

ŠOLSKI CENTER VELENJE, STROJNA ŠOLA
TRG MLADOSTI 3, 3320 VELENJE
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**PREDELAVA PLOŠČATEGA RADIATORJA V VENTILATORSKI
KONVEKTOR IN IZVEDBA MERITEV TOPLOTNE MOČI**

Tematsko področje: Tehniške vede

Avtorja:
Jani Bezjak, 4. SA
Igor Rojnik, 4. SA

Mentor: Radovan
Repnik, univ. dipl.
inž. str.

Velenje, 2017

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Strojni šoli Velenje.

Mentor: Radovan Repnik univ.
dipl. inž. str.

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2016/2017

KG radiator/ konvektor / predelava

AV BEZJAK, Jani / ROJNIK, Igor

SA RADOVAN, Repnik

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 7

ZA ŠC Velenje

LI 2017

IN **PREDELAVA PLOŠČATEGA RADIATORJA V VENTILATORSKI
KONVEKTOR IN IZVEDBA MERITEV TOPLOTNE MOČI**

TD RAZISKOVALNA NALOGA

OP

IJ SL

JI sl/en

AI Živimo v času, ki ga zaznamujeta skrb za ohranjanje okolja in želja po učinkovitejši izrabi energije. Za ogrevanje objektov porabimo veliko energije in zato so potenciali za prihranek veliki. Ker so zaloge klasičnih – fosilnih goriv – omejene, želimo za ogrevanje uporabