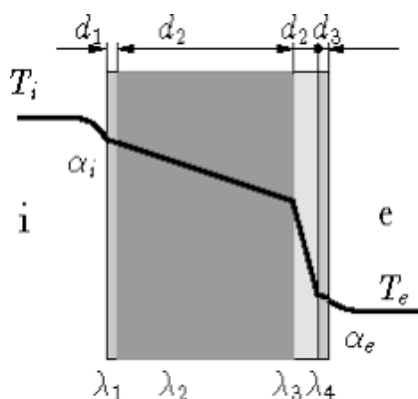
Sevanje lahko pada na površino tudi iz okolice. To sevanje lahko izvira iz posebnega vira, kot je sonce, ali z drugih površin, na katere je izpostavljena površina, ki nas zanima. Ne glede na vir(-e) označujemo stopnjo, s katero vse takšno sevanje pada na enoto površine, obsevanje G . Površina lahko absorbira del sevanja ali celotno sevanje, s čimer se poveča toplotna energija materiala. Stopnjo, s katero se sevalna energija absorbira na enoto površine, je mogoče ovrednotiti iz poznavanja lastnosti površinskega sevanja, imenovane absorpcijska sposobnost α . To pomeni, da je $G_{abs} = \alpha G$, kjer je $0 \leq \alpha \leq 1$. Če je površina neprosojna, se del obsevanja odbije, medtem ko se pri polprosojnih površinah del obsevanja lahko tudi prenese. Medtem ko absorbirano in oddano sevanje povečata oziroma zmanjšata toplotno energijo snovi, odbito in prepuščeno sevanje na to energijo ne vplivata. Upoštevati je treba, da je vrednost α odvisna od narave obsevanja, kot tudi od same površine (Incropera & DeWitt, 2002).

4.4 Prehod toplote

Večji del prenosa toplote v stavbah poteka preko ovoja stavbe s prevodnostjo, kjer toplota prehaja od toplejšega telesa k hladnejšemu. Toplotni tok je manjši, če je vgrajen material z manjšo toplotno prevodnostjo in večjo debelino. Če želimo zmanjšati toplotni tok iz notranjosti stavbe v zunanji prostor ali obratno, si prizadevamo zmanjšati toplotno prevodnost in povečati debelino materiala.

U (prej k-vrednost) – vrednost ($\text{W/m}^2\text{K}$) predstavlja koeficient prehoda toplote skozi zunanje zidove. V novi gradnji ta ne sme presegati vrednosti $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Minimalna debelina toplotne izolacije, običajno okoli 12 cm, že omogoča dosego želene U-vrednosti. U-vrednost je merilo za izračun prehoda toplote skozi posamezne gradbene dele, pri čemer se upoštevajo toplotne upornosti posameznih gradbenih plasti in prenos toplote na površine gradbenih delov. Prenos toplote poteka v treh stopnjah, od notranjosti stavbe proti zunanosti:

- prenos toplote iz zraka v prostoru na mejne površine sten,
- prenos toplote skozi posamezne plasti na površinah zidov,
- prenos toplote s površine zidov, ki mejijo z zunanjim zrakom.



Slika 16: Prenos toplote skozi zunanji zid
(Vir: Prah, 2025)

Manjša kot je U-vrednost, boljša je toplotna izolacija gradbenega dela. Ključni dejavnik za izboljšanje toplotne izolacije je debelina izolacijske plasti, ki je nanesena na gradbeni del.

Koeficient prehoda toplote U se izračuna kot vsota toplotnega prehoda skozi gradbene dele z upoštevanjem toplotnega prenosa posameznih gradbenih plasti.

Izračuna se po naslednji enačbi (5):

$$U = 1/(R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \dots \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se}), (W/(m^2 \cdot K)) \quad (5)$$

Pri tem je λ toplotna prevodnost, ki je lastnost materiala in opisuje sposobnost prenosa toplote skozi ta material ($W/(m \cdot K)$).

Toplotna prepustnost Λ je lastnost materiala, ki opisuje količino toplote, ki preide v 1 sekundi skozi $1 m^2$ snovi debeline d (v m) med neprekinjenim ogrevanjem, ko je temperaturna razlika med obema površinama $1 K$. Definirana je kot razmerje $\Lambda = \lambda/d$, pri čemer je λ toplotna prevodnost in d debelina snovi (enota je $W/(m^2 \cdot K)$).

Toplotna odpornost R je lastnost materiala, ki označuje njegov odpor proti prenosu toplote skozi dano debelino. Definirana je kot razmerje $R = 1/\Lambda = d/\lambda$ (enota je $m^2 \cdot K/W$).

Koeficient toplotne prestopnosti h (prej α) opisuje količino toplote v Ws ali J, ki se v 1 sekundi prenese med površino $1 m^2$ gradbenega dela in sosednega zraka, pri temperaturni razliki $1 K$ (enota je $W/(m^2 \cdot K)$, h_e – prenos toplote zunaj, h_i – prenos notranje toplote).

Prenos toplotne odpornosti R_{se} in R_{si} je obratna vrednost za prenos toplote $h_e(\alpha_e)$ ali $h_i(\alpha_i)$ in ima enoto $m^2 \cdot K/W$.

Koeficient za toplotno odpornost R_T je obratna vrednost od koeficienta toplotnega prenosa U , ki je potrebna za izračun vrednosti U in ima enoto $m^2 \cdot K/W$ (Klevže, 2013).

4.5 Toplotne izgube in toplotna moč ogrevanja

Toplotna moč je lastnost stavbe, ki določa količino toplote, ki mora biti dovedena na enoto časa (v W ali kW) v zimskih pogojih, da se pokrijejo vse toplotne izgube in zagotovi zahtevana notranja temperatura, skladna z določenimi standardi. Ogrevalna moč je odvisna od:

- lokacije objekta,
- namena posameznih prostorov (predpisane oziroma želene temperature v notranjih prostorih),
- vrste in načina gradnje, prenosa toplote na okoliške površine stavbe (kakovost toplotne izolacije, zračna tesnost).

Pri natančnem izračunu toplotne obremenitve je pomembno upoštevati tudi smer prostora, ki mora biti skladna z DIN EN 12831. Ogrevalni sistemi v stavbah morajo biti zasnovani in izvedeni skladno z izračunanimi toplotnimi obremenitvami.

Standardne toplotne izgube za ogrevalni prostor lahko določimo na dva načina:

- standardne transmisijske toplotne izgube,
- standardne transmisijske izgube pri prezračevanju.

Skupek zgoraj omenjenih toplotnih izgub in dodatnih izgub zaradi prekinitve ogrevanja se uporabijo za izračun toplotne zmogljivosti ogrevanja ter določanje velikosti grelnih površin v vsakem prostoru. Standardna toplotna moč za stavbo ali njen del se izračuna kot vsota vseh standardnih toplotnih izgub. Na podlagi izračunanih toplotnih izgub se nato določi pravilno velikost ogrevalnega vira.

Za izvedbo izračuna za izdelavo projektne dokumentacije za ogrevanje so potrebne naslednje podlage:

- situacijski načrt M 1:1000 (z oznako smeri proti severu in vetrne zaščite),
- načrt v tlorisu M 1:1000 (zgradba v surovem stanju, zapis o uporabi, notranje temperature ogrevanih prostorov),
- prerez M 1:1000 (svetla višina stropa in tal).



Slika 17: Toplotne izgube skozi stene objekta
(Vir: Energetska izkaznica stavbe, 2025)

Po metodi za izračun toplotne moči za ogrevanje prostora je treba upoštevati naslednje korake:

- zagotovitev meteoroloških podatkov (standardne zunanje temperature in povprečne letne temperature zunanjega zraka),
- določitev prostorov (ogrevana ali neogrevana) in vrednosti za standardne temperature za posamezne prostore,
- opredelitev gradbenih podatkov (dimenzije in toplotno tehnične lastnosti vseh gradbenih komponent v vseh prostorih),
- izvedba izračuna standardnih toplotnih izgub,
- izračun standardne toplotne izgube za prezračevanje,
- dodajanje standardnega prenosa in standardne izgube toplote za prezračevanje s celotnimi toplotnimi izgubami (neto moč ogrevanja),
- neobvezni izračun toplotne moči ogrevanja za ogrevalni prostor z upoštevanjem korekcijskega faktorja za izravnavo začasnih prekinitev ogrevanja,
- izračun standardne toplotne moči za ogrevano površino prostora (grelna moč) od vsote standardnih toplotnih izgub (neto moč ogrevanja) in moči dogrevanja.

Po metodi za izračun standardne toplotne obremenitve za ogrevanje objekta je treba upoštevati naslednje korake:

- vsota standardnih toplotnih izgub vseh ogrevalnih prostorov,
- vsota standardnih toplotnih izgub za prezračevanje vseh ogrevalnih prostorov,
- dodajanje izračunanih standardnih toplotnih izgub pri prenosu v vse ogrevalne prostore in standardne toplotne izgube pri prezračevanju v zgradbi (lahko samo za del ali celoten objekt),
- če je potrebno dodajanje toplotne moči za posamezne gradbene dele zgradbe (ali za celotno zgradbo), je treba upoštevati korekcijski faktor za dodatno moč ogrevanja,
- izračun standardne toplotne moči (za posamezno gradbeno enoto ali zgradbo) iz vsote skupnih standardnih toplotnih izgub.

Vrsta prostora	Standardna notranja temperatura ϑ_{int}
Dnevni prostori in spalnice	+20 °C
Pisarne, sejne sobe, dvorane, razstavni prostor, glavno stopnišče	+20 °C
Hotelske sobe	+20 °C
Saloni in trgovine na splošno	+20 °C
Učilnice	+20 °C
Gledališča in koncertne dvorane	+20 °C
Kopeli in tuši, sobe, kopalnice, garderobne, študijske sobe	+24 °C
Toaletni prostori	+20 °C
Ogrevani sosednji prostori (hodniki, stopnišča)	+15 °C
Neogrevani pomožni prostori	+10 °C

Tabela 1: Projektne notranje temperature po standardu SIST EN 12831
(Vir: Ogrevanje, 2013)

Po standardu SIST EN 12831 se za izračun ogrevalne moči uporabljata dva načina. Prvi prvem načinu se uporablja podrobne in razmeroma zapletene metode izračuna (upoštevajoč linijske toplotne izgube), pri drugem pa se uporablja poenostavljene metode za izračun. Izbira metode je odvisna od potrebne natančnosti in kompleksnosti objekta. Poenostavljena metoda zadostuje za preprostejše objekte, medtem ko je podrobnejši izračun primeren za večje in bolj zapletene projekte (Klevže, 2013).

V diplomski nalogi bomo za izračun ogrevalne moči upoštevali poenostavljeno metodo, ki zadostuje za preprostejše stanovanjske stavbe.

4.5.1 Poenostavljeni postopek izračuna transmisijskih toplotnih izgub

Po poenostavljenemu postopku se skupne transmisijske toplotne izgube ogrevalnega prostora izračunajo po enačbi (6) (Klevže, 2013):

$$\Phi_{T,i} = \sum f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e), (W) \quad (6)$$

f_k – temperaturni korekcijski dejavnik za toplotne izgube za različna področja v zunanjem okolju za element – k (korekcijski faktor poiščemo v ustreznih preglednicah)

A_k – površina elementa stavbe – k (m^2)

U_k – toplotna prehodnost elementa stavbe – k ($W/(m^2 \cdot K)$)

$\theta_{in,t}$ – temperatura v prostoru (°C)

θ_e – zunanja temperatura (°C)

Toplotne izgube	f_k
neposredno navzven (zunanji zid ZZ, zunanje okno)	1,00
v neogrevanem prostoru	0,80
na tleh nad zemljo (tla NK, kletni zid KZ)	0,40
nad streho (Pst)	0,90
dvignjen preko temeljne plošče (TP)	0,90
na meji s sosednjo stavbo (SS)	0,50
na meji vrstnih stavbnih enot (VSE)	0,30

Tabela 2: Korekcijski faktor f_k za različna področja v zunanjem okolju
(Vir: Ogrevanje, 2013)

4.5.2 Poenostavljeni postopek izračuna prezračevalnih toplotnih izgub

Po poenostavljenem postopku izračunamo toplotne izgube zaradi prezračevanja za ogrevani prostor po naslednji enačbi (7):

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), (W) \quad (7)$$

$\dot{V}_{min,i}$ – minimalna potrebna količina pretoka zraka (higienski minimum) za prostor i, ki je določena z enačbo (8):

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i (m^3/h) \quad (8)$$

n_{min} – minimalno število izmenjav zraka (h^{-1})

V_i – neto prostornina ogrevanega prostora (m^3)

Zahtevane vrednosti za minimalno izmenjavo zraka po prostorih najdemo v preglednicah, ki so usklajene s pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Klevže, 2013).

4.5.3 Poenostavljeni izračun skupnih toplotnih izgub ogrevanega prostora

Skupne standardne toplotne izgube za ogrevani prostor se izračunajo kot seštevek transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub (9):

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i}, (W) \quad (9)$$

$\Phi_{T,i}$ – standardne transmisijske izgube ogrevalnega prostora (W)

$\Phi_{V,i}$ – standardne prezračevalne izgube ogrevanega prostora (W)

$f_{\Delta\theta,i}$ – temperaturni korekcijski faktor za prostore z višjo temperaturno ravni kot v sosednjih prostorih (korekcijski faktor poiščemo v ustreznih preglednicah)

Standardna temperatura v prostoru	f_{θ}
Normalna (temperaturna razlika < 4 K)	1,00
Visoka (temperaturna razlika ≥ 4 K), na primer kopalnica	1,20

Tabela 3: Korekcijski faktor f_{θ} za prostore z višjo temperaturno ravno kot v sosednjih prostorih
(Vir: Ogrevanje, 2013)

4.5.4 Dodatna toplotna moč zaradi prekinjenega delovanja ogrevanja

Prostori, v katerih prihaja do prekinitev ogrevanja ali zmanjšanja temperature, pozneje potrebujejo določen čas močnejšega ogrevanja, da se ponovno doseže zahtevana notranja temperatura. Poenostavljeno metodo izračuna zapišemo z enačbo (10) (Klevže, 2013):

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, (W) \quad (10)$$

$\Phi_{RH,i}$ – dodatna moč ogrevanja (W)

A_i – površina tal v ogrevanem prostoru (m^2)

f_{RH} – korekcijski faktor (ponovni dejavnik ogrevanja), ki je odvisen od časa segrevanja ter od znižane temperature v prostoru (W/m^2)

4.5.5 Potrebna toplotna moč za ogrevanje prostora in zgradbe

Potrebna standardna toplotna moč za ogrevani prostor se izračuna po naslednji enačbi (11):

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, (W) \quad (11)$$

$\Phi_{HL,i}$ – standardna toplotna moč ogrevalnega prostora (W)

$\Phi_{T,i}$ – standardne transmisijske izgube ogrevalnega prostora (W)

$\Phi_{V,i}$ – standardne prezračevalne izgube ogrevanega prostora (W)

$\Phi_{RH,i}$ – dodatna toplotna moč zaradi prekinjenega delovanja ogrevanja (W)

Potrebna standardna toplotna moč za enoto zgradbe oziroma za celotno zgradbo se izračuna po naslednji enačbi (12) (Klevže, 2013):

$$\Phi_{HL,zgradba} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i}, (W) \quad (12)$$

$\Phi_{HL,zgradba}$ – standardna toplotna moč neke zgradbe v W

4.6 Temperaturni primanjkljaj (TP)

Temperaturni primanjkljaj (TP) je kazalnik, ki se uporablja za potrjevanje, primerjavo in spremljanje porabe toplote v ogrevalni sezoni na določenem območju in je za posamezno lokacijo določen s karto temperaturnega primanjkljaja. Temperaturni primanjkljaj v sezoni je vsota dnevnih razlik temperature med 20 °C in zunanjo dnevno povprečno temperaturo zraka za tiste dni od 1. julija do 30. junija, ko je dnevna povprečna temperatura nižja ali enaka 12 °C (13). Temperaturne primanjkljaje za nekaj večjih mest se lahko najde v preglednicah (Grobovšek, Labudović, & Zaviršek, Praktična uporaba toplotnih črpalk, 2009).

$$TP = n_h \cdot (\vartheta_{iph} - \vartheta_{eph}) \quad (13)$$

TP – temperaturni primanjkljaj v ogrevalni sezoni (K dan)

n_h – obdobje gretja je število dni med začetkom in koncem gretja stavbe (preglednice)

ϑ_{iph} – izbrana notranja temperatura (20 °C)

ϑ_{eph} – povprečna dnevna temperatura zunanjega zraka v obdobju gretja (preglednice)

Izračun na primeru:

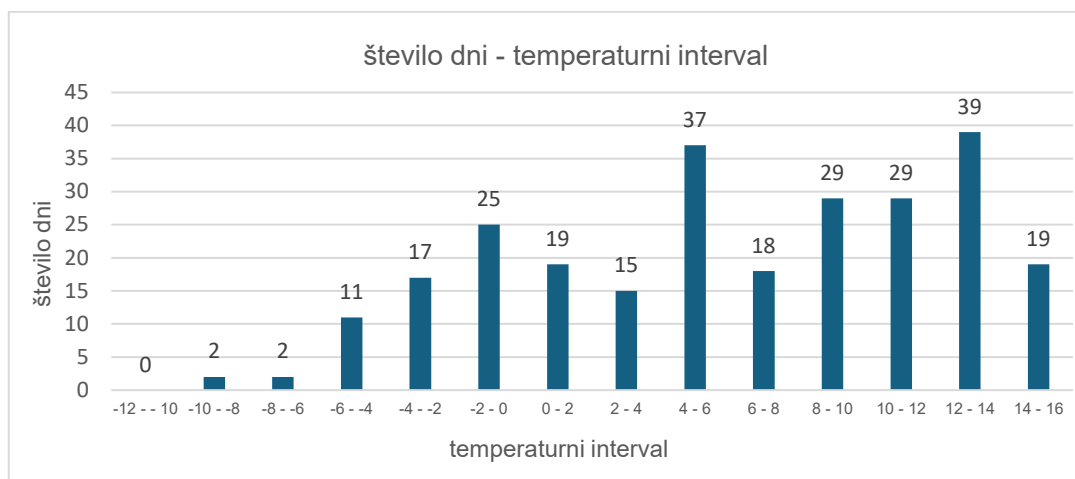
$$TP = n_h \cdot (\vartheta_{iph} - \vartheta_{eph}) = 262 \cdot (20\text{ °C} - 6,05\text{ °C}) = \mathbf{3.654,90\text{ K dan}}$$

$$n_h = 262\text{ dni}$$

$$\vartheta_{iph} = 20\text{ °C}$$

$$\vartheta_{eph} = 6,05\text{ °C}$$

S podatki iz tabele 22 smo grafično prikazali število dni – temperaturni interval (Slika 18). V primeru smo pri izračunu temperaturnega primanjkljaja upoštevali vsoto dnevnih razlik temperature med 20 °C in zunanjo dnevno povprečno temperaturo zraka, ko je dnevna povprečna temperatura nižja ali enaka 15 °C. Povprečno dnevno temperaturo zunanjega zraka ϑ_{eph} v obdobju gretja smo določili s pomočjo podatkov iz Tabele 22.



Slika 18: Grafični prikaz število dni – temperaturni interval za Logatec (Lastni vir)

4.7 Značilno meteorološko leto

Značilno meteorološko leto (tudi testno referenčno leto) je 365-dnevni niz urnih povprečnih vrednosti ključnih meteoroloških spremenljivk, potrebnih za izračun energijske bilance obravnavane zgradbe. Pri izbiri teh spremenljivk so upoštevani dejavniki, kot so razpoložljivost, kakovost in uporabnost podatkov. Izbrane spremenljivke vključujejo temperaturo in relativno vlažnost zraka dva metra nad tlemi, gostoto toka globalnega sevanja na vodoravno ploskev ter smer in hitrost vetra (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2017).

V Prilogi 1 je prirejena preglednica za značilno meteorološko leto za Logatec, ki smo jo preuredili na povprečne dnevne temperature v obdobju 365 dni. Prvotno preglednico smo pridobili na ARSO. Na podlagi te preglednice smo pripravili Tabelo 22.

5 SPODBUDE IN UKREPI EKO SKLADA

Eko sklad – Slovenski okoljski javni sklad je specializirana javna finančna institucija, ki se osredotoča na spodbujanje varstva okolja v Republiki Sloveniji. Eko sklad dodeljuje posameznikom, pravnim osebam in občinam ugodne kredite za okoljske naložbe. Poleg tega dodeljujejo nepovratne finančne spodbude za ukrepe, ki vključujejo učinkovito rabo energije in uporabo obnovljivih virov energije.

Ukrepi na področju energetske sanacije objektov in obnovljivih virov energije:

- nepovratne finančne spodbude za energetske sanacije stanovanj (izolacije fasad, strehe, tal, menjava oken in vrat, izboljšanje energetske učinkovitosti objektov),
- naložbe v obnovljive vire energije (toplotne črpalke, kotli na biomaso, solarni ogrevalni sistemi, sistemi za prezračevanje z vračanjem toplote – rekuperacija),
- kreditne sheme za energetske sanacije (ugodni krediti za energetske sanacije in vgradnjo sistemov za učinkovito rabo energije).

Poleg zgoraj omenjenih ukrepov Eko sklad pokriva še ukrepe na različnih drugih področjih, kot so vozila, električna samooskrba, nakup/gradnja/celovita obnova stanovanjske stavbe, menjava cevi in oblog, voda, odpadki, gospodinjski aparati.

Za kandidiranje na javnem pozivu je treba upoštevati zahteve in pogoje, ki so zapisani v javnem pozivu.

Spodaj so omenjeni ukrepi, za katere se dodeli nepovratna finančna spodbuda po javnem pozivu 114SUB-OB24:

- A – vgradnja solarnega sistema v stavbi,
- B – vgradnja kurilne naprave na lesno biomaso za centralno ogrevanje stavbe,
- C – vgradnja toplotne črpalke za centralno ogrevanje stavbe,
- D – zamenjava toplotne postaje ali vgradnja toplotne postaje za priklop na sistem daljinskega ogrevanja eno- ali dvostanovanjske stavbe,
- E – vgradnja energijsko učinkovitih lesenih oken v starejši stavbi,
- F – toplotna izolacija fasade starejše eno- ali dvostanovanjske stavbe,
- G – toplotna izolacija ravne strehe, poševne strehe ali stropa proti neogrevanemu prostoru/podstrešju v starejši stavbi,
- H – toplotna izolacija tal na terenu ali tal nad neogrevanim prostorom/kletjo v starejši eno- ali dvostanovanjski stavbi,
- I – vgradnja prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka v stavbi.

Za potrebe tega javnega poziva se šteje, da je enostanovanjska stavba samostojno stoječa enodružinska hiša, vila, atrijska hiša, vrstna hiša in podobno, ki je sestavljena samo iz enega stanovanja.

Za potrebe tega javnega poziva se šteje, da je dvostanovanjska stavba samostojno stoječa stavba, z dvema posameznima stanovanjema, ki obsegata več kot polovico celotne površine stavbe (Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad, 2025).

V diplomski nalogi bomo predstavili tri ukrepe, ki se navezujejo na vgradnjo toplotne črpalke za centralno ogrevanje stavbe (ukrep C), toplotno izolacijo fasade starejše eno- ali dvostanovanjske stavbe (ukrep F) ter toplotno izolacijo tal na terenu ali tal nad neogrevanim prostorom/kletjo v starejši eno- ali dvostanovanjski stavbi (ukrep H).

5.1 Ukrep C

Pravica do nepovratne finančne spodbude se podeli za nakup in vgradnjo ene nove električne toplotne črpalke tipa zrak-voda, voda-voda ali slanica-voda, oziroma sorpcijske toplotne črpalke, namenjene ogrevanju stanovanj ali poslovnih prostorov. Toplotna črpalka mora biti skladna z zahtevami Uredbe Komisije (EU) št. 813/2013. Poleg tega mora električna toplotna črpalka dosegati predpisano mejo sezone energetske učinkovitosti (η_s v %) za ogrevanje prostorov pri nizkih temperaturah (35 °C), kot je prikazano v spodnji Tabeli 4. Prav tako mora imeti TČ funkcijo Smart Grid ready (SG Ready).

Tip električne toplotne črpalke	Spodnja mejna vrednost sezone energetske učinkovitosti ogrevanja prostorov η_s (%) v povprečnih podnebnih razmerah za uporabo pri nizki temperaturi (35°C)
zrak/voda	140
voda/voda	200
slanica (kot npr. zemlja)/voda	170

*Tabela 4: Predpisana meja sezone energetske učinkovitosti
(Vir: Eko sklad, 2025)*

Vlagatelj je upravičen do višje nepovratne finančne spodbude, če nova toplotna črpalka zamenja vsaj eno staro kurilno napravo, ki je bila v uporabi ob času zamenjave in je zagotavljala toploto za centralni sistem ogrevanja stavbe ter je bila po zamenjavi uničena. V tem primeru mora vlagatelj izkazati obstoj in odstranitev stare kurilne naprave z ustreznimi predpisanimi dokazili.

Priznani stroški vključujejo:

- nakup in vgradnjo ene toplotne črpalke za stanovanje ali poslovni prostor,
- nakup in vgradnjo hranilnika, vodnega toplotnega zbiralnika ter povezavo s toplotno črpalco,
- izvedbo zemeljskega kolektorja ali vrtin,
- električne in strojne inštalacije za potrebe delovanja in krmiljenja sistema ter zagona sistema,

- ostale stroške, ki so smiselno povezani z izvedbo naložbe.

Priznani stroški ne vključujejo nakupa ali vgradnje ogrevalnih teles ter ogrevalnih sistemov, kot so radiatorsko ogrevanje ali talno gretje. Vgradnjo toplotne črpalke za centralno ogrevanje stavbe lahko izvede le izvajalec ali podizvajalec, ki je vpisan v evidenco pooblaščenih podjetij za vzdrževanje in namestitve opreme za hlajenje, klimatizacijo, ter toplotnih črpalk pri Agenciji Republike Slovenije za okolje, in ima ustrezno potrdilo o vpisu. To ne velja, če gre za vgradnjo hermetično zaprte toplotne črpalke.

Višina nepovratne finančne spodbude za toplotno črpalko tip zrak-voda znaša do:

- 20 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne več kot 1.000 EUR pri prvi vgradnji ogrevalnega sistema v stavbi oziroma če toplotna črpalka ni zamenjala stare kurilne naprave, ki zagotavlja toploto centralnemu sistemu ogrevanja stavbe,
- 40 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne več kot 2.500 EUR pri zamenjavi stare kurilne naprave, ki zagotavlja toploto centralnemu sistemu ogrevanja stavbe, z novo toplotno črpalko.

Višina nepovratne finančne spodbude za toplotno črpalko tip voda-voda ali slanica (kot npr. zemlja-voda) znaša do:

- 20 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne več kot 3.000 EUR pri prvi vgradnji ogrevalnega sistema v stavbi oziroma če toplotna črpalka ni zamenjala stare kurilne naprave, ki zagotavlja toploto centralnemu sistemu ogrevanja stavbe,
- 40 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne več kot 6.000 EUR pri zamenjavi stare kurilne naprave, ki zagotavlja toploto centralnemu sistemu ogrevanja stavbe, z novo toplotno črpalko.

Po vgradnji toplotne črpalke je treba na Eko sklad pravočasno posredovati pravilno izpolnjeno vlogo ter dodatno zahtevane priloge oziroma dokazila (Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad, 2025)

5.2 Ukrep F

Pravica do nepovratne finančne spodbude se dodeli za nakup in vgradnjo fasadnega sistema s toplotno izolacijo, če je izkazano, da razmerje med toplotno prevodnostjo (λ) in debelino (d) nove izolacije izpolnjuje pogoj $\lambda/d \leq 0,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Če je na stavbi že vgrajena toplotna izolacija, ki ne bo odstranjena, je lahko naložba izvedena z dodatno toplotno izolacijo ob izpolnjevanju enačbe (14), s katero se zagotovi zahtevano razmerje $\lambda/d \leq 0,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$:

$$\frac{d_{\text{obst}}(m)}{0,045 \text{ W/(mK)}} + \frac{d_{\text{novo}}(m)}{\lambda_{\text{novo}} \text{ W/(mK)}} \geq \frac{1}{0,200} (m^2K)/W \quad (14)$$

Pri izračunu potrebne dodatne nove toplotne izolacije se upošteva toplotna prevodnost obstoječe izolacije ($\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$) ter debelina obstoječe toplotne izolacije (d_{obst}), ki je razvidna iz merilnega traku na fotografiji obstoječega stanja, ki mora biti priložena k vlogi za nepovratno finančno spodbudo. Med obstoječo toplotno izolacijo ne štejejo materiali, kot so zidaki, ometi, toplotno izolacijski ometi, toplotno izolacijske opeke, silikatne opeke, porobeton in podobni gradbeni proizvodi. Nepovratna finančna spodbuda je lahko dodeljena le za starejše eno- ali dvostanovanjske stavbe.

Priznani stroški vključujejo:

- nakup in vgradnjo celotnega fasadnega sistema, vključno s toplotno izolacijo,
- nakup in vgradnjo toplotne izolacije podzidka (»cokla«) ali toplotne izolacije zidu proti terenu,
- postavitve gradbenega odra;
- odstranitev ali izravnavo obstoječega ometa ali ostalih gradbenih materialov, vgradnjo vertikalne hidroizolacije na predelu podzidka (»cokla«), demontažo starih okenskih polic,
- obdelavo špalet,
- nakup in vgradnjo okenskih polic,
- ostale stroške, ki so smiselno povezani z izvedbo naložbe.

Višina nepovratne finančne spodbude znaša do 30 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne presega 25 EUR na m^2 toplotne izolacije fasade.

Po zaključeni naložbi je treba na Eko sklad pravočasno posredovati pravilno izpolnjeno vlogo ter dodatno zahtevane priloge oziroma dokazila (Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad, 2025).

5.3 Ukrep H

Pravica do nepovratne finančne spodbude se dodeli za izvedbo toplotne izolacije tal na terenu ali tal nad neogrevanim prostorom/kletjo, če je izkazano, da razmerje med toplotno prevodnostjo (λ) in debelino (d) nove izolacije izpolnjuje pogoj $\lambda/d \leq 0,280 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Morebitna obstoječa izolacija se ne upošteva pri izračunu.

Nepovratna finančna spodbuda je namenjena le starejšim eno- ali dvostanovanjskim stavbam.

Priznani stroški vključujejo:

- nakup in vgradnjo toplotne izolacije,
- odstranitev oblog, tlakov, izkopa, izvedbo odvodnjavanja v delu, ki je povezan z obnovo, izvedbo hidroizolacije, izvedbo novih tlakov in oblog,

- odstranitev ostalih gradbenih materialov,
- odstranitev in ponovno vgradnjo elementov stavbe,
- ostale stroške, ki so smiselno povezani z izvedbo naložbe.

Višina nepovratne finančne spodbude znaša do 30 % priznanih stroškov naložbe, vendar ne presega 25 EUR na m² toplotne izolacije tal na terenu ali tal nad neogrevanim prostorom/kletjo.

Po zaključeni naložbi je treba na Eko sklad pravočasno posredovati pravilno izpolnjeno vlogo ter dodatno zahtevane priloge oziroma dokazila (Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad, 2025).

6 ENERGETSKI PRERAČUN STANOVANJA

6.1 Opis obravnavanega objekta

V diplomski nalogi je obravnavano ogrevanje stanovanja v enodružinski hiši v Logatcu. Velikost stanovanja je 145 m². Hiša je bila zgrajena leta 1976 in je slabo izolirana. Lega hiše je delno sončna in ni v bližini gozda ter se nahaja rahlo na hribu. Pred 15 leti je bila hiša deležna manjše obnove. Na hiši je bila zamenjana streha, v obravnavanem stanovanju pa so bila zamenjana okna ter vrata. Prav tako se je izvedla izolacija tal na podstrešju, ki ni v uporabi. Hiša je sestavljena iz dveh nadstropij (pritličje, 1. nadstropje) in podstrešja. V hiši je tudi manjša klet, ki je del prvotne stare hiše, ki se je nadgradila leta 1976. Celotna hiša ima okvirno 500 m² površine. Stanovanje v pritličju je prazno in se trenutno uporablja za shrambo, tudi podstrešje ni v uporabi in je predvideno za predelavo v stanovanje v prihodnosti.



*Slika 19: Hiša, v kateri se nahaja obravnavano stanovanje
(Lastni vir)*

Trenutno se za ogrevanje stanovanja uporablja stara peč na trda goriva (proizvajalec TAM, 33 kW, 1988), ki je predelana na pelete. Predelava stare peči na pelete je bila izvedena v letu 2013. V stari peči je vgrajen peletni gorilnik moči 25 kW (proizvajalec Inovateh). Ogrevalni sistem je radiatorski in delno talni (kopalnica in del kuhinje).



*Slika 20: Trenutni vir ogrevanja – predelana peč na pelete
(Lastni vir)*

Po navedbi lastnika hiše se trenutno za ogrevanje stanovanja letno porabi okvirno 350 žakljev lesnih peletov. V enem žaklju je 15 kg lesnih peletov. Skupno se letno porabi okvirno 5.250 kg lesnih peletov. Ocenjeni letni strošek za ogrevanje stanovanja je 1.800 EUR.

V diplomski nalogi bomo obravnavali le ogrevanje stanovanja. Za pripravo sanitarne tople vode je predvidena sanitarna toplotna črpalka (200–250 l), ki bo vgrajena v prostoru soba 3 (Slika 20). S tem bo doseženo, da bo sanitarna topla voda bližje porabnikom v kuhinji in kopalnici ter ne bo treba vgraditi dodatne cirkulacijske črpalke. Poleg tega pa bo v poletnih mesecih omogočeno ohlajevanje bližnjih prostorov.

6.2 Določitev toplotnih prehodnosti

S pomočjo formule (15) smo izračunali toplotne prehodnosti skozi zunanji zid hiše, tla stanovanja in strop stanovanja. Toplotne prehodnosti za okna in vrata pa smo pridobili iz tehnične dokumentacije proizvajalca oken (PVC Nagode).

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se}}, \quad (W/(m^2 \cdot K)) \quad (15)$$

Toplotne prehodnosti smo izračunali za obstoječe stanje in za primer, če se izvede izolacija zunanjega zidu (fasada) in izolacija tal nad neogrevanim stanovanjem (strop v pritličnem stanovanju, ki je neogrevan). Pri izračunu smo upoštevali vrednosti za toplotno prestopnost $h_e = 23 W/m^2 K$ in $h_i = 8 W/m^2 K$.

Izračun na primeru (Tabela 5):

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{8 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{23 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$U_{\text{zunanji zid}} = \frac{1}{\frac{1}{8 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{0,03 \text{ m}}{0,8 \text{ W/mK}} + \frac{0,29 \text{ m}}{0,75 \text{ W/mK}} + \frac{0,03 \text{ m}}{1,4 \text{ W/mK}} + \frac{1}{23 \text{ W/m}^2\text{K}}} = 1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Po enakem postopku smo določili vrednosti za toplotne prehodnosti v Tabelah 6, 7, 8 in 9.

6.2.1 Toplotna prehodnost – zunanji zid

V Tabeli 5 je prikazan izračun za toplotno prehodnost skozi zunanji zid za obstoječe stanje.

Material	λ (W/mK)	d(cm)	Vir podatkov
zunanji omet (cementni)	1,4	3	strojniški priročnik
opečni predelni zid	0,75	29	strojniški priročnik
notranji omet	0,8	3	strojniški priročnik
U	1,59	W/m²K	

*Tabela 5: Toplotna prehodnost skozi zunanji zid za obstoječe stanje
(Lastni vir)*

V Tabeli 6 je prikazan izračun za toplotno prehodnost za primer, če se izvede izolacija ovoja hiše (fasada).

Material	λ (W/mK)	d(cm)	Vir podatkov
fasadna plošča iz ekspandiranega polistirena EPS	0,039	20	proizvajalec Caperol-Basic line
zunanji omet (cementni)	1,4	3	strojniški priročnik
opečni predelni zid	0,75	29	strojniški priročnik
notranji omet	0,8	3	strojniški priročnik
U	0,17	W/m²K	

*Tabela 6: Toplotna prehodnost skozi zunanji zid, če se izvede izolacija ovoja hiše
(Lastni vir)*

6.2.2 Toplotna prehodnost – tla

V Tabeli 7 je prikazan izračun za toplotno prehodnost skozi tla za obstoječe stanje.

Material	λ (W/mK)	d(cm)	Vir podatkov
AB (armiran beton)	2,1	11	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
estrih	1,6	12	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
laminat	0,21	1	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
U	2,91	W/m²K	

*Tabela 7: Toplotna prehodnost skozi tla za obstoječe stanje
(Lastni vir)*

V Tabeli 8 je prikazan izračun za toplotno prehodnost za primer, če se izvede izolacija tal nad neogrevanim stanovanjem.

Material	λ (W/mK)	d(cm)	Vir podatkov
izolacijska plošča iz ekspandiranega polistirena EPS	0,035	15	https://www.fragmat.eu/toplotne-izolacije/gradbene-eps-plosce/fragmat-eps-150
AB (armiran beton)	2,1	11	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
estrih	1,6	12	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
laminat	0,21	1	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
U	0,22	W/m²K	

*Tabela 8: Toplotna prehodnost skozi tla, če se izvede izolacija tal nad neogrevanim stanovanjem
(Lastni vir)*

6.2.3 Toplotna prehodnost – strop

V Tabeli 9 je prikazan izračun za toplotno prehodnost skozi strop za obstoječe stanje.

Material	λ (W/mK)	d(cm)	Vir podatkov
izolacija (steklena volna)	0,042	10	proizvajalec (stara 15 let)
AB (armirana plošča)	2,1	11	https://temeljnaplosca.si/toplotna-izolativnost/
omet	0,8	1	strojniški priročnik
U	0,38	W/m²K	

*Tabela 9: Toplotna prehodnost skozi strop za obstoječe stanje
(Lastni vir)*

6.2.4 Toplotna prehodnost – okna in vrata

V Tabeli 10 je prikazana vrednost za toplotno prehodnost skozi okna in vrata. Podatek je pridobljen iz tehnične dokumentacije proizvajalca PVC Nagode.

okna in vrata (PVC Nagode)	U	Enota
U	1,1	W/m ² K

*Tabela 10: Toplotna prehodnost skozi okna in vrata
(Lastni vir)*

6.2.5 Zbrane vrednosti toplotnih prehodnosti U

V Tabeli 11 so prikazane zbrane vrednosti toplotnih prehodnosti U.

Vrednosti koeficienta U	U	enota
zunanji zid – obstoječe stanje	1,59	W/m ² K
zunanji zid – izoliran	0,17	W/m ² K
tla – obstoječe stanje	2,91	W/m ² K
tla – izolirana	0,22	W/m ² K
strop	0,38	W/m ² K
okna in vrata	1,1	W/m ² K

*Tabela 11: Zbrane vrednosti U
(Lastni vir)*

6.3 Določitev toplotnih izgub

S pomočjo formule (16) smo izračunali transmisijske toplotne izgube za posamezne elemente prostora (tla, strop, zunanji zid, okna) in jih nato sešteli, da smo dobili transmisijske izgube prostora.

$$\Phi_{T,i} = \Sigma f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e), (W) \quad (16)$$

V izračunih smo za temperaturni korekcijski dejavnik f_k upoštevali vrednost 1. V izračunih nismo upoštevali toplotnih dobitkov zaradi aktivnosti in naprav. Ker bo toplotna črpalka delovala neprekinjeno, v izračunih nismo upoštevali dodatne toplotne moči zaradi prekinjenega delovanja ($\Phi_{RH,i}$). Pri izračunu prehoda toplote skozi tla smo upoštevali kot projektno temperaturo v neogrevanem prostoru vrednost $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (v neogrevanem prostoru je veliko vlage in steklenih površin). Skupne transmisijske toplotne izgube smo dobili tako, da smo sešteli transmisijske toplotne izgube za posamezne prostore.

Izračun na primeru (Tabela 15):

$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: kuhinja + jedilnica}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot \\ &A_{\text{okna, vrata}} \cdot U_{\text{okna, vrata}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) = 1 \cdot 21,19 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + \\ &1 \cdot 5,19 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + 1 \cdot 29,4 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - \\ &(-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + 1 \cdot 29,4 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) = \mathbf{3.304,0\text{ W}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: dnevna soba}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot \\ &A_{\text{okna, vrata}} \cdot U_{\text{okna, vrata}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) = 1 \cdot 23,74 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + 1 \cdot \\ &2,88 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + 1 \cdot 30 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - \\ &(-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + 1 \cdot 30 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) = \mathbf{3.288,7\text{ W}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: kopalnica+hodnik}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot \\ &A_{\text{okna,vrata}} \cdot U_{\text{okna, vrata}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{in,t} - \theta_e) = 1 \cdot 6,72 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - (-16\text{ }^{\circ}\text{C})) + \end{aligned}$$

$$1 \cdot 1,75 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 20,65 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 20,65 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{2.195,7 \text{ W}}$$

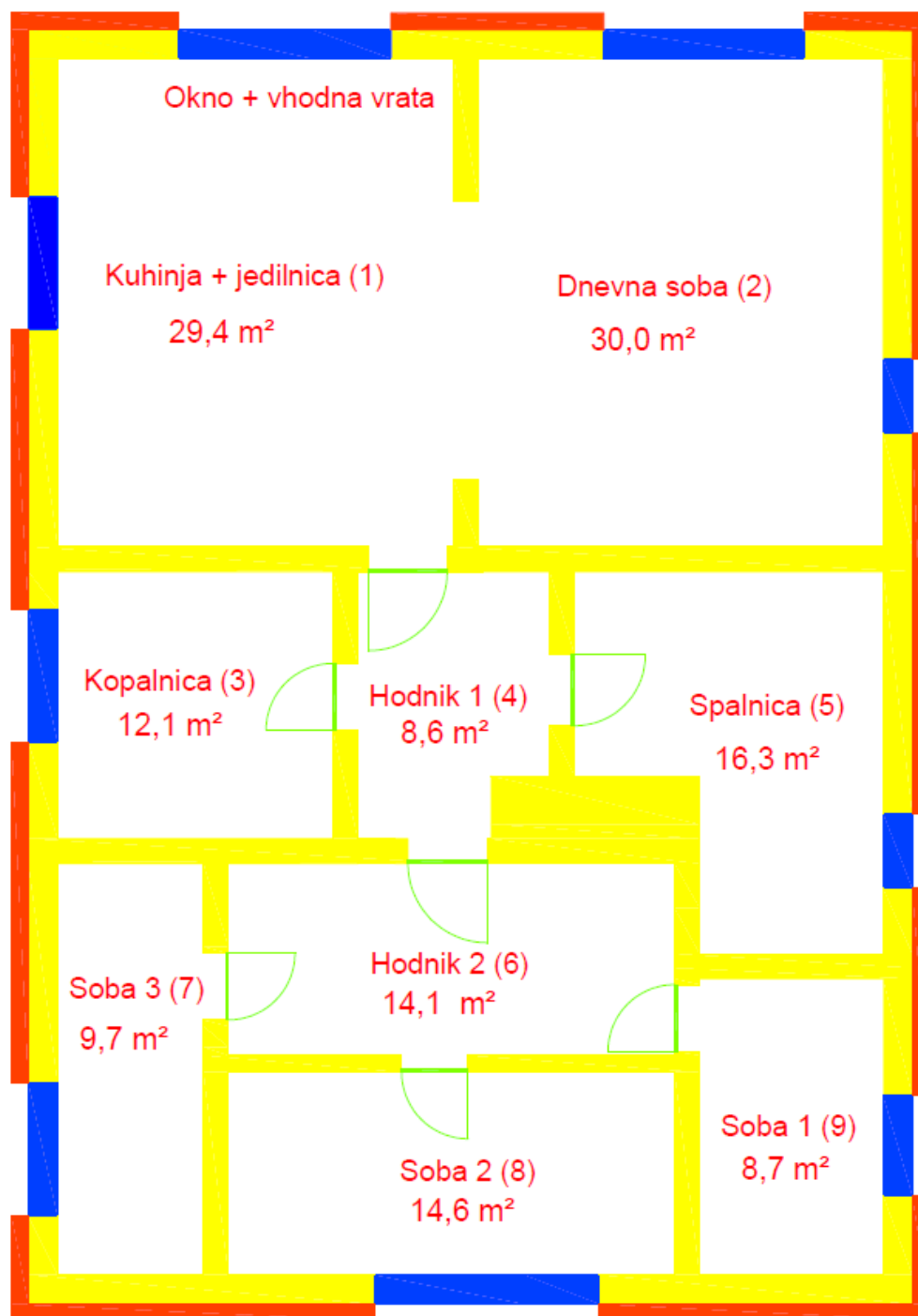
$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: spalnica}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{okna, vrata}} \cdot \\ &U_{\text{okna, vrata}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) = 1 \cdot 10,82 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + \\ &1 \cdot 0,99 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 16,34 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - \\ &(-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 16,34 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{1.755,4 \text{ W}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: soba 3}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{okna,vrata}} \cdot \\ &U_{\text{okna,vrata}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) = 1 \cdot 15,14 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + \\ &1 \cdot 1,75 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 9,65 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - \\ &(-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 9,65 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{1.136,4 \text{ W}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: soba 2+hodnik 2}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot \\ &A_{\text{okna,vrata}} \cdot U_{\text{okna,vrata}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) = 1 \cdot 9,66 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + \\ &1 \cdot 4,01 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 28,7 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - \\ &(-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 28,7 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{3.116,0 \text{ W}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T, \text{ prostor: soba 1}} &= 1 \cdot A_{\text{zunanje stene}} \cdot U_{\text{zunanje stene}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{okna,vrata}} \cdot \\ &U_{\text{okna, vrata}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot \\ &U_{\text{tla proti neogrevanim stanovanjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) + 1 \cdot A_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot \\ &U_{\text{strop pod podstrešjem}} \cdot (\theta_{\text{in},t} - \theta_e) = 1 \cdot 13,39 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + \\ &1 \cdot 1,25 \text{ m}^2 \cdot 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 8,7 \text{ m}^2 \cdot 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - \\ &(-16^\circ\text{C})) + 1 \cdot 8,7 \text{ m}^2 \cdot 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{1.010,0 \text{ W}} \end{aligned}$$

Po enakem postopku smo določili vrednosti za transmissijske toplotne izgube v Tabelah 13, 14 in 16.



Slika 21: Tloris obravnavanega stanovanja
(Lastni vir)

Ker nismo imeli na voljo tlorisnega načrta stanovanja, smo na podlagi izmer narisali tloris stanovanja.

V Tabeli 12 so prikazani projektni pogoji ter podatki o dimenzijah stanovanja.

Prostor	Notranja temperatura	Zunanja temperatura
kuhinja + jedilnica (1)	20 °C	–16
dnevna soba (2)	20 °C	–16
kopalnica (3) + hodnik 1 (4)	20 °C	–16
spalnica (5)	20 °C	–16
soba 3 (7)	20 °C	–16
soba 2 (8) + hodnik 2 (6)	20 °C	–16
soba 1 (9)	20 °C	–16
projektna temperatura za Logatec	–16 °C	
projektna notranja temperatura	20 °C	
neto ogrevalna površina stanovanja	145 m ²	
višina nadstropja	2,42 m	

Tabela 12: Projektni pogoji ter podatki o dimenzijah stanovanja
(Lastni vir)

V nadaljevanju so prikazani izračuni transmisijskih toplotnih izgub za naslednje primere:

- obstoječe stanje
- izolacija ovoja hiše in tal nad neogrevanim stanovanjem,
- samo izolacija ovoja hiše,
- samo izolacija tal nad neogrevanim stanovanjem.

6.3.1 Izračun transmisijских toplotnih izgub – obstoječe stanje

V Tabeli 13 je prikazan izračun celotnih transmisijских toplotnih izgub za stanovanje pri obstoječem stanju.

prostor: kuhinja + jedilnica (1)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	21,19	20	-16	1.212,9
okna, vrata	1,1	5,19	20	-16	205,5
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	29,4	20	-10	2.566,6
strop pod podstrešjem	0,38	29,4	20	-16	402,2
				Σ=	4.387,3
prostor: dnevna soba (2)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	23,74	20	-16	1.358,9
okna, vrata	1,1	2,88	20	-16	114,0
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	30	20	-10	2.619,0
strop pod podstrešjem	0,38	30	20	-16	410,4
				Σ=	4.502,3
prostor: kopalnica (3) + hodnik 1 (4)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	6,72	20	-16	384,7
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	20,65	20	-10	1.802,7
strop pod podstrešjem	0,38	20,65	20	-16	282,5
				Σ=	2.539,2
prostor: spalnica (5)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	10,82	20	-16	619,3
okna, vrata	1,1	0,99	20	-16	39,2
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	16,34	20	-10	1.426,5
strop pod podstrešjem	0,38	16,34	20	-16	223,5
				Σ=	2.308,6
prostor: soba 3 (7)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	15,14	20	-16	866,6
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	9,65	20	-10	842,4
strop pod podstrešjem	0,38	9,65	20	-16	132,0
				Σ=	1.910,4
prostor: soba 2 (8) + hodnik 2 (6)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	9,66	20	-16	552,9
okna, vrata	1,1	4,01	20	-16	158,8
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	28,7	20	-10	2.505,5
strop pod podstrešjem	0,38	28,7	20	-16	392,6
				Σ=	3.609,9
prostor: soba 1 (9)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	13,39	20	-16	766,4
okna, vrata	1,1	1,25	20	-16	49,5
tla proti neogrevanemu stanovanju	2,91	8,7	20	-10	759,5
strop pod podstrešjem	0,38	8,7	20	-16	119,0
				Σ=	1.694,5
Skupne transmisijske izgube stanovanja [W]			20.952,0		

*Tabela 13: Izračun celotnih transmisijских izgub za obstoječe stanje
(Lastni vir)*

6.3.2 Izračun transmisijских toplotni izgub – izolirana ovoj hiše in tla

V Tabeli 14 je prikazan izračun celotnih transmisijских toplotni izgub za primer, če se izolirata ovoj hiše in tla nad neogrevanim prostorom.

prostor: kuhinja + jedilnica (1)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	21,19	20	-16	129,7
okna, vrata	1,1	5,19	20	-16	205,5
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	29,4	20	-10	194,0
strop pod podstrešjem	0,38	29,4	20	-16	402,2
				Σ=	931,4
prostor: dnevna soba (2)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	23,74	20	-16	145,3
okna, vrata	1,1	2,88	20	-16	114,0
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	30	20	-10	198,0
strop pod podstrešjem	0,38	30	20	-16	410,4
				Σ=	867,7
prostor: kopalnica (3) + hodnik 1 (4)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	6,72	20	-16	41,1
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	20,65	20	-10	136,3
strop pod podstrešjem	0,38	20,65	20	-16	282,5
				Σ=	529,2
prostor: spalnica (5)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	10,82	20	-16	66,2
okna, vrata	1,1	0,99	20	-16	39,2
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	16,34	20	-10	107,8
strop pod podstrešjem	0,38	16,34	20	-16	223,5
				Σ=	436,8
prostor: soba 3 (7)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	15,14	20	-16	92,7
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	9,65	20	-10	63,7
strop pod podstrešjem	0,38	9,65	20	-16	132,0
				Σ=	357,7
prostor: soba 2 (8) + hodnik 2 (6)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	9,66	20	-16	59,1
okna, vrata	1,1	4,01	20	-16	158,8
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	28,7	20	-10	189,4
strop pod podstrešjem	0,38	28,7	20	-16	392,6
				Σ=	800,0
prostor: soba 1 (9)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	13,39	20	-16	81,9
okna, vrata	1,1	1,25	20	-16	49,5
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	8,7	20	-10	57,4
strop pod podstrešjem	0,38	8,7	20	-16	119,0
				Σ=	307,9
Skupne transmisijske izgube stanovanja [W]		4.230,7			

*Tabela 14: Izračun celotnih transmisijских izgub – izolirana ovoj hiše in tla
(Lastni vir)*

6.3.3 Izračun transmisijских toplotnih izgub – izoliran samo ovoj hiše

V Tabeli 15 je prikazan izračun celotnih transmisijских toplotnih izgub za primer, če se izolira samo ovoj hiše.

prostor: kuhinja + jedilnica (1)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	21,19	20	-16	129,7
okna, vrata	1,1	5,19	20	-16	205,5
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	29,4	20	-10	2.566,6
strop pod podstrešjem	0,38	29,4	20	-16	402,2
				Σ=	3.304,0
prostor: dnevna soba (2)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	23,74	20	-16	145,3
okna, vrata	1,1	2,88	20	-16	114,0
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	30	20	-10	2.619,0
strop pod podstrešjem	0,38	30	20	-16	410,4
				Σ=	3.288,7
prostor: kopalnica (3) + hodnik 1 (4)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	6,72	20	-16	41,1
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	20,65	20	-10	1.802,7
strop pod podstrešjem	0,38	20,65	20	-16	282,5
				Σ=	2.195,7
prostor: spalnica (5)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	10,82	20	-16	66,2
okna, vrata	1,1	0,99	20	-16	39,2
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	16,34	20	-10	1.426,5
strop pod podstrešjem	0,38	16,34	20	-16	223,5
				Σ=	1.755,4
prostor: soba 3 (7)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	15,14	20	-16	92,7
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	9,65	20	-10	842,4
strop pod podstrešjem	0,38	9,65	20	-16	132,0
				Σ=	1.136,4
prostor: soba 2 (8) + hodnik 2 (6)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	9,66	20	-16	59,1
okna, vrata	1,1	4,01	20	-16	158,8
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	28,7	20	-10	2.505,5
strop pod podstrešjem	0,38	28,7	20	-16	392,6
				Σ=	3.116,0
prostor: soba 1 (9)					
	U[W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	0,17	13,39	20	-16	81,9
okna, vrata	1,1	1,25	20	-16	49,5
tla proti neogrevanem stanovanju	2,91	8,7	20	-10	759,5
strop pod podstrešjem	0,38	8,7	20	-16	119,0
				Σ=	1.010,0
Skupne transmisijske izgube stanovanja [W]			15.806,3		

Tabela 15: Izračun celotnih transmisijских izgub – izoliran samo ovoj hiše
(Lastni vir)

6.3.4 Izračun transmisijских toplotnih izgub – izolirana samo tla

V Tabeli 16 je prikazan izračun celotnih transmisijских toplotnih izgub za primer, če se izolirajo samo tla nad neogrevanim prostorom.

prostor: kuhinja + jedilnica (1)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	21,19	20	-16	1.212,9
okna, vrata	1,1	5,19	20	-16	205,5
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	29,4	20	-10	194,0
strop pod podstrešjem	0,38	29,4	20	-16	402,2
				Σ =	2.014,7
prostor: dnevna soba (2)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	23,74	20	-16	1.358,9
okna, vrata	1,1	2,88	20	-16	114,0
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	30	20	-10	198,0
strop pod podstrešjem	0,38	30	20	-16	410,4
				Σ =	2.081,3
prostor: kopalnica (3) + hodnik 1 (4)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	6,72	20	-16	384,7
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	20,65	20	-10	136,3
strop pod podstrešjem	0,38	20,65	20	-16	282,5
				Σ =	872,7
prostor: spalnica (5)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	10,82	20	-16	619,3
okna, vrata	1,1	0,99	20	-16	39,2
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	16,34	20	-10	107,8
strop pod podstrešjem	0,38	16,34	20	-16	223,5
				Σ =	989,9
prostor: soba 3 (7)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	15,14	20	-16	866,6
okna, vrata	1,1	1,75	20	-16	69,3
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	9,65	20	-10	63,7
strop pod podstrešjem	0,38	9,65	20	-16	132,0
				Σ =	1.131,6
prostor: soba 2 (8) + hodnik 2 (6)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	9,66	20	-16	552,9
okna, vrata	1,1	4,01	20	-16	158,8
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	28,7	20	-10	189,4
strop pod podstrešjem	0,38	28,7	20	-16	392,6
				Σ =	1.293,8
prostor: soba 1 (9)					
	U [W/m²K]	A [m²]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_T [W]
zunanje stene	1,59	13,39	20	-16	766,4
okna, vrata	1,1	1,25	20	-16	49,5
tla proti neogrevanem stanovanju	0,22	8,7	20	-10	57,4
strop pod podstrešjem	0,38	8,7	20	-16	119,0
				Σ =	992,4
Skupne transmisijske izgube stanovanja [W]			9376,4		

*Tabela 16: Izračun celotnih transmisijских izgub – izolirana samo tla nad neogrevanim prostorom
(Lastni vir)*

6.3.5 Ventilacijske toplotne izgube

S pomočjo formule (17) smo za vsak prostor izračunali minimalno potrebno količino pretoka zraka (higienski minimum). Za minimalno število izmenjav zraka n_{min} smo upoštevali vrednost $0,5 h^{-1}$. Volumne posameznih prostorov smo določili s tlorisa stanovanja ob upoštevanju, da je višina stropa 2,42 m. Ventilacijske toplotne izgube za posamezne prostore smo izračunali s pomočjo formule (18) in jih nato sešteli, da smo dobili skupne ventilacijske izgube stanovanja.

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i, (m^3/h) \quad (17)$$

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), (W) \quad (18)$$

Izračun na primeru (Tabela 17):

$$\begin{aligned} \dot{V}_{min, \text{ prostor: kuhinja + jedilnica}} &= n_{min} \cdot V_{\text{prostor: kuhinja + jedilnica}} = 0,5 h^{-1} \cdot \\ 71,15 m^3 &= \mathbf{35,58 m^3/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{min, \text{ prostor: dnevna soba}} &= n_{min} \cdot V_{\text{prostor: dnevna soba}} = 0,5 h^{-1} \cdot 72,60 m^3 = \\ 36,30 m^3/h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{min, \text{ prostor: kopalnica+hodnik 1}} &= n_{min} \cdot V_{\text{prostor: kopalnica + hodnik 1}} = 0,5 h^{-1} \cdot \\ 49,97 m^3 &= \mathbf{24,99 m^3/h} \end{aligned}$$

$$\dot{V}_{min, \text{ prostor: spalnica}} = n_{min} \cdot V_{\text{prostor: spalnica}} = 0,5 h^{-1} \cdot 39,54 m^3 = \mathbf{19,77 m^3/h}$$

$$\dot{V}_{min, \text{ prostor: soba 3}} = n_{min} \cdot V_{\text{prostor: soba 3}} = 0,5 h^{-1} \cdot 23,35 m^3 = \mathbf{11,68 m^3/h}$$

$$\dot{V}_{min, \text{ prostor: soba 2}} = n_{min} \cdot V_{\text{prostor: soba 2}} = 0,5 h^{-1} \cdot 69,45 m^3 = \mathbf{34,73 m^3/h}$$

$$\dot{V}_{min, \text{ prostor: soba 1}} = n_{min} \cdot V_{\text{prostor: soba 1}} = 0,5 h^{-1} \cdot 21,05 m^3 = \mathbf{10,53 m^3/h}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{V, \text{ prostor: kuhinja + jedilnica}} &= 0,34 \cdot \dot{V}_{min, \text{ prostor: kuhinja + jedilnica}} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = \\ 0,34 \cdot 35,58 m^3/h \cdot (20^\circ C - (-16^\circ C)) &= \mathbf{435,44 W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{V, \text{ prostor: dnevna soba}} &= 0,34 \cdot \dot{V}_{min, \text{ prostor: dnevna soba}} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 0,34 \cdot \\ 36,30 m^3/h \cdot (20^\circ C - (-16^\circ C)) &= \mathbf{444,31 W} \end{aligned}$$

$$\Phi_{V, \text{ prostor: kopalnica + hodnik 1}} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{min, prostor: kopalnica + hodnik 1}} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 0,34 \cdot 24,99 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{305,82 \text{ W}}$$

$$\Phi_{V, \text{ prostor: spalnica}} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{min, prostor: spalnica}} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 0,34 \cdot 19,77 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{241,98 \text{ W}}$$

$$\Phi_{V, \text{ prostor: soba 3}} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{min, prostor: soba 3}} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 0,34 \cdot 11,68 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{142,90 \text{ W}}$$

$$\Phi_{V, \text{ prostor: soba 2}} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{min, prostor: soba 2}} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 0,34 \cdot 34,73 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{425,03 \text{ W}}$$

$$\Phi_{V, \text{ prostor: soba 1}} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{min, prostor: soba 1}} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 0,34 \cdot 10,53 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (20^\circ\text{C} - (-16^\circ\text{C})) = \mathbf{128,83 \text{ W}}$$

Prostor	Neto volumen V_i [m ³]	Minimalno št. izmenjav zraka n^{-1} [h ⁻¹]	Minimalna količina izmenjanega zraka V_i [m ³ /h]	T_{in} [°C]	T_{out} [°C]	Q_v [W]
kuhinja + jedilnica (1)	71,15	0,5	35,58	20	-16	435,44
dnevna soba (2)	72,60	0,5	36,30	20	-16	444,31
kopalnica (3) + hodnik 1 (4)	49,97	0,5	24,99	20	-16	305,82
spalnica (5)	39,54	0,5	19,77	20	-16	241,98
soba 3 (7)	23,35	0,5	11,68	20	-16	142,90
soba 2 (8) + hodnik 2 (6)	69,45	0,5	34,73	20	-16	425,03
soba 1 (9)	21,05	0,5	10,53	20	-16	128,83
skupaj	347,11		173,56			2.124,31
Skupne ventilacijske izgube stanovanja [W]			2124,3			

Tabela 17: Skupne ventilacijske izgube
(Lastni vir)

6.3.6 Celotne toplotne izgube

S pomočjo formule (19) smo izračunali skupne standardne toplotne izgube za ogrevani prostor in jih nato sešteli, da smo dobili skupne standardne toplotne izgube stanovanja (20). Ker je projektna notranja temperatura za vse prostore v stanovanju enaka (20 °C), smo pri izračunu za korekcijski faktor $f_{\Delta\theta,i}$ upoštevali vrednost 1.

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i}, \text{ (W)} \quad (19)$$

$$\Phi_{\text{skupne}} = \Sigma\Phi_{T,i} + \Sigma\Phi_{V,i}, \text{ (W)} \quad (20)$$

Izračun na primeru (izoliran samo ovoj hiše – Tabela 15 in Tabela 17 in Slika 22):

$$\Phi_{\text{prostor: kuhinja+jedilnica}} = (\Phi_{T, \text{prostor: kuhinja+jedilnica}} + \Phi_{V, \text{prostor: kuhinja+jedilnica}}) \cdot 1 = 3.304,0 \text{ W} + 435,44 \text{ W} = \mathbf{3.739,4 \text{ W}}$$

$$\Phi_{\text{prostor: dnevna soba}} = (\Phi_{T, \text{prostor: dnevna soba}} + \Phi_{V, \text{prostor: dnevna soba}}) \cdot 1 = 3.288,7 \text{ W} + 444,31 \text{ W} = \mathbf{3.733,0 \text{ W}}$$

$$\Phi_{\text{prostor: kopalnica+hodnik 1}} = (\Phi_{T, \text{prostor: kopalnica+hodnik 1}} + \Phi_{V, \text{prostor: kopalnica+hodnik 1}}) \cdot 1 = 2.195,7 \text{ W} + 305,82 \text{ W} = \mathbf{2.501,5 \text{ W}}$$

$$\Phi_{\text{prostor: spalnica}} = (\Phi_{T, \text{prostor: spalnica}} + \Phi_{V, \text{prostor: spalnica}}) \cdot 1 = 1.755,4 \text{ W} + 241,98 \text{ W} = \mathbf{1.997,4 \text{ W}}$$

$$\Phi_{\text{prostor: soba 3}} = (\Phi_{T, \text{prostor: soba 3}} + \Phi_{V, \text{prostor: soba 3}}) \cdot 1 = 1.136,4 \text{ W} + 142,90 \text{ W} = \mathbf{1.279,3 \text{ W}}$$

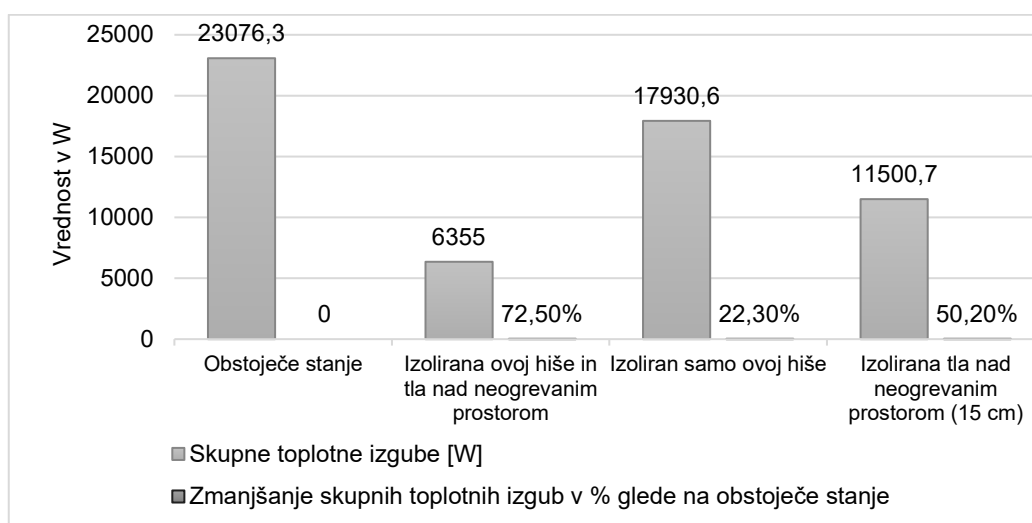
$$\Phi_{\text{prostor: soba 2}} = (\Phi_{T, \text{prostor: soba 2}} + \Phi_{V, \text{prostor: soba 2}}) \cdot 1 = 3.116,0 \text{ W} + 425,03 \text{ W} = \mathbf{3.541,0 \text{ W}}$$

$$\Phi_{\text{prostor: soba 1}} = (\Phi_{T, \text{prostor: soba 1}} + \Phi_{V, \text{prostor: soba 1}}) \cdot 1 = 1.010,0 \text{ W} + 128,83 \text{ W} = \mathbf{1.138,8 \text{ W}}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{skupne}} &= \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} = \Phi_{\text{prostor: kuhinja+jedilnica}} + \Phi_{\text{prostor: dnevna soba}} + \\ &\Phi_{\text{prostor: kopalnica+hodnik 1}} + \Phi_{\text{prostor: spalnica}} + \Phi_{\text{prostor: soba 3}} + \Phi_{\text{prostor: soba 2}} + \\ &\Phi_{\text{prostor: soba 1}} = 3.739,4 \text{ W} + 3.733,0 \text{ W} + 2.501,5 \text{ W} + 1.997,4 \text{ W} + 1.279,3 \text{ W} + \\ &3.541,0 \text{ W} + 1.138,8 \text{ W} = \mathbf{17.930,6 \text{ W}} \end{aligned}$$

Po enakem postopku smo določili vrednosti za celotne toplotne izgube za:

- obstoječe stanje,
- izolirani ovoj hiše in tla nad neogrevanim prostorom
- izolirana tla nad neogrevanim prostorom (15 cm)



Slika 22: Skupne toplotne izgube za obstoječe stanje in različne primere energetske sanacije fasade in tal nad neogrevanim prostorom (Lastni vir)

S Slike 22 je razvidno, da se v primeru izolacije ovoja hiše in izolacije tal nad neogrevanim prostorom zmanjšajo skupne toplotne izgube glede na obstoječe stanje za 72,5 %. Če se izolirajo le tla nad neogrevanim stanovanjem, se zmanjšajo toplotne izgube za 50,2 %. Le za 22,3 % se zmanjšajo skupne toplotne izgube v primeru, če se izvede samo energetska sanacija ovoja hiše (fasada).

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko sklepamo, da lahko že z manjšo investicijo v izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem bistveno zmanjšamo toplotne izgube stanovanja in s tem stroške ogrevanja. Tudi če se izkaže, da je investicija v fasado previsoka, se v vsakem primeru izplača manjša investicija v izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem.

6.3.7 Potrebna toplotna moč za ogrevanje stanovanja

Potrebna toplotna moč za ogrevanje stanovanja se izračuna po enačbi (21).

$$\Phi_{HL,zgradba} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i}, \text{ (W)} \quad (21)$$

Ker se bo stanovanje ogrevalo brez prekinitev, v izračunu nismo upoštevali dodatne toplotne moči zaradi prekinjenega delovanja $\Phi_{RH,i}$ (22).

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 0 \text{ W} \quad (22)$$

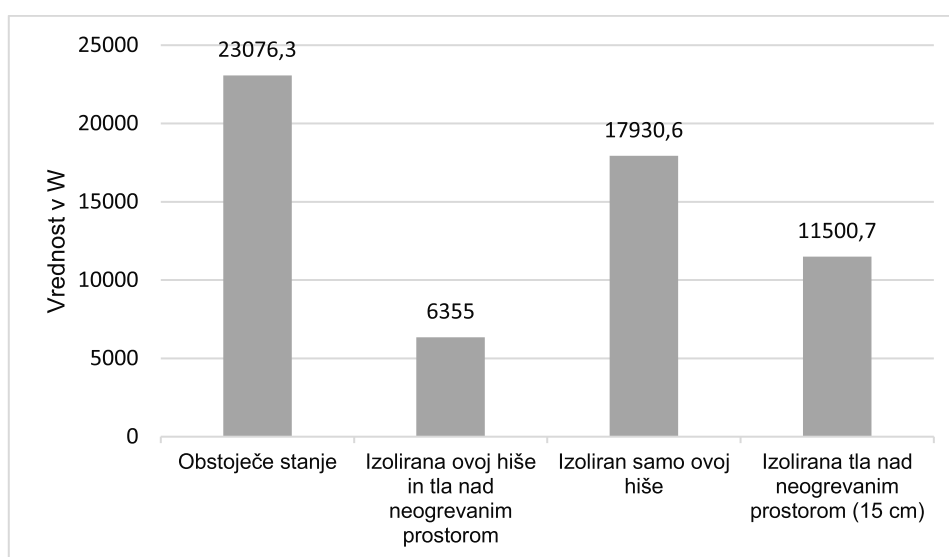
Izračun na primeru (izoliran samo ovoj hiše, Tabela 15, Tabela 17 in Slika 23):

$$\Phi_{HL, zgradba} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i} = \Phi_{skupne} + 0 \text{ W} = 17.930,6 \text{ W} + 0 \text{ W} = 17.930,6 \text{ W}$$

Po enakem postopku smo določili vrednosti za potrebno toplotno moč za ogrevanje stanovanja za:

- obstoječe stanje,
- izolirani ovoj hiše in tla nad neogrevanim prostorom
- izolirana tla nad neogrevanim prostorom (15 cm)

Na Sliki 23 so prikazane potrebne toplotne moči za ogrevanje stanovanja za različne primere.



*Slika 23: Skupna toplotna moč za obstoječe stanje in različne primere energetske sanacije fasade in tal nad neogrevanim prostorom
(Lastni vir)*

6.4 Podatki o izbrani toplotni črpalki in drugih sestavnih delih TČ

6.4.1 Izbira primerne toplotne črpalke

Na podlagi izračunane potrebne toplotne moči za ogrevanje stanovanja smo izbrali ustrezno toplotno črpalko. Pri izbiri TČ smo upoštevali potrebno skupno moč za primer, ko se izolirajo fasada in tla nad neogrevanim prostorom. Upoštevali smo, da bo toplotna črpalka delovala v monovalentnem režimu in bo sama oziroma s pomočjo integriranih električnih grelcev pokrivala celotne toplotne potrebe.

Odločili smo se za toplotno črpalko zrak-voda v SPLIT izvedbi proizvajalca Haier. Za ogrevanje stanovanja je potrebna toplotna črpalka, ki je zmožna pri projektni zunanji temperaturi -16 °C pokriti izračunano toplotno moč 6,36 kW. Ker se z nižanjem

zunanje temperature niža zmogljivost in učinkovitost TČ, smo izbrali TČ z nazivno močjo 10 kW. Nazivna moč je podana pri zunanji temperaturi 7 °C in temperaturi ogrevalne vode 55 °C (A7W55). Na podlagi velikosti obstoječih radiatorjev in trenutnega temperaturnega režima ogrevanja smo pri izračunu upoštevali najvišjo temperaturo ogrevalne vode 55 °C (pri zunanji temperaturi –16 °C). V tehnični dokumentaciji proizvajalca smo razbrali, da je pri zunanji temperaturi –15 °C in temperaturi ogrevalne vode 55 °C zmogljivost izbrane toplotne črpalke 5,42 kW. V notranji enoti toplotne črpalke sta standardno vgrajena dva električna grelca moči 1 kW + 3 kW, ki se lahko aktivirata po potrebi (Haier Commercial Air Condition, 2022). Prav tako je v stanovanju vgrajen kamin (10 kW), ki se lahko uporabi v primeru izpada električne energije ali v primeru ekstremno nizkih zunanjih temperatur.

Podatki o izbrani toplotni črpalki:

- Proizvajalec: **Haier**
- Model: **AW102SNCHA/ HU102WAMNA**
- Hladilno sredstvo: **R32**
- Nazivna toplotna moč v (kW) pri A7W35 / A7W55: **10 / 10**
- Električna moč v (kW) pri A7W35 / A7W55: **2,17 / 3,45**
- COP pri A7W35 / A7W55: **4,60 / 2,90**
- SCOP A7W35 / A7W55: **4,85 / 3,30**
- Energijski razred A7W35 / A7W55: **A+++ / A++**
- Temperaturno območje izhodne vode ogrevanje: **15 – 60 °C**
- Priključek za vodo – dovod / povratek: **R1**
- Plinski priključek – tekočinska stran / plinska stran: **9,52 mm (3/8") / 15,88 mm (5/8")**
- Maksimalna dolžina plinskih cevi: **50 m**
- Maksimalna višinska razdalja med zunanjo in notranjo enoto: **30 m**
- Dimenzije (V/Š/D) v mm/ teža v kg: **965×950×370** (zunanja enota) / **850×480×310** (notranja enota)
- Napajanje – notranja / zunanja enota (~V/Hz): **1/220-240/50** (1-fazno)
- Priporočljiva varovalka za notranjo enoto / presek kabla: **25 A / 4 mm²** (če so aktivni električni grelci)
- Priporočljiva varovalka za zunanjo enoto / presek kabla: **25 A / 4 mm²**
- Raven zvočnega tlaka dB(A) / raven zvočne moči dB(A) – ogrevanje: **53 / 68** (Vrednosti hrupa se merijo v laboratorijskih pogojih. Vrednosti ravni hrupa temeljijo na meritvah EN2102-1 pod pogoji EN14825)
- Teža: **76 kg** (zunanja enota) / **43 kg** (notranja enota)
- Barva ohišja: **bela**
- Cena: **4.895 EUR** (brez popusta in DDV)

Ker so v hiši trenutno vgrajene glavne varovalke 3x20 A (14 kW), bi bilo treba zaradi uporabe toplotne črpalke zamenjati varovalke na velikost 3x25 A (17 kW). V diplomski nalogi ne bomo upoštevali stroškov, ki so povezani z zamenjavo priključne moči.



*Slika 24: Toplotna črpalka Haier AW102SNCHA/ HU102WAMNA
(Vir: Haier, 2025)*

Specifikacije ponujene toplotne črpalke smo razbrali iz kataloga Toplotne črpalke Haier (MB Frigo, 2024).

6.4.2 Izbira primerne hranilnika toplote

Zaradi regulacije ogrevanja v posameznih prostorih in zahtevanih minimalnih pretokov ogrevalne vode je pri toplotnih črpalkah priporočljivo vgraditi hranilnik toplote (nekateri proizvajalci to tudi zahtevajo). Če hranilnik toplote ni vgrajen, je lahko zaradi pripiranja in zapiranja posameznih vodnih vej pretok premajhen in posledično se lahko na TČ pojavi napaka za premajhen pretok. Prav tako se z vgradnjo hranilnika toplote izognemo prepogostim vklopom TČ. V določenih primerih ni potrebna vgradnja hranilnika toplote. To lahko storimo v primeru, če vsebuje sistem talnega ogrevanja minimalno število ogrevalnih zank v obratovanju in s tem zagotavlja minimalni zahtevani pretok ogrevalne vode. S hranilnikom toplote tudi hidravlično ločimo TČ in ogrevalni krog ter dosežemo daljše neprekinjeno delovanje kompresorja vsaj 5–10 min. Prav tako potrebujemo zalogo toplote za čas, ko TČ deluje v režimu odtaljevanja uparjalnika.

Osnovne naloge hranilnika toplote so:

- zagotavljanje minimalnega pretoka ogrevane vode skozi toplotno črpalko,
- premestitev zapornega časa,
- pri rekonstrukciji ogrevalnega sistema ni treba zamenjati obstoječe obtočne črpalke,
- preprečevanje šumenja v cevovodu.

Prostornina hranilnika toplote mora biti dovolj velika, da lahko premestimo zaporni čas. V tem primeru se določi približna prostornina hranilnika po enačbi (23).

$$V_{HT} = Q_g \cdot (60 \text{ do } 80 \text{ l}), (l) \quad (23)$$

V_{HT} = prostornina hranilnika toplote (l)

Q_g = potrebna moč za ogrevanje stavbe (kW)

Če ne upoštevamo zapornega časa, lahko prostornino izračunamo po formuli (24).

$$V_{HT} = Q_g \cdot (20 \text{ do } 25 \text{ l}), (\text{l}) \text{ oziroma minimalno } 10 \text{ l na kW} \quad (24)$$

Hranilnik toplote zmanjša pogosto vključevanje toplotne črpalke in s tem podaljša življenjsko dobo kompresorja. To je predvsem pomembno v sistemih (radiatorski, talno ogrevanje, kolektorji), ko je količina ogrevne vode relativno majhna (Grobovšek B. , 2013).

Odločili smo se za vgradnjo prostostoječega 100 l hranilnika toplote proizvajalca Sunsystem. Specifikacije izbranega hranilnika toplote smo razbrali s spletne strani enega od prodajalcev (Balkan energy, b.l.).

Podatki o izbranem hranilniku toplote:

- Proizvajalec: **Sunsysem**
- Model: **SUN-PSM 100**
- Prostornina: **100 l**
- Višina brez nogic: **915 mm**
- Premer z izolacijo: **fi440 mm**
- Delovni tlak / maksimalna temperatura: **6 bar / 95 °C**
- Teža: **29 kg**
- Priključek A1, A2, mm, Rp 1 ½": 230
- Priključek B1, B2, mm, Rp1 ½": 380
- Priključek F1, F2, mm, Rp1 ½": 535
- Priključek G1, G2, mm, Rp1 ½": 690
- Priključek J, mm, Rp1 ½": 915
- Priključek K, mm, Rp1 ½": Rp1 ½"
- Velikost N, mm: 160
- Velikost M, mm: 760
- Razdalja med luknjami za stensko pritrditev X, mm: 240
- Cena: **410 EUR** (brez popusta in DDV)



*Slika 25: Hranilnik toplote Sunsysem SUN-PSM 100
(Vir: Sunsystem, 2025)*

7 EKONOMSKI PRERAČUN

7.1 Stroški investicije

V poglavju so predstavljeni stroški investicije zamenjave ogrevalnega vira, stroški investicije toplotne izolacije ovoja hiše (fasada), stroški investicije izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem ter stroški obratovanja TČ brez upoštevanja stroškov omrežnin. Stroške omrežnin bomo predstavili v nadaljevanju (Analiza občutljivosti spremembe tarifnega sistema obračunavanja omrežnine).

7.1.1 Stroški investicije zamenjave ogrevalnega vira

V Tabeli 18 so prikazani ocenjeni stroški investicije zamenjave stare kurilne naprave s toplotno črpalko ob upoštevanju subvencije Eko sklad Slovenije v vrednosti 2.500 EUR. Ponudbo za zamenjavo stare kurilne naprave s toplotno črpalko smo pridobili od podjetja, ki ne želi biti imenovano.

Toplotna črpalka – model	Količina	Cena v EUR brez DDV	Popust (%)	Cena s popustom v EUR brez DDV
Zunanja enota Haier AW102SNCHA 10 kW, 1-fazna	1 kpl	2.245,00	25,00	1.683,75
Notranja hidro enota HU102WAMNA	1 kpl	2.650,00	25,00	1.987,50
Magnetni filter Caleffi Dirtmag 1"	1 kpl	150,00	20,00	120,00
Zalogovnik Sunsystem SUN-PSM 100, 100l	1 kpl	410,00	20,00	328,00
Montaža toplotne črpalke – plinski del do 5 m - priklop na predpripravljen el. priključek - povezava med notranjo in zunanjo enoto	1 kpl	700,00	0,00	700,00
Montaža toplotne črpalke - vodni del - vgradnja in povezava zalogovnika z notranjo enoto - povezava zalogovnika na obstoječo inštalacijo centralnega kroga – direktni krog do 3 m - obsega ves potreben material in delo vključno z demontažo starega sistema	1 kpl	750,00	0,00	750,00
Zagon toplotne črpalke in poučitev uporabnika	1 kpl	180,00	0,00	180,00
Skupaj (brez DDV)				7.085,00
Skupaj s popustom (brez DDV)				5.749,25
DDV 9,5 %				546,18
Stroški investicije z DDV				6.295,43
Vrednost subvencije Eko sklad Slovenije (zamenjava stare kurilne naprave s TČ)				-2.500,00
Stroški investicije z vključeno subvencijo				3.795,43

*Tabela 18: Ocena stroškov investicije zamenjave stare kurilne naprave s toplotno črpalko
(Lastni vir)*

Ocenjeni stroški investicije ob vključeni nepovratni subvenciji Eko Sklad Slovenije so 3.795,43 EUR.

7.1.2 Stroški investicije toplotne izolacije ovoja hiše

V Tabeli 19 so prikazani ocenjeni stroški investicije toplotne izolacije ovoja hiše (fasada) ob upoštevanju subvencije Eko sklad Slovenije v vrednosti 9.100,00 EUR. Ponudbo za energetske sanacije fasade smo pridobili od podjetja, ki ne želi biti imenovano.

Opis storitev/artikla	Količina	EM	Cena v EUR brez DDV	Vrednost v EUR brez DDV
Nanos prednamaza – emulzije, lepljenje in sidranje stiroporne EPS izolacijske obloge debeline 20 cm – Caperol Basic line (toplotna prevodnost $\lambda = 0,039\text{W/mK}$) s preklopom, nanos lepilne malte s stekleno mrežico, drugi nanos lepilne malte, impregnacija in nanos silikonskega ometa.	364,02	m ²	56,00	20.385,12
Nanos prednamaza – emulzije, lepljenje in sidranje stiroporne XPS izolacijske obloge debeline 20 cm s preklopom, nanos lepilne malte s stekleno mrežico, drugi nanos lepilne malte, impregnacija in nanos silikonskega ometa.	36,32	m ²	61,50	2.233,68
Obdelava okenskih špalet z xps ploščami debeline 3 cm	103,72	m	8,00	829,76
Dobava ter vgradnja okenskih polic	26,00	kos	63,00	1.638,00
Oblačenje balkona nanos prednamaza – emulzije, lepljenje in sidranje stiroporne XPS izolacijske obloge debeline 5 cm, nanos lepilne malte s stekleno mrežico, drugi nanos lepilne malte, impregnacija in nanos silikonskega ometa.	3,50	m ²	42,20	147,70
Vgradnja odkapnih profilov	18,81	m	19,70	370,56
Vgradnja vogalnikov z mrežico	126,37	m	6,50	821,41
Najem, prevoz ter postavitev gradbenega odra	350,00	m ²	5,50	1.925,00
Zaščita stavbnega pohištva in tal	1,00	kos	250,00	250,00
Skupaj brez DDV				28.601,22
DDV 9,5 %				2.717,11
Stroški investicije z DDV				31.318,33
Vrednost subvencije EKO sklad Slovenije (do 30 % in ne več kot 25 EUR/ m ²)				-9.100,00
Stroški investicije z vključeno subvencijo				22.218,33

*Tabela 19: Ocenjeni stroški investicije energetske sanacije fasade hiše
(Lastni vir)*

Ocenjeni stroški investicije ob vključeni nepovratni subvenciji Eko sklad Slovenije znašajo 22.218,33 EUR.

7.1.3 Stroški investicije toplotne izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem

V Tabeli 20 so prikazani ocenjeni stroški investicije izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem ob upoštevanju subvencije Eko sklad Slovenije v vrednosti 1.984,14 EUR. Ponudbo za izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem smo pridobili od podjetja, ki ne želi biti imenovano.

Opis storitev/artikla	Količina	EM	Cena v EUR brez DDV	Vrednost v EUR brez DDV
Nanos prednamaza – emulzije, lepljenje in sidranje stiroporne EPS izolacijske obloge debeline 15 cm	115,00	m ²	23,00	2.645,00
Nanos lepilne malte s stekleno mrežico, drugi nanos lepilne malte	115,00	m ²	12,00	1.380,00
Premaz z emulzijo, 2-krat izravnalna masa, brušenje ter 2-krat barvane z navadno belo barvo	115,00	m ²	16,00	1.840,00
Zaščita stavbnega pohištva in tal	1,00	kos	175,00	175,00
Skupaj brez DDV				6.040,00
DDV 9,5 %				573,80
Stroški investicije z DDV				6.613,80
Vrednost subvencije Eko sklad Slovenije (do 30 % in ne več kot 25 EUR/ m ²)				-1.984,14
Stroški investicije z vključeno subvencijo				4.629,66

Tabela 20: Ocenjeni stroški investicije izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem
(Lastni vir)

Ocenjeni stroški investicije ob vključeni nepovratni subvenciji Eko sklad Slovenije znašajo 4.629,66 EUR.

7.1.4 Stroški obratovanja toplotne črpalke

V Tabeli 21 so podani projektni pogoji, ki smo jih upoštevali pri izračunu stroškov obratovanja toplotne črpalke.

$\Phi_{HL,zgradba}$ [kW]	$t_{a,max}$ [°C]	$t_{a,proj.}$ [°C]	$t_{hw,proj.}$ [°C]	$t_{hw,temp\ ogr.}$ [°C]
6,36	15	-16	55	40

Tabela 21: Projektni pogoji
(Lastni vir)

$t_{a,max}$ – zunanja temperatura, od katere več ne ogrevamo (°C)

$t_{a,proj.}$ – zunanja projektna temperatura (°C)

$t_{hw,proj.}$ – maksimalna temperatura dovoda tople vode v ogrevalni sistem (°C)

$t_{hw,temp\ ogr.}$ – minimalna temperatura dovoda tople vode v ogrevalni sistem (°C)

t_{hw} – temperatura dovoda tople vode v ogrevalni sistem pri določeni zunanji temperaturi okolice (°C)

$\Phi_{HL,zgradba}$ – Potrebna toplota moč za ogrevanje stanovanja (kW)

$\dot{Q}$ – potrebna toplotna moč za ogrevanje hiše glede na zunanjo temperaturo (kW)

$\dot{Q}_{T\check{C}}$ – razpoložljiva toplotna moč toplotne črpalke (kW)

$P_{T\check{C}}$ – moč kompresorja (kW)

τ_d – število ur delovanja toplotne črpalke v enem dnevu (ur/dan)

W – poraba električne energije (kW)

$P_{ob.\check{c.}}$ (obtočne črpalke) – moč obtočne črpalke (kW)

Tabelo 22 smo naredili s preureditvijo tabele značilnega meteorološkega leta za Logatec, ki smo jo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO). Ker je pridobljena tabela vsebovala 365-dnevni niz urnih povprečnih vrednosti ključnih meteoroloških spremenljivk, smo podatke preuredili na povprečne dnevne temperature v obdobju 365 dni. V nadaljevanju smo za izračune uporabili preurejene podatke za povprečne dnevne temperature.

V Tabeli 22 smo zunanje temperature razdelili na intervale ter nato sešteli število dni, ko je bila zunanja temperatura znotraj določenega intervala. Letno število ogrevalnih dni smo dobili tako, da smo sešteli ogrevalne dni v posameznih intervalih. Izračunali smo, da imamo v našem obravnavanem primeru 262 ogrevalnih dni.

Število dni intervala	interval	temperatura zunanjega zraka (°C)	sredina intervala
0	-12 – -10	-11	-11
2	-10 – -8	-9	-9
2	-8 – -6	-7	-7
11	-6 – -4	-5	-5
17	-4 – -2	-3	-3
25	-2 – 0	-1	-1
19	0 – 2	1	1
15	2 – 4	3	3
37	4 – 6	5	5
18	6 – 8	7	7
29	8 – 10	9	9
29	10 – 12	11	11
39	12 – 14	13	13
19	14 – 16	15	15
262			

Tabela 22: Število ogrevalnih dni in temperaturni intervali
(Lastni vir)

S pomočjo projektnih pogojev iz Tabele 21 in enačbe premice skozi dve točki smo izračunali potrebno toplotno moč za ogrevanje ($\dot{Q}$) pri določeni zunanji temperaturi okolice in temperaturo dovoda tople vode v ogrevalni sistem (t_{hw}) pri določeni zunanji temperaturi okolice. Podatke za toplotno moč TČ ($\dot{Q}_{TČ}$), moč kompresorja ($P_{TČ}$) in koeficient zmogljivosti COP pri določenih zunanjih temperaturah okolice smo dobili s pomočjo interpretacije podatkov, ki smo jih pridobili v tehnični dokumentaciji proizvajalca TČ. Dnevno število ur (τ_d) delovanja TČ v posameznem intervalu smo določili na podlagi razmerja med potrebno ogrevalno močjo in razpoložljivo toplotno močjo TČ v posameznem intervalu.

Porabo električne energije v posameznem intervalu smo določili s produktom vrednosti števila dni v posameznem intervalu in vhodne moči ($P_{TČ} + P_{ob.č.}$) ter številom ur delovanja toplotne črpalke v enem dnevu (τ_d). Skupno porabo električne energije smo dobili s seštevkom porabe električne energije v posameznih intervalih (Tabela 23). Skupna letna poraba električne energije zaradi obratovanja TČ je 4.538,86 kWh.

Interval	Q (kW)	t _{hw} (°C)	Q _{TČ} (kW)	P _{TČ} (kW)	T _d (ur/dan)	W (kWh)	P _{ob.č.} (obtočne črpalke) (kW)
-12 – -10	5,33	52,58	5,96	3,45	24,00	0,00	0,22
-10 – -8	4,92	51,61	6,23	3,42	18,18	132,47	0,22
-8 – -6	4,51	50,65	6,50	3,39	15,30	110,33	0,22
-6 – -4	4,10	49,68	6,79	3,39	12,86	511,14	0,22
-4 – -2	3,69	48,71	7,08	3,39	9,64	591,29	0,22
-2 – 0	3,28	47,74	7,37	3,39	7,77	702,12	0,22
0 – 2	2,87	46,77	7,66	3,39	6,77	464,13	0,22
2 – 4	2,46	45,81	8,26	3,43	7,15	391,35	0,22
4 – 6	2,05	44,84	9,19	3,50	5,36	736,32	0,22
6 – 8	1,64	43,87	10,12	3,55	3,89	264,20	0,22
8 – 10	1,23	42,90	10,14	3,43	2,91	308,03	0,22
10 – 12	0,82	41,94	10,16	3,31	1,94	198,42	0,22
12 – 14	0,41	40,97	10,18	3,20	0,97	129,07	0,22
14 – 16	0,00	40,00	10,20	3,10	0,00	0,00	0,22
						4.538,86	

*Tabela 23: Letna poraba električne energije za ogrevanje stanovanja
(Lastni vir)*

V Tabeli 24 so prikazani letni stroški za preneseno energijo za ogrevanje stanovanja. V tabeli niso zajeti stroški omrežnine za prevzeto energijo ter stroški za dogovorjeno obračunsko moč. Te stroške bomo predstavili v poglavju 6.2.

V izračunu so upoštevane vrednosti za manjšo tarifo (MT) 0,12554 EUR/kWh (z 22 % DDV) ter vrednosti za višjo tarifo (VT) 0,15238 EUR/kWh (z 22% DDV). Cene so določene na podlagi cenika Elektro Energija, ki je objavljen na njihovi spletni strani in veljajo od 1. 3. 2025 do spremembe/preklica. Pri izračunu stroškov za preneseno energijo smo upoštevali razmerje 40 % prenesene energije pri manjši tarifi MT ter 60 % prenesene energije pri visoki tarifi VT. Ocenjen letni strošek obratovanja TČ brez vključenih omrežnin in drugih prispevkov z vključenim DDV je 642,90 EUR.

V Tabeli 24 so prikazane vrednosti za grelna števila COP za posamezne intervale ter letno delovno število. Vrednost za letno delovno število smo dobili z deljenjem vsote razpoložljive toplotne moči ($\dot{Q}_{TČ}$) posameznih intervalov ter vsote moči kompresorja ($P_{TČ}$) posameznih intervalov.

Interval	cena manjša tarifa (EUR) z DDV	cena višja tarifa (EUR) z DDV	skupni stroški ogrevanja (EUR) z DDV	letno delovno število	integralno grelno število
-12 – -10	0,00	0,00	0,00		1,73
-10 – -8	6,65	12,11	18,76		1,82
-8 – -6	5,54	10,09	15,63		1,92
-6 – -4	25,67	46,73	72,40		2,00
-4 – -2	29,69	54,06	83,75		2,09
-2 – 0	35,26	64,19	99,45		2,17
0 – 2	23,31	42,43	65,74		2,26
2 – 4	19,65	35,78	55,43		2,41
4 – 6	36,97	67,32	104,29		2,63
6 – 8	13,27	24,16	37,42		2,85
8 – 10	15,47	28,16	43,63		2,96
10 – 12	9,96	18,14	28,10		3,07
12 – 14	6,48	11,80	18,28		3,18
14 – 16	0,00	0,00	0,00		3,29
	227,92	414,98	642,90	2,45	

*Tabela 24: Letni stroški prenesene energije za ogrevanje stanovanja brez upoštevanja omrežnine za prevzeto energijo in omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč
(Lastni vir)*

Tabela 25 prikazuje število ur delovanja TČ v posameznih intervalih in porabljeno toplotno energijo v posameznih intervalih ter letno število obratovalnih ur TČ in letno porabljeno toplotno energijo.

Št. ur delovanja TČ / interval	Intervalna grelna toplota (kWh)
0,00	0,00
36,36	226,53
30,60	198,90
141,42	960,06
163,95	1.160,41
194,24	1.430,87
128,66	984,96
107,25	886,30
198,20	1.821,83
70,06	709,04
84,49	856,75
56,22	571,17
37,73	384,06
0,00	0,00
1.249,17	10.190,88

*Tabela 25: Skupno število ur ogrevanja in intervalna grelna toplota
(Lastni vir)*

Na podlagi podatkov iz Tabele 25 in Tabele 23 smo izračunali vrednost sezonskega koeficienta učinkovitosti SCOP, katerega vrednost je 2,25. Vrednost SCOP je določena z razmerjem med oddano koristno toploto v enem letu in vso vloženo električno energijo.

7.2 Analiza občutljivosti spremembe tarifnega sistema obračunavanja omrežnine

V tem poglavju je predstavljena ocena letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč za primer obstoječega stanja in za primer uporabe TČ. Predstavljena je tudi ocena letne omrežnine za primera, če se upošteva olajšava za časovni blok 1 (ČB1) v višji (zimski) sezoni.

V nadaljevanju sta prikazani ocena povečanja letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ ter omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ. Prav tako so prikazani ocenjeni skupni letni stroški obratovanja TČ z vključenimi omrežninami. Te ocene so podane tudi za primer, če se upošteva olajšava za ČB1.

Na koncu poglavja sta predstavljeni še primerjava med novim in starim načinom obračunavanja omrežnine ter primerjava skupnih letnih stroškov gospodinjstva v primeru porabe električne energije za gospodinjstvo in obratovanje TČ.

Izračun na primeru (tabela 26):

$$\begin{aligned} \text{MODOMVS} &= \text{ČB1} \cdot \text{ČB1CE} + \text{ČB2} \cdot \text{ČB2CE} + \text{ČB3} \cdot \text{ČB3CE} + \text{ČB4} \cdot \text{ČB4CE} \\ \text{MODOMVS} &= 3,8 \text{ kW} \cdot 3,42250 \text{ EUR/kW} + 5,3 \text{ kW} \cdot 0,91224 \text{ EUR/kW} + 5,3 \text{ kW} \cdot \\ &0,16297 \text{ EUR/kW} + 5,3 \text{ kW} \cdot 0,00407 \text{ EUR/kW} = \mathbf{18,73 \text{ EUR/mesec}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MODOMNS} &= \text{ČB2} \cdot \text{ČB2CE} + \text{ČB3} \cdot \text{ČB3CE} + \text{ČB4} \cdot \text{ČB4CE} + \text{ČB5} \cdot \text{ČB5CE} \\ \text{MODOMNS} &= 5,3 \text{ kW} \cdot 0,91224 \text{ EUR/kW} + 5,3 \text{ kW} \cdot 0,16297 \text{ EUR/kW} + 5,3 \text{ kW} \cdot \\ &0,00407 \text{ EUR/kW} + 5,3 \text{ kW} \cdot 0,00000 \text{ EUR/kW} = \mathbf{5,71 \text{ EUR/mesec}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LODOM} &= \text{VSM} \cdot \text{MODOMVS} + \text{NSM} \cdot \text{MODOMNS} = 4 \text{ mesec} \cdot 18,73 \text{ EUR/mesec} + \\ &8 \text{ mesec} \cdot 5,71 \text{ EUR/mesec} = \mathbf{120,66 \text{ EUR}} \text{ (vrednost z 22\% DDV je } \mathbf{147,21 \text{ EUR})} \end{aligned}$$

Po enakem postopku smo določili vrednosti za mesečne in letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč v tabelah 27, 28 in 29.

Podatki o dogovorjeni obračunski moči po posameznih časovnih blokih so v tabelah 26, 27, 28 in 29.

- ČB1 – dogovorjena obračunska moč časovni blok 1
- ČB2 – dogovorjena obračunska moč časovni blok 2
- ČB3 – dogovorjena obračunska moč časovni blok 3
- ČB4 – dogovorjena obračunska moč časovni blok 4

ČB5 – dogovorjena obračunska moč časovni blok 5

ČB1CE – cena (EUR)/enota (kW) za ČB1 = 3,42250

ČB2CE – cena (EUR)/enota (kW) za ČB2 = 0,91224

ČB3CE – cena (EUR)/enota (kW) za ČB3 = 0,16297

ČB4CE – cena (EUR)/enota (kW) za ČB4 = 0,00407

ČB5CE – cena (EUR)/enota (kW) za ČB5 = 0,00000

VSM – čas višja sezone = 4 mesece

NSM – čas nižje sezone = 8 mesecev

MODOMVS – Mesečna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v višji sezoni (4 mesece)

MODOMNS – Mesečna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v nižji sezoni (8 mesecev)

LODOM – Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč

7.2.1 Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko za obstoječe stanje

V Tabeli 26 so prikazani ocenjeni stroški za letno omrežnino za dogovorjeno obračunsko moč za obstoječe stanje. V izračunu smo upoštevali obračunske moči, ki smo jih razbrali iz računa ponudnika električne energije (Petrol) iz meseca februarja 2025. Vrednosti za posamezne časovne bloke (ČB1, ČB2, ČB3, ČB4, ČB5) so prikazane v Tabeli 26.

VIŠJA SEZONA MESEČNO (NOVEMBER, DECEMBER, JANUAR, FEBRUAR)			
OBSTOJEČE STANJE	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	3,8	3,42250	13,01
Dogovorjena obrač. moč ČB2	5,3	0,91224	4,83
Dogovorjena obrač. moč ČB3	5,3	0,16297	0,86
Dogovorjena obrač. moč ČB4	5,3	0,00407	0,02
Dogovorjena obrač. moč ČB5	5,3	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			18,73
NIŽJA SEZONA MESEČNO (MAREC, APRIL MAJ, JUNIJ, JULIJ, AVGUST, SEPTEMBER, OKTOBER)			
OBSTOJEČE STANJE	Količina (kW)	Cena/enota (EUR)	Cena EUR)
Dogovorjena obrač. moč ČB1	3,8	0,00000	0,00
Dogovorjena obrač. moč ČB2	5,3	0,91224	4,83
Dogovorjena obrač. moč ČB3	5,3	0,16297	0,86
Dogovorjena obrač. moč ČB4	5,3	0,00407	0,02
Dogovorjena obrač. moč ČB5	5,3	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			5,72
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ OBSTOJEČE STANJE brez DDV [EUR]			120,66
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ OBSTOJEČE STANJE z DDV [EUR]			147,21

Tabela 26: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč za obstoječe stanje
(Lastni vir)

7.2.2 Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ

V Tabeli 27 so prikazani ocenjeni stroški za letno omrežnino za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe toplotne črpalke. V izračunu smo upoštevali dogovorjeno obračunsko moč 8,9 kW v vseh časovnih blokih (ČB1, ČB2, ČB3, ČB4, ČB5). Dogovorjeno obračunsko moč 8,9 kW smo ocenili na podlagi maksimalne vhodne moči TČ (5,1 kW).

Pri izbiri dogovorjene obračunske moči moramo upoštevati, da v primeru delovanja TČ in drugih električnih porabnikov ne presežemo dogovorjene obračunske moči. Če se obračunska moč preseže, bo namreč za vsakih novih 15 minut prekoračitve sledila kazen v obliki dodatno zaračunane omrežnine za preseženo moč. Končnim odjemalcem s priključno močjo, manjšo ali enako 43 kW (gospodinjiski in mali poslovni odjemalci) se v obdobju od 1. oktobra 2024 do 30. septembra 2026 presežna moč ne bo obračunavala, če dogovorjene moči, ki so jo predlagali, v tem obdobju ne bodo spreminjali (ELES, b.l.).

VIŠJA SEZONA MESEČNO (NOVEMBER, DECEMBER, JANUAR, FEBRUAR)			
V PRIMERU TČ	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	8,9	3,42250	30,46
Dogovorjena obrač. moč ČB2	8,9	0,91224	8,12
Dogovorjena obrač. moč ČB3	8,9	0,16297	1,45
Dogovorjena obrač. moč ČB4	8,9	0,00407	0,04
Dogovorjena obrač. moč ČB5	8,9	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			40,07
NIŽJA SEZONA MESEČNO (MAREC, APRIL MAJ, JUNIJ, JULIJ, AVGUST, SEPTEMBER, OKTOBER)			
V PRIMERU TČ	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	8,9	0,00000	0,00
Dogovorjena obrač. moč ČB2	8,9	0,91224	8,12
Dogovorjena obrač. moč ČB3	8,9	0,16297	1,45
Dogovorjena obrač. moč ČB4	8,9	0,00407	0,04
Dogovorjena obrač. moč ČB5	8,9	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			9,61
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ V PRIMERU TČ brez DDV [EUR]			237,11
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ V PRIMERU TČ z DDV [EUR]			289,27

Tabela 27: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ (Lastni vir)

7.2.3 Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko za obstoječe stanje – olajšava za ČB1

Na začetku meseca februarja 2025 se je slovenski parlament odzval na visoke stroške električne energije, ki so posledica novega obračunavanja omrežnine. Z novim zakonom so gospodinjstva prejela začasno olajšavo pri plačilu omrežnine za elektriko. V najdražjem časovnem obdobju (časovni blok 1) bodo plačevali ceno za

časovni blok 2, kar se bo poznalo z znižanjem stroškov za omrežnino. V Tabeli 28 in Tabeli 29 so prikazani ocenjeni stroški za omrežnino za primer obstoječega stanja in primer uporabe TČ, če se upošteva olajšava za ČB1.

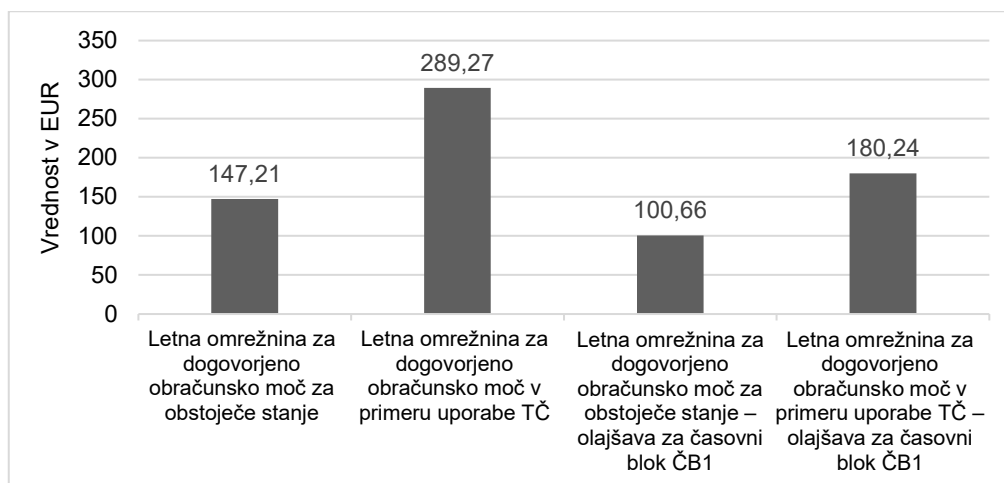
VIŠJA SEZONA MESEČNO (NOVEMBER, DECEMBER, JANUAR, FEBRUAR)			
OBSTOJEČE STANJE	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	3,8	0,91224	3,47
Dogovorjena obrač. moč ČB2	5,3	0,91224	4,83
Dogovorjena obrač. moč ČB3	5,3	0,16297	0,86
Dogovorjena obrač. moč ČB4	5,3	0,00407	0,02
Dogovorjena obrač. moč ČB5	5,3	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			9,19
NIŽJA SEZONA MESEČNO (MAREC, APRIL MAJ, JUNIJ, JULIJ, AVGUST, SEPTEMBER, OKTOBER)			
OBSTOJEČE STANJE	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	3,8	0,00000	0,00
Dogovorjena obrač. moč ČB2	5,3	0,91224	4,83
Dogovorjena obrač. moč ČB3	5,3	0,16297	0,86
Dogovorjena obrač. moč ČB4	5,3	0,00407	0,02
Dogovorjena obrač. moč ČB5	5,3	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			5,72
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ OBSTOJEČE STANJE brez DDV [EUR]			82,51
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ OBSTOJEČE STANJE z DDV [EUR]			100,66

Tabela 28: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč za obstoječe stanje, če se upošteva olajšava za ČB1
(Lastni vir)

VIŠJA SEZONA MESEČNO (NOVEMBER, DECEMBER, JANUAR, FEBRUAR)			
V PRIMERU TČ	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	8,9	0,91224	8,12
Dogovorjena obrač. moč ČB2	8,9	0,91224	8,12
Dogovorjena obrač. moč ČB3	8,9	0,16297	1,45
Dogovorjena obrač. moč ČB4	8,9	0,00407	0,04
Dogovorjena obrač. moč ČB5	8,9	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			17,72
NIŽJA SEZONA MESEČNO (MAREC, APRIL MAJ, JUNIJ, JULIJ, AVGUST, SEPTEMBER, OKTOBER)			
V PRIMERU TČ	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Dogovorjena obrač. moč ČB1	8,9	0,00000	0,00
Dogovorjena obrač. moč ČB2	8,9	0,91224	8,12
Dogovorjena obrač. moč ČB3	8,9	0,16297	1,45
Dogovorjena obrač. moč ČB4	8,9	0,00407	0,04
Dogovorjena obrač. moč ČB5	8,9	0,00000	0,00
SKUPAJ brez DDV			9,61
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ V PRIMERU TČ brez DDV [EUR]			147,74
LETNA OMREŽNINA ZA DOG. OBR. MOČ V PRIMERU TČ z DDV [EUR]			180,24

Tabela 29: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ, če se upošteva olajšava za ČB1
(Lastni vir)

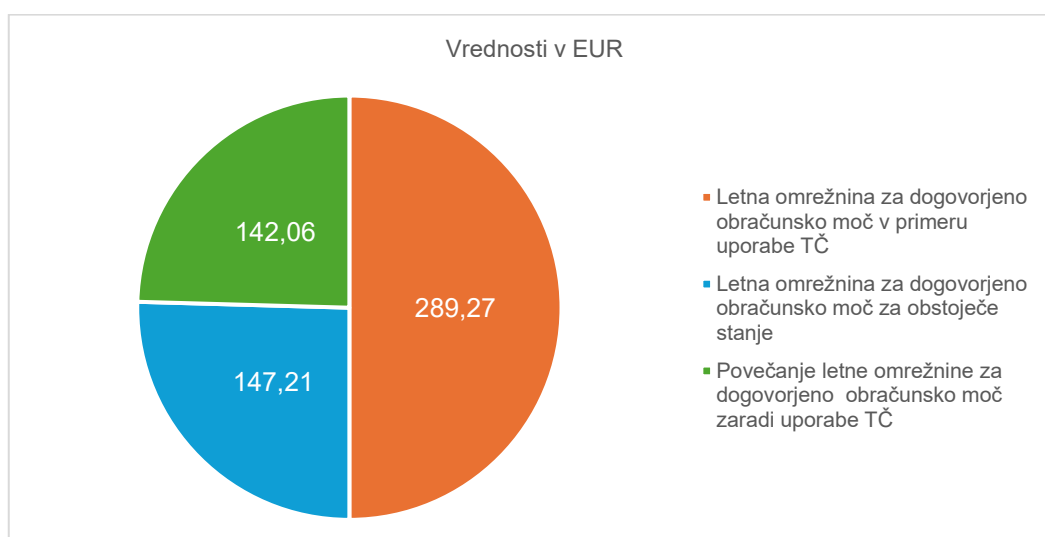
Na Sliki 26 so prikazani letni stroški omrežnin za dogovorjeno obračunsko moč za različne primere.



Slika 26: Letna omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč za različne primere (Lastni vir)

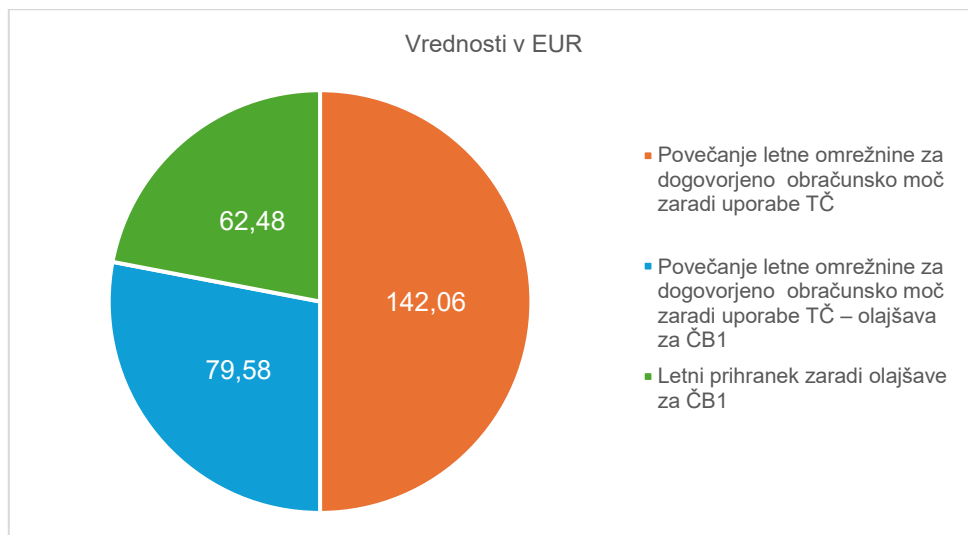
7.2.4 Razlika v letni omrežnini za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ

Povečanje letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ smo določili, da smo od letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč v primeru uporabe TČ odšteli ocenjeno letno omrežnino za dogovorjeno obračunsko moč za obstoječe stanje (Slika 27).



Slika 27: Povečanje letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ (Lastni vir)

Na Sliki 28 je prikazan letni prihranek pri povečanju letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ, če se upošteva olajšava za ČB1.



Slika 28: Letni prihranek pri povečanju letne omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ, če se upošteva olajšava za ČB1
(Lastni vir)

S Slike 27 lahko razberemo, da se nam v primeru uporabe toplotne črpalke povečajo letni stroški za omrežnino za dogovorjeno moč za 142,06 EUR. V primeru olajšave za ČB1 pa se nam stroški povečajo le za 79,58 EUR (Slika 27).

7.2.5 Omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ

Poleg omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč je treba upoštevati tudi omrežnino za prevzeto energijo. Ker merilna naprava v obravnavani hiši ne omogoča 15-minutne meritve za prevzeto energijo, se omrežnina obračuna z merjenjem, ki ga omogoča vgrajena merilna naprava, in sicer dvotarifno (MT, VT). Cene za tarifne postavke smo določili na podlagi računa ponudnika električne energije (Petrol) iz meseca februarja 2025. Pri izračunu stroškov omrežnine za prevzeto energijo smo upoštevali razmerje 40 % omrežnine za prevzeto energijo pri manjši tarifi MT ter 60 % omrežnine za prevzeto energijo pri visoki tarifi VT.

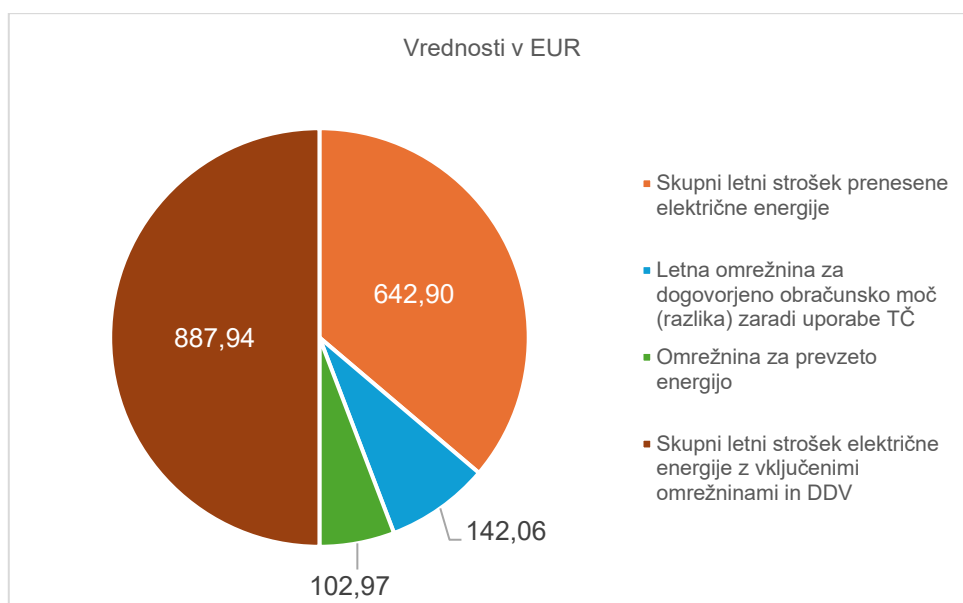
Elementi omrežnine	Količina [kWh]	Cena/enota [EUR/enota]	Cena [EUR] brez DDV
Omrežnina VT	2.723,31	0,01875	51,06
Omrežnina MT	1.815,54	0,01836	33,33
Količina skupaj [kWh]	4.538,86		
Skupaj brez DDV [EUR]			84,40
Skupaj z DDV [EUR]			102,97

Tabela 30: Letna omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ
(Lastni vir)

Izračunana letna omrežnina za prevzeto energijo zaradi delovanja TČ znaša 102,97 EUR.

7.2.6 Skupni letni stroški energije za obratovanje TČ

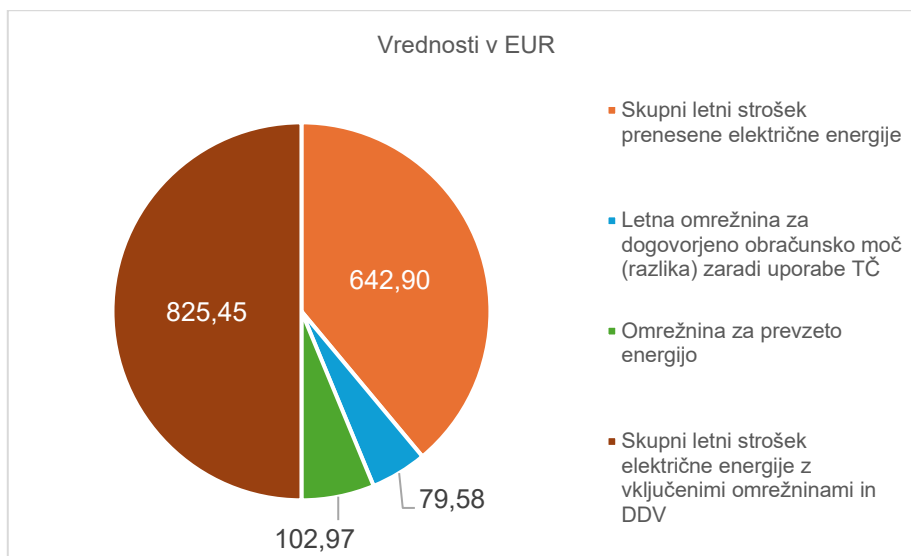
Na Sliki 29 so prikazani skupni letni stroški energije za obratovanje TČ, ki vključujejo razliko v letni omrežnini za dogovorjeno obračunsko moč zaradi uporabe TČ in omrežnino za prevzeto energijo zaradi delovanja TČ. Iz tabele lahko razberemo, da so skupni stroški za preneseno energijo 642,90 EUR ter skupni stroški zaradi omrežnin 245,03 EUR. Na podlagi tega lahko sklepamo, da 28 % celotnih stroškov predstavljajo omrežnine.



Slika 29: Skupni letni strošek električne energije in omrežnin za obratovanje TČ
(Lastni vir)

7.2.7 Skupni letni stroški energije za obratovanje TČ – olajšava za ČB1

Na Sliki 30 so prikazani skupni letni stroški energije za obratovanje TČ, če se upošteva olajšava za ČB1. Iz tabele lahko razberemo, da so skupni stroški omrežnin 182,55 EUR ter da 22 % celotnih stroškov predstavljajo omrežnine.



Slika 30: Skupni letni strošek električne energije in omrežnin za obratovanje TČ v primeru upoštevanja olajšava za ČB1
(Lastni vir)

7.2.8 Primerjava starega in novega sistema obračunavanja omrežnine

Pri primeru starega načina obračunavanja omrežnine smo upoštevali, da smo zaradi uporabe TČ zamenjali glavne varovalke na velikost 3x25 A (priključna moč 17 kW). Upoštevali smo 10 kW obračunsko moč. Na podlagi položnice za električno energijo (Petrol) iz meseca avgusta 2024, ko je bil v veljavi še stari način obračunavanja omrežnine, smo pridobili podatke za ceno za obračunsko moč in ceno omrežnine za prevzeto energijo (VT, MT).

V Tabeli 31 so prikazani letni stroški za obračunsko moč v obravnavanem stanovanju, ki so veljali pred uvedbo novega sistema obračunavanja omrežnine (varovalke 3x20 A, obračunska moč 7 kW).

Mesečni obračun	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Obračunska moč	7,00	0,79600	5,57
Skupaj z DDV [EUR]			6,80
LETNI STROŠKI ZA OBRAČUNSKO MOČ – brez TČ [EUR] Z DDV			81,60

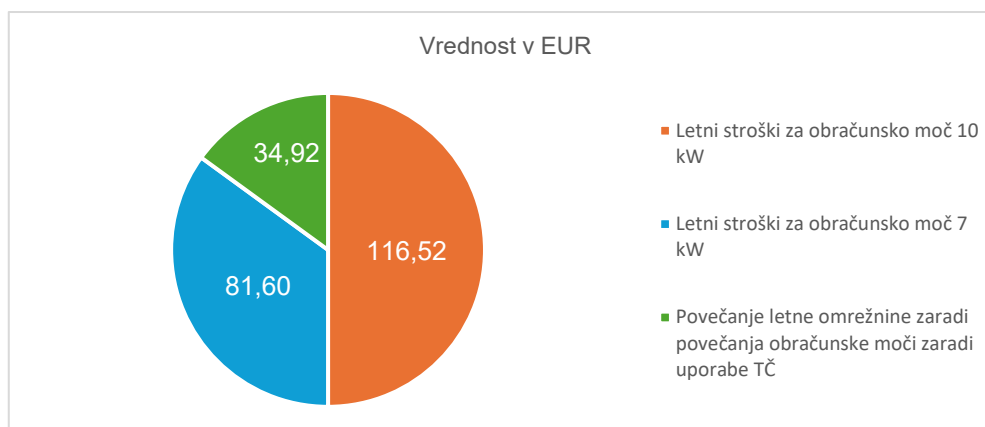
Tabela 31: Letni stroški za omrežnino za obračunsko moč pri upoštevanju obračunski moči 7 kW
(Lastni vir)

V Tabeli 32 so prikazani letni stroški za obračunsko moč v obravnavanem stanovanju za primer, če se zamenjajo varovalke na velikost 3x25 A in se upošteva obračunska moč 10 kW.

Mesečni obračun	Količina [kW]	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Obračunska moč	10,00	0,79600	7,96
Skupaj z DDV [EUR]			9,71
LETNI STROŠKI ZA OBRAČUNSKO MOČ v primeru TČ [EUR] Z DDV			116,52 EUR

*Tabela 32: Letni stroški za omrežnino za obračunsko moč pri upoštevanju obračunske moči 10 kW
(Lastni vir)*

Ker je treba zaradi vgradnje TČ vgraditi močnejše varovalke (3x25 A) ter povečati obračunsko moč (10 kW), nastane na letni ravni podražitev omrežnine za obračunsko moč v znesku 34,92 EUR (Slika 31).



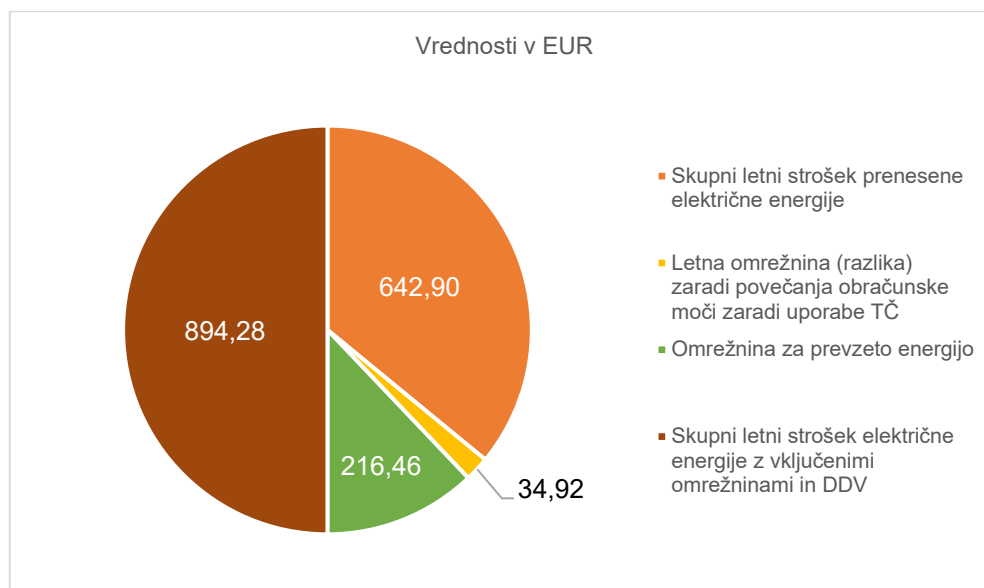
*Slika 31: Povečanje letne omrežnine zaradi povečanja obračunske moči zaradi uporabe TČ
(Lastni vir)*

V Tabeli 33 je prikazana letna ocena stroškov za omrežnino za prevzeto energijo pri starem načinu obračunavanja zaradi obratovanja TČ.

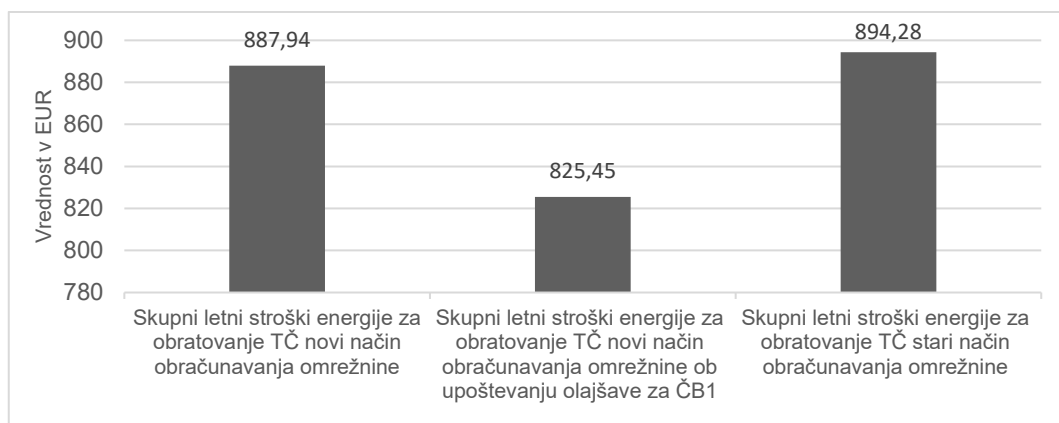
Elementi omrežnine	Količina (kWh)	Cena/enota [EUR]	Cena [EUR]
Omrežnina VT	2723,31	0,04308	117,32
Omrežnina MT	1815,54	0,03311	60,11
Količina skupaj [kWh]	4538,86		
Skupaj brez DDV			177,43
Skupaj z DDV [EUR]			216,46

*Tabela 33: Letna omrežnina za prevzeto energijo za celotno leto obratovanja TČ pri starem načinu obračunavanja
(Lastni vir)*

Na Sliki 32 so prikazani skupni letni stroški za obratovanje TČ ob upoštevanju starega načina obračunavanja omrežnine.



Slika 32: Skupni letni strošek električne energije za obratovanje TČ ob upoštevanju starega načina obračunavanja omrežnine
(Lastni vir)



Slika 33: Skupni letni stroški za obratovanje TČ pri različnih načinih obračunavanja omrežnine
(Lastni vir)

S Slike 33 lahko razberemo, da se skupni stroški obratovanja TČ glede na stari način obračunavanja bistveno ne spremenijo. Skupni stroški omrežnine zaradi obratovanja TČ so celo nekoliko nižji kot pri starem načinu obračunavanja. V primeru, če se upošteva olajšave za ČB1, pa se letni stroški omrežnine zmanjšajo za 68,83 EUR. Te trditve veljajo za primere, ko pri omrežnini za obračunsko moč upoštevamo povečanje letne omrežnine za obračunsko moč zaradi uporabe TČ, torej razliko v obračunski moči v primeru uporabe TČ in obračunski moči pri obstoječem stanju.

7.2.9 Primerjava skupnih letnih stroškov gospodinjstva v primeru porabe električne energije za gospodinjstvo in obratovanja TČ

V tem poglavju je prikazana primerjava skupnih letnih stroškov gospodinjstva v primeru porabe električne energije za gospodinjstvo in obratovanja TČ. Primerjava je prikazana za novi in stari način obračunavanja omrežnine. V primerih smo upoštevali letno količino prenesene električne energije 8.306,86 kWh. Ta prenesena električna energija je enaka seštevku ocenjene letne porabe električne energije za gospodinjstvo (3.768 kWh) ter ocenjene letne porabe zaradi obratovanja TČ (4.538,86 kWh). Letno porabo gospodinjstva smo ocenili na podlagi mesečnih računov za elektriko. V izračunih smo uporabili podatke o cenah električne energije za omrežnin, ki smo jih že predhodno prikazali v diplomski nalogi.

V Tabeli 34 so prikazani skupni letni stroški za preneseno električno energijo brez upoštevanih omrežnin. Skupni letni stroški porabljene električne energije za gospodinjstvo in obratovanje TČ so ocenjeni na 1.176,62 EUR.

Stroški	cena NT [EUR]	cena VT [EUR]	cena skupaj z DDV [EUR]
Letni stroški za preneseno električno energijo	417,14	759,48	1.176,62

*Tabela 34: Letni stroški za preneseno električno energijo 8.306,86 kWh brez upoštevanih omrežnin
(Lastni vir)*

V Tabeli 35 je prikazana letna omrežnina za prevzeto energijo pri novem načinu obračunavanja, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ.

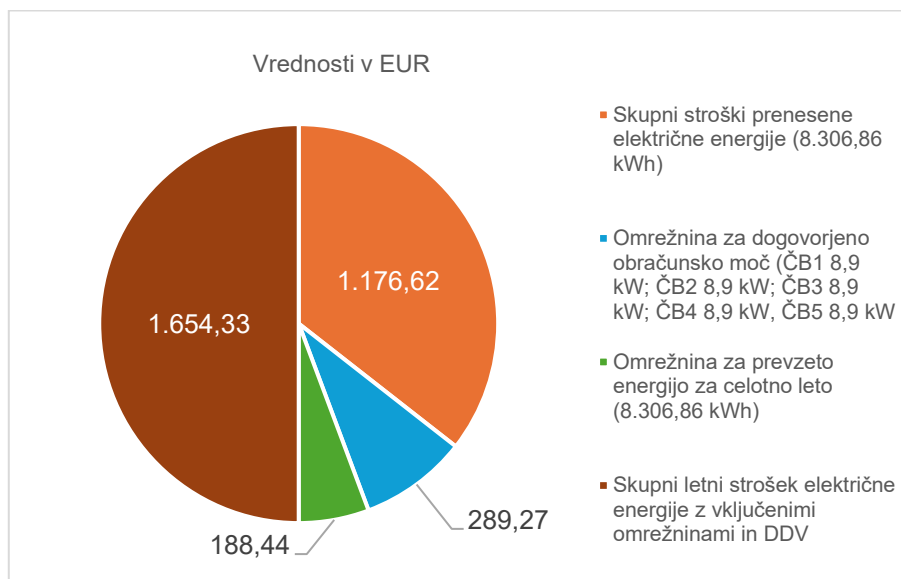
Elementi omrežnine	Količina [kWh]	Cena/enota [EUR/enota]	Cena [EUR] brez DDV
Omrežnina VT	4.984,12	0,01875	93,45
Omrežnina MT	3.322,74	0,01836	61,01
Količina skupaj [kWh]	8.306,86		
Skupaj brez DDV [EUR]			154,46
Skupaj z DDV [EUR]			188,44

*Tabela 35: Letna omrežnina za prevzeto energijo pri novem načinu obračunavanja
(Lastni vir)*

Elementi omrežnine	Količina [kWh]	Cena/enota [EUR/enota]	Cena [EUR] brez DDV
Omrežnina VT	4.984,12	0,04308	214,72
Omrežnina MT	3.322,74	0,03311	110,02
Količina skupaj [kWh]	8.306,86		
Skupaj brez DDV [EUR]			324,73
Skupaj z DDV [EUR]			396,17

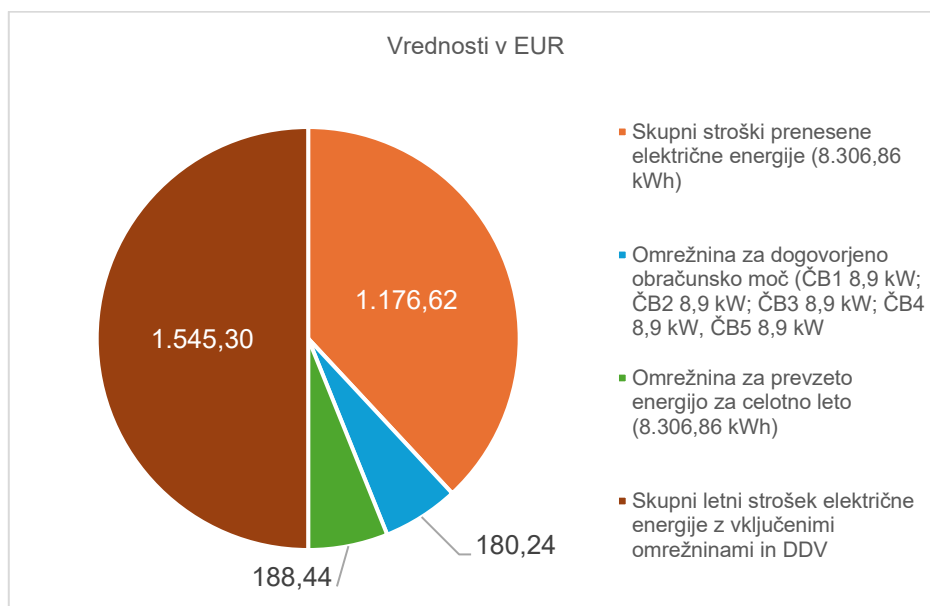
*Tabela 36: Letna omrežnina za prevzeto energijo pri starem načinu obračunavanja
(Lastni vir)*

V Tabeli 36 je prikazana letna omrežnina za prevzeto energijo pri starem načinu obračunavanja, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ.



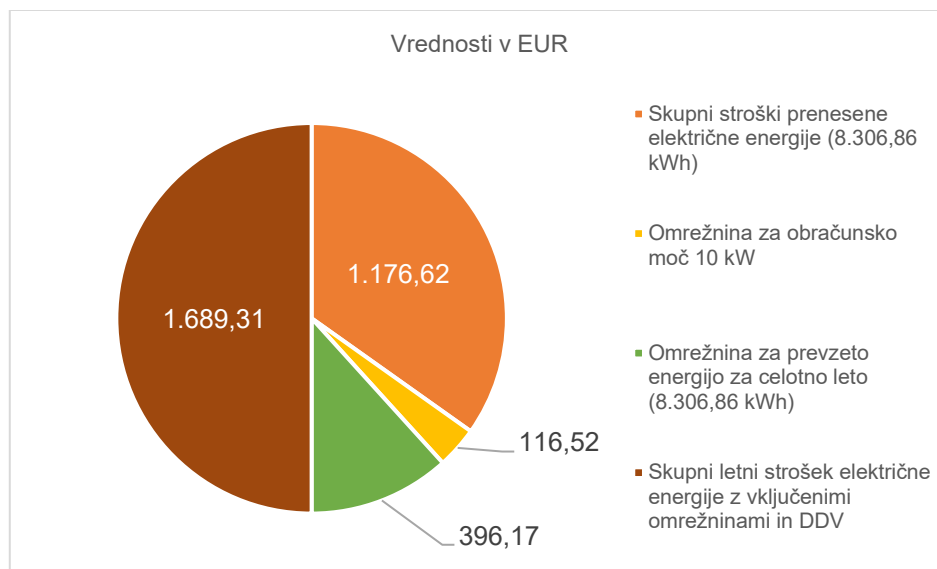
Slika 34: Skupni letni strošek električne energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ – novi način obračunavanja (Lastni vir)

Na Sliki 34 je prikazana razporeditev letnih stroškov prenesene električne energije in omrežnin, ki vključujejo porabo gospodinjstva in obratovanje TČ pri novem načinu obračunavanja.



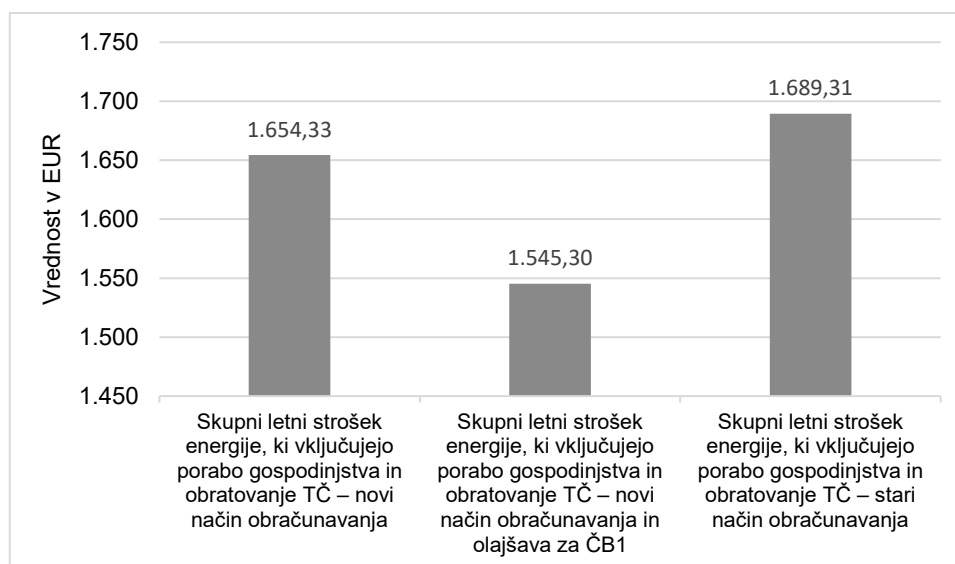
Slika 35: Skupni letni strošek električne energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ – novi način obračunavanja in olajšava za ČB1 (Lastni vir)

Na Sliki 35 je prikazana razporeditev letnih stroškov prenesene električne energije in omrežnin, ki vključujejo porabo gospodinjstva in obratovanje TČ pri novem načinu obračunavanja in upoštevanju olajšave za ČB1.



Slika 36: Skupni letni strošek električne energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ – stari način obračunavanja (Lastni vir)

Na Sliki 36 je prikazana razporeditev letnih stroškov prenesene električne energije in omrežnin, ki vključujejo porabo gospodinjstva in obratovanje TČ pri starem načinu obračunavanja.



Slika 37: Skupni letni stroški energije in omrežnine, ki vključujejo porabo gospodinjstva in obratovanje TČ pri različnih načinih obračunavanja omrežnine (Lastni vir)

Na Sliki 37 so prikazani skupni letni stroški prenesene energije in omrežnine za različne primere, ki vključujejo porabo energije za gospodinjstvo in obratovanje TČ. Kot je razvidno s slike, so najvišji skupni stroški energije in omrežnine pri starem načinu obračunavanja. Stroški pri novem načinu obračunavanja omrežnine so na letni ravni manjši za 34,98 EUR glede na stari način obračunavanja. V primeru, če se upošteva olajšava za ČB1, pa so skupni letni stroški manjši celo za 144,01 EUR glede na stari način obračunavanja. Na podlagi podatkov lahko sklepamo, da se za naš obravnavani primer bistveno ne spremenijo skupni stroški glede na stari način obračunavanja, če ne upoštevamo olajšave za ČB1.

Na podlagi analize lahko sklepamo, da je pri novem načinu obračunavanja omrežnine večji poudarek na omrežnini za obračunsko moč, pri starem načinu obračunavanja pa je bil večji poudarek na omrežnini za prevzeto energijo. Pri novem načinu obračunavanja so stroški za obračunsko moč višji, stroški za preveto energijo pa nižji glede na stari način obračunavanja.

7.3 Stroški vzdrževanja in obratovanja TČ

7.3.1 Stroški vzdrževanja toplotne črpalke

Okvirna cena rednega vzdrževalnega servisa toplotne črpalke je 150 EUR z vključenim DDV. Ker je redni servis priporočljivo opravljati na vsaki 2 leti, bomo v izračunu na letni ravni za vzdrževanje toplotne črpalke upoštevali znesek 75 EUR. V stroških niso vključeni morebitni stroški popravil in rezervnih delov v času izven garancijske dobe.

7.3.2 Celotni letni stroški obratovanja toplotne črpalke

V Tabeli 37 so prikazani celotni letni stroški obratovanja TČ.

Stroški	Cena (EUR) z DDV
Stroški obratovanja TČ z DDV	887,94
Stroški vzdrževanja z DDV	75,00
Celotni letni stroški obratovanja TČ z DDV	962,94

*Tabela 37: Celotni letni stroški obratovanja TČ
(Lastni vir)*

V Tabeli 38 so prikazani celotni letni stroški obratovanja TČ ob upoštevanju olajšave za ČB1.

Stroški	Cena (EUR) z DDV
Stroški obratovanja TČ z DDV	825,45
Stroški vzdrževanja z DDV	75,00
Celotni letni stroški obratovanja TČ ob upoštevanju olajšave za ČB1 z DDV	900,45

Tabela 38: Celotni letni stroški obratovanja TČ, če se upošteva olajšava za ČB1
(Lastni vir)

7.4 Vračilna doba investicije

V tem poglavju je prikazana vračilna doba investicije zamenjave ogrevalnega vira (TČ) za primer, ko ne upoštevamo stroškov energetske sanacije hiše. Prav tako je prikazana vračilna doba investicije za primer, ko upoštevamo stroške izvedbe fasade in izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem. Na podlagi pridobljenih rezultatov se lahko oceni smiselnosti investicije v energetska sanacijo hiše.

V izračunih ni upoštevana metoda sedanje vrednosti projekta (SV). Zaradi tega moramo vzeti v zakup, da se zaradi določene diskontne stopnje zmanjša prihodnji denar, ko ga prenesemo v sedanost. Posledično se zaradi tega podaljša realna vračilna doba investicije.

Vhodni podatki investicije	EUR
Skupni letni strošek energije za obratovanje TČ z vključenimi omrežninami [EUR]	887,94
Letni stroški vzdrževanja TČ [EUR]	75,00
Ocenjen letni strošek ogrevanja za obstoječe stanje (peleti) [EUR]	1.800,00
Letni prihranek pri ogrevanju [EUR]	912,06
Letni prihranek pri ogrevanju ob upoštevanju letnih stroškov vzdrževanja TČ [EUR]	837,06
Življenjska doba TČ [let]	18
Znesek investicije v ogrevalni sistem s TČ [EUR]	3.795,43
Življenjska doba fasadnega in izolacijskega sistema [let]	30
Znesek investicije v energetska sanacijo fasade ter tal nad neogrevanim stanovanjem z upoštevanjem nepovratne subvencije EKO Sklad [EUR]	26.847,99
Znesek investicije v energetska sanacijo fasade ter tal nad neogrevanim stanovanjem ob predpostavki, da skupne stroške energetske sanacije razdelimo na 3 stanovanja [EUR]	8.949,33
Znesek investicije v ogrevalni sistem s TČ in energetska sanacijo fasade ter izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem [EUR]	30.643,42
Znesek investicije v ogrevalni sistem s TČ in energetska sanacijo fasade ter izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem za primer, če skupne stroške energetske sanacije razdelimo na 3 stanovanja [EUR]	12.744,76

Tabela 39: Vstopni podatki za izračun vračilne dobe investicije
(Lastni vir)

7.4.1 Vračilna doba investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ – stroški energetske sanacije hiše niso upoštevani

Čas odplačilne dobe (t) določimo s pomočjo formule (25). To je čas, v katerem se povrejo naložbe (Bizjak, 2008).

$$t = \frac{N}{d} \quad (25)$$

t – odplačilna doba v letih

N – znesek naložbe

d – letna vrednost dobička od naložb

S_d – skupni donosi

S_o – skupni odhodki

Izračun na primeru (Tabela 40):

$$t = \frac{N}{d} = \frac{N}{S_d - S_o} = \frac{3.795,43 \text{ EUR}}{912,06 \text{ EUR} - 75,00 \text{ EUR}} = \frac{3.795,43 \text{ EUR}}{837,06 \text{ EUR}} = 4,53 \text{ let}$$

Po enakem postopku smo določili vrednosti za vračilno dobo v Tabeli 41 in Tabeli 42.

Iz Tabele 40 lahko razberemo, da je vračilna doba zamenjave ogrevalnega vira s TČ zaradi prihrankov, ki jih imamo pri ogrevanju, okvirno 4,5 leta.

Znesek investicije v ogrevalni sistem s TČ [EUR]	3.795,43
Odplačilna doba v letih [let]	4,53

*Tabela 40: Vračilna doba investicije, ko ne upoštevamo stroškov energetske sanacije hiše
(Lastni vir)*

7.4.2 Vračilna doba investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ – upoštevani stroški energetske sanacije hiše

V Tabeli 41 je prikazana ocena vračilne dobe investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ in energetske sanacije hiše za primer, če se skupni stroški energetske sanacije razdelijo na tri stanovanja (celo hišo). Trenutno je v hiši v uporabi le eno stanovanje, dve stanovanji pa sta prazni. Ker je v prihodnje predvidena obnova praznih stanovanj, je smiselno stroške energetske sanacije porazdeliti na 3 stanovanja (dele).

Znesek investicije v ogrevalni sistem s TČ in energetsko sanacijo fasade ter izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem v primeru, če skupne stroške energetske sanacije razdelimo na 3 stanovanja [EUR]	12.744,76
Odplačilna doba v letih [let]	15,23

Tabela 41: Vračilna doba investicije v primeru energetske sanacije fasade ter izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem za primer, če se stroški energetske sanacije razdelijo na tri stanovanja
(Lastni vir)

Iz Tabele 41 lahko razberemo, da je vračilna doba investicije zamenjave ogrevalnega vira ter energetske sanacije zaradi prihrankov, ki jih imamo pri ogrevanju, okvirno 15 let. Investicija se nam povrne v življenjski dobi TČ.

V Tabeli 42 je prikazana ocena vračilne dobe investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ in energetske sanacije hiše za primer, če se stroški ne razdelijo.

Znesek investicije v ogrevalni sistem s TČ in energetsko sanacijo fasade ter izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem [EUR]	30.643,42
Odplačilna doba v letih [let]	36,61

Tabela 42: Vračilna doba investicije ob upoštevanju energetske sanacije fasade ter izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem za primer, če se stroški ne razdelijo
(Lastni vir)

Iz Tabele 42 lahko sklepamo, da je investicija v energetsko sanacijo fasade zaradi velikosti hiše nesmiselna, ko je v uporabi samo eno stanovanje. Če se stroški razdelijo na tri oziroma dve stanovanji, pa je že smiselno razmisliti o investiciji fasade.

7.5 Primerjalna analiza energetskih in ekonomskih učinkov energetske sanacije stanovanja

Predmet primerjave	Vrednosti pri različnih pogojih				Primerjava z obstoječim stanjem		
	Obstoječe stanje	Izolirani ovoj hiše in tla nad neogrevanim stanovanjem	Izoliran samo ovoj hiše	Izolirana tla nad neogrevanim stanovanjem	Δ Izolirani ovoj hiše in tla nad neogrevanim stanovanjem	Δ Izoliran samo ovoj hiše	Δ Izolirana tla nad neogrevanim stanovanjem
Skupne toplotne izgube stanovanja (W)	23.076,30	6.355,00	17.930,60	11.500,70	-16.721,30	-5.145,70	-11.575,60
Skupna toplotna moč za ogrevanje stanovanja (W)	23.076,30	6.355,00	17.930,60	11.500,70	-16.721,30	-5.145,70	-11.575,60
Stroški investicije energetske sanacije (EUR)	0	26.847,99	22.218,33	4.629,66	26.847,99	22.218,33	4.629,66
Ocenjeni letni stroški ogrevanja (EUR)	1.800,00	887,94	/	/	-912,06	/	/
Predmet primerjave	Vrednosti pri različnih pogojih				Primerjava s pogojem zamenjava ogrevalnega vira s TČ – stroški energetske sanacije hiše niso upoštevani		
	Zamenjava ogrevalnega vira s TČ – stroški energetske sanacije hiše niso upoštevani	Zamenjava ogrevalnega vira s TČ – upoštevani stroški energetske sanacije hiše (razdeljeni na 3 dele)	Zamenjava ogrevalnega vira s TČ – upoštevani stroški energetske sanacije hiše	/	Δ Zamenjava ogrevalnega vira s TČ – upoštevani stroški energetske sanacije hiše (razdeljeni na 3 dele)	Δ Zamenjava ogrevalnega vira s TČ – upoštevani stroški energetske sanacije hiše	/
Stroški investicije (EUR)	3.795,43	12.744,76	30.643,42	/	8.949,33	26.847,99	/
Vračilna doba investicije (let)	4,53	15,23	36,61	/	10,70	32,08	/
Predmet primerjave	Vrednosti pri različnih pogojih				Primerjava z obstoječim stanjem		
	Obstoječe stanje	V primeru uporabe TČ	Obstoječe stanje – olajšava za ČB1	V primeru uporabe TČ – olajšava za ČB1	Δ V primeru uporabe TČ	Δ Obstoječe stanje – olajšava za ČB1	Δ V primeru uporabe TČ – olajšava za ČB1
Letni stroški omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč – novi način obračunavanja (EUR)	147,21	289,27	100,66	180,24	142,06	-46,55	33,03
Letni stroški omrežnine za obračunsko moč – stari način obračunavanja (EUR)	81,60	116,52	/	/	34,92	/	/

Predmet primerjave	Vrednosti pri različnih pogojih				Primerjava s pogojem za celotno leto obratovanja TČ – novi način delovanja		
	Za celotno leto obratovanja TČ – novi način obračunavanja	Za celotno leto obratovanja TČ – stari način obračunavanja	Za celotno leto obratovanja TČ vključno s porabo gospodinjstva – novi način obračunavanja	Za celotno leto obratovanja TČ vključno s porabo gospodinjstva – stari način obračunavanja	Δ Za celotno leto obratovanja TČ – stari način obračunavanja	Δ Za celotno leto obratovanja TČ vključno s porabo gospodinjstva – novi način obračunavanja	Δ Za celotno leto obratovanja TČ vključno s porabo gospodinjstva – stari način obračunavanja
Letna omrežnina za prevzeto energijo (EUR)	102,97	216,46	188,44	396,17	113,49	85,47	293,20
Predmet primerjave	Vrednosti pri različnih pogojih				Primerjava z novim načinom obračunavanja		
	Novi način obračunavanja	Novi način obračunavanja – olajšava za ČB1	Stari način obračunavanja	/	Δ Novi način obračunavanja – olajšava za ČB1	Δ Stari način obračunavanja	/
Skupni letni strošek energije in omrežnine, ki vključuje porabo gospodinjstva in obratovanje TČ (EUR)	1.654,33	1.545,30	1.689,31	/	-109,03	34,98	/

Tabela 43: Primerjava energetskih in ekonomskih kazalnikov v različnih pogojih
(Lastni vir)

Iz Tabele 43 lahko razberemo, da se ob izvedbi izolacije fasade in tal nad neogrevanim stanovanjem zmanjšajo toplotne izgube stanovanja za 16.721,30 W glede na obstoječe stanje. Stroški omenjene investicije so ocenjeni na 26.847,99 EUR. Le za 5.145,70 W se zmanjšajo toplotne izgube v primeru dokaj visoke investicije v izolacijo fasade (22.218,33 EUR). Občutne prihranke pri toplotnih izgubah (11.575,60 W) lahko dosežemo z dokaj nizko investicijo v izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem. Stroški investicije v izolacijo tal so ocenjeni na 4.629,66 EUR. Ker se pri izračunih upošteva, da se stanovanje ogreva neprekinjeno, je skupna toplotna moč za ogrevanje stanovanja enaka skupnim toplotnim izgubam stanovanja.

Iz Tabele 43 je razvidno, da se ob izvedbi izolacije fasade ter izolacije tal na neogrevanim stanovanjem in zamenjavi ogrevalnega vira s TČ zmanjšajo letni stroški za ogrevanje v znesku 912,06 EUR.

Iz Tabele 43 lahko razberemo, da so stroški investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ, če se ne upoštevajo stroški energetske sanacije hiše ocenjeni na 3.795,43 EUR. Ta investicija se nam zaradi prihrankov pri ogrevanju povrne v roku 4,53 let. Če upoštevamo tudi stroške energetske sanacije in razdelimo te stroške na 3 dele, se nam stroški investicije povišajo za 8.949,33 EUR, vračilna doba pa podaljša za 10,70 let. Če stroškov energetske sanacije ne razdelimo, se nam stroški investicije povišajo za 26.847,99 EUR ter vračilna doba podaljša za 32,08 let.

V Tabeli 43 so prikazani letni stroški omrežnine za dogovorjeno obračunsko moč ob novem načinu obračunavanja. Pri obstoječem stanju so stroški za dogovorjeno obračunsko moč ocenjeni na 147,21 EUR. V primeru uporabe TČ se nam ti stroški povečajo za 142,06 EUR. V primeru upoštevanja olajšave za ČB1 se nam pri obstoječem stanju omrežnina za dogovorjeno obračunsko moč zmanjša za 46,55 EUR. V primeru uporabe TČ pri upoštevanju olajšavi za ČB1 se nam zvišajo stroški za dogovorjeno obračunsko moč za 33,03 EUR glede na obstoječe stanje. Pri starem načinu obračunavanja omrežnine za obračunsko moč bi bil letni strošek pri obstoječem stanju 81,60 EUR. V primeru uporabe TČ pa bi se strošek za obračunsko moč zvišal za 34,92 EUR glede na obstoječe stanje.

Iz Tabele 43 lahko razberemo, da je letni strošek za omrežnino za prevzeto energijo za obratovanje TČ pri novem načinu obračunavanja 102,97 EUR. Pri starem načinu obračunavanja bi bil ta strošek višji za 113,49 EUR. Če upoštevamo stroške za prevzeto energijo zaradi obratovanja TČ vključno s porabo gospodinjstva, se stroški za prevzeto energijo zvišajo za 85,47 EUR zaradi porabe gospodinjstva. Pri starem načinu obračunavanja se v primeru obratovanja TČ vključno s porabo gospodinjstva zviša letna omrežnina za prevzeto energijo za 293,20 glede na omrežnino za prevzeto energijo pri obratovanju TČ pri novem načinu obračunavanja.

V Tabeli 43 so prikazani letni stroški energije in omrežnine, ki vključujejo porabo gospodinjstva in obratovanje TČ. Pri novem načinu obračunavanja so ti stroški ocenjeni na 1.654,33 EUR. Če se upošteva olajšava za ČB1, se stroški zmanjšajo za 109,03 EUR. Pri starem načinu obračunavanja omrežnine pa bi bili ti stroški višji za 34,98 EUR.

8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo dokazali, da se v primeru energetske sanacije hiše lahko dosežejo občutni prihranki pri ogrevanju. Pri obstoječem stanju so izračunane toplotne izgube obravnavanega stanovanja 23,08 kW. V primeru energetske sanacije fasade in tal nad neogrevanim stanovanjem se toplotne izgube znižajo do 73 %. Dokazali smo, da največje prihranke (do 53 %) zaradi toplotnih izgub dobimo v primeru toplotne izolacije tal nad neogrevanim stanovanjem. Z energetske sanacije fasade prihranimo do 22 %. Zaradi manjših toplotnih izgub se posledično lahko izbere toplotno črpalko manjše moči.

Na podlagi izračunov smo ocenili letne stroške prevzete električne energije z vključenimi omrežninami. Dokazali smo, da se v primeru investicije zamenjave ogrevalnega vira s TČ in investicije v energetske sanacije hiše stroški ogrevanja zmanjšajo za nekoliko več kot polovico.

Pri analizi občutljivosti spremembe tarifnega sistema obračunavanja omrežnine smo sklenili, da je pri novem načinu obračunavanja omrežnine večji poudarek na omrežnini za obračunsko moč. Pri starem načinu obračunavanja je bil večji poudarek na omrežnini za prevzeto energijo. Zaradi novega načina obračunavanja omrežnine se zmanjšajo skupni letni stroški gospodinjstva za elektriko v znesku 34,98 EUR glede na stari način obračunavanja. V primeru, da upoštevamo olajšavo za ČB1, pa se stroški zmanjšajo celo za 144,01 EUR. Te trditve veljajo, ko upoštevamo letno porabo energije za gospodinjstvo in za obratovanje TČ.

Pri izbiri dogovorjene obračunske moči moramo upoštevati, da v primeru delovanja TČ in drugih električnih porabnikov ne presežemo dogovorjene obračunske moči. Če bo obračunska moč presežena, bo namreč za vsakih novih 15 minut prekoračitve sledila kazen v obliki dodatno zaračunane omrežnine za preseženo moč.

Na podlagi rezultatov je smiselna investicija v energetske sanacije fasade hiše v primeru, če se stroški investicije energetske sanacije hiše razdelijo na tri stanovanja. V tem primeru je ocenjeno, da se povrne investicija zamenjave ogrevalnega vira s TČ in investicija v energetske sanacije hiše v 15,23 letih. Investicija se povrne v življenjski dobi TČ, ki je ocenjena na 18 let. Tudi v tem primeru smo potrdili predpostavko, da se nam investicija v energetske sanacije hiše okvirno povrne v roku 15 let.

V kolikor se zaradi omejenih finančnih sredstev ne izvede energetske sanacije fasade, se vsekakor izplača manjša investicija v izolacijo tal nad neogrevanim stanovanjem. Predvidevamo, da bi s tem posegom občutno zmanjšali letne stroške ogrevanja tudi z obstoječim virom ogrevanja (peč na pelete).

Zaradi radiatorskega sistema ogrevanja ter maksimalne projektne temperature ogrevalne vode 55 °C ima izbrana toplotna črpalka nekoliko manjšo izračunano vrednost sezonskega koeficienta učinkovitosti SCOP (2,25). V primeru vgradnje novejših in bolj učinkovitih različic TČ bi se letni stroški za energijo še nekoliko znižali. Predvidevamo, da bi se v primeru vgradnje TČ z novim hladilnim sredstvom R290 zaradi boljše učinkovitosti stroški električne energije zmanjšali za 10 do 15 %. Ker te trditve ne bomo dokazali v diplomski nalogi, bi bila to lahko ideja za nadaljnje študije.

9 LITERATURA IN VIRI

Johnson, E. (2011). *Air-source heat pump carbon footprints: HFC impacts and comparison to other heat sources*. Pridobljeno 4. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421510008906>

Agencija Republike Slovenije za okolje. (2017). *Priprava značilnega meteorološkega leta*. Pridobljeno 20. 3. 2025 z naslova <https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/PURES/znacilno-meteorolosko-leto/znacilno-meteorolosko-leto-opis.pdf>

Asaee, S., Ugursal, V., & Beausoleil-Morrison, I. (2017). *Techno-economic feasibility evaluation of air to water heat pump retrofit in the Canadian housing stock*. Pridobljeno 2. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431116318130>

Balkan energy. (b.l.). *Akumulacijski rezervoar Sunsystem, Model PSM 100, Kapaciteta 100L posoda*. Pridobljeno 25. 3. 2025 z naslova <https://balkanenergy.si/product/akumulacijski-rezervoar-sunsystem-model-psm-100-kapaciteta-100l-posoda>

Bizjak, F. (2008). *Osnove ekonomske podjetja za inženirje*. Nova Gorica: Založba Univerze.

Chesser, M., Lyons, P., O'Reilly, P., & Carroll, P. (2021). *Air source heat pump in-situ performance*. Pridobljeno 3. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821006496>

Christodoulides, P., Aresti, L., & Florides, G. (2019). *Air-conditioning of a typical house in moderate climates with Ground Source Heat Pumps and cost comparison with Air Source Heat Pumps*. Pridobljeno 02. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431119305770>

Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad. (2025). *Ekosklad*. Pridobljeno 23. 2. 2025 z naslova <https://www.ekosklad.si/>

Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad. (2025). *Sprememba Javnega poziva 114SUB-OB24 Nepovratne finančne spodbude občanom za nove naložbe v večjo energijsko učinkovitost in rabo obnovljivih virov energije v stavbah*. Pridobljeno 23. 2. 2025 z naslova <https://www.ekosklad.si/uploads/13b70ac8-543c-4ca5-adab-778754dd95f1/sprememba-JP-114SUB-OB24.pdf>

ELES. (b.l.). *Nov obračun omrežnine*. Pridobljeno 29. 4. 2025 z naslova <https://sodo.si/sl/nov-obracun-omreznine>

Gram-Hanssen, K., Christensen, T., & Petersen, P. (2012). *Air-to-air heat pumps in real-life use: Are potential savings achieved or are they transformed into increased comfort?*. Pridobljeno 3. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778812003118>

Grobovšek, B., Labudović, B., & Zaviršek, J. (2009). *Praktična uporaba toplotnih črpalk*. Ljubljana: Energetika marketing.

Grobovšek, B. (2013). *Dimenzioniranje hranilnika toplote pri vgradnji toplotne črpalke*. Pridobljeno 25. 3. 2025 z naslova <https://www.pasivnagradnja.com/wp-content/uploads/2013/05/toplotna-crpalka-dimenzioniranje-hranilnika-toplote-ARHEM-doo.pdf>

Haier Commercial Air Condition. (2022). *Haier ATW Split Service Manual Edition: 2022.A*. Pridobljeno 24. 3. 2025 z naslova https://www.rla-klima.at/files/RLA/Haier/Service_Manual_Haier_Split_Warmepumpe.pdf

Heap, R. D. (1979). *Heat Pumps*. London: E. & F. N. Spon.

Incropera, F., & DeWitt, D. (2002). *Fundamentals of heat and mass transfer*. New York: John Wiley & Sons.

Inštitut za obnovljive vire energije in učinkovito rabo eksergije INOVEKS. (b.l.). *Kako deluje toplotna črpalka?*. Pridobljeno 9. 2. 2025 z naslova https://www.inoveks.si/images/inOVEinURE/strokovniprizevki/05_Kako_deluje_toplotna_crpalka.pdf

Klevže, I. (2013). *Ogrevanje*. Maribor: Društvo instalaterjev energetikov.

MB Frigo. (2024). *Toplotne črpalke Haier*. Pridobljeno 25. 3. 2025 z naslova https://haier-klima.si/wp-content/uploads/2024/05/Haier-toplotne-crpalka_05_2024_SLO.pdf

O'Hegarty, R., Kinnane, O., Lennon, D., & Colclough, S. (2022). *Air-to-water heat pumps: Review and analysis of the performance gap between in-use and product rated performance*. Pridobljeno 4. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121011540>

Pražnik, M., & Krapež, P. (b.l.). *Toplotne črpalke v zgradbah*. Pridobljeno 17. 2. 2025 z naslova <https://ekosklad.si/prebivalstvo/informacije/strokovni-prispevek/toplotne-crpalke>

Recknagel, H., Sprenger, E., & Schramek, E. R. (2004). *Grejanje i klimatizacija uključujući toplu vodu i tehniku hlađenja*. Vrnjačka Banja: Interklima.

Satcitananda. (b.l.). *Kaj je toplotna črpalka?*. Pridobljeno 9. 2. 2025 z naslova <https://www.satcitananda.si/toplotna-crpalka.html>

Varčujem z energijo. (b.l.). *Toplotne črpalke zrak – voda, kako merimo učinkovitost v 2025?*. Pridobljeno 16. 2. 2025 z naslova <https://www.varcevanje-energije.si/toplotne-crpalke/toplotne-crpalke-zrak-voda/>

Wang, Z., Li, G., Wang, F., Li, K., & Lou, Y. (2020). *Techno-economic evaluation of a frost-free air source heat pump water heater*. Pridobljeno 3. 6. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720300895>

Wilson, E., Munankarmi, P., Brennan D, L., Reyna, J., & Rothgeb, S. (2024). *Heat pumps for all? Distributions of the costs and benefits of residential air-source heat pumps in the United States*. Pridobljeno 2. 6. 2025 z naslova [https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351\(24\)00049-7](https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(24)00049-7)

Zvingilaite, E., & Klinge Jacobsen, H. (2015). *Heat savings and heat generation technologies: Modelling of residential investment behaviour with local health costs*. Pridobljeno 03. 06. 2025 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421514006594>

PRILOGA

Priloga 1: Prirejena preglednica: značilno meteorološko leto za Logatec – letne dnevne povprečne vrednosti temperature (°C)

Priloga 1: Prirejena preglednica: značilno meteorološko leto za Logatec – letne dnevne povprečne vrednosti temperature (°C)

Vir ARSO

	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december
1	-0,8	-0,9	-2,3	7,4	11,3	14,0	21,1	22,0	18,7	7,3	9,6	2,4
2	-1,9	-1,5	-1,2	4,7	11,0	15,1	21,8	21,0	19,5	8,7	12,0	5,4
3	-3,9	-1,2	-2,7	6,4	11,7	17,1	22,4	21,3	17,5	10,7	13,1	7,4
4	-8,1	-5,9	-0,8	4,3	9,3	17,8	19,9	21,8	16,1	13,2	8,0	5,7
5	-6,4	-4,8	0,7	4,3	12,1	13,2	20,5	21,8	14,2	12,5	7,9	5,1
6	-1,2	-8,3	-1,0	3,1	12,6	13,4	18,7	20,3	15,6	12,2	7,9	4,2
7	4,1	-7,3	0,6	5,9	14,5	10,0	17,1	20,5	16,1	11,3	9,2	2,9
8	5,7	-2,0	-2,2	7,2	16,9	10,9	18,1	18,1	18,0	10,6	12,5	-0,3
9	7,5	0,6	0,7	7,3	15,3	10,6	20,3	17,5	17,4	10,4	12,7	-0,4
10	6,4	-0,9	3,4	9,7	16,8	13,0	21,9	17,8	17,6	9,4	5,7	-2,1
11	4,8	-1,3	5,6	11,8	16,9	12,9	22,7	19,0	17,7	9,1	8,2	-1,7
12	4,0	-3,7	5,8	12,8	16,0	13,6	23,9	20,0	16,8	7,8	6,2	-2,4
13	4,4	-4,2	6,1	13,7	17,4	15,8	24,3	21,2	14,7	8,0	6,3	-4,0
14	5,1	-2,7	8,2	12,3	19,2	15,7	25,5	20,7	15,3	8,4	5,0	-4,3
15	5,4	-1,4	8,7	13,6	14,5	16,8	26,5	20,8	16,3	7,4	3,9	-4,7
16	4,2	2,9	7,5	15,5	9,1	17,2	24,8	15,4	16,4	8,3	5,9	-4,3
17	4,5	3,2	8,4	11,7	12,4	19,5	25,0	15,8	13,7	7,3	5,7	0,2
18	2,7	1,9	8,4	5,4	12,5	19,9	20,8	17,7	9,0	5,5	6,4	1,8
19	-0,1	4,2	5,4	4,4	12,5	18,0	20,1	18,8	8,9	5,1	6,4	-0,8
20	0,0	2,6	5,3	8,5	15,1	18,4	20,8	19,0	9,9	8,8	5,3	-0,8
21	-1,3	3,4	3,4	12,5	18,6	20,7	22,3	19,7	10,3	11,4	5,1	-4,4
22	-2,9	2,1	4,2	13,8	19,1	20,1	24,1	19,4	11,8	12,2	2,8	-4,3
23	-4,9	0,7	6,9	12,7	17,7	19,8	24,1	16,4	12,4	14,0	5,1	-3,0
24	-5,0	0,9	9,6	11,0	18,7	21,9	17,4	14,8	12,5	13,7	4,8	1,6
25	-2,5	0,3	10,0	11,3	18,8	22,7	17,2	14,4	12,5	13,2	2,9	4,7
26	0,9	-0,2	10,1	12,8	20,1	21,7	15,9	16,2	13,0	13,3	0,9	4,8
27	0,4	-2,6	8,5	12,8	15,1	22,1	15,7	17,2	13,6	11,6	0,0	2,5
28	-1,4	-4,9	8,8	11,2	13,7	19,7	17,8	17,8	14,9	11,9	-2,4	0,2
29	-3,2		8,3	11,1	10,8	19,5	16,3	19,5	11,9	12,1	-0,1	0,3
30	-3,0		8,3	8,8	11,0	19,8	13,7	18,2	10,2	9,8	1,0	-1,5
31	-3,2		10,1		13,5		16,7	17,2		7,9		-1,4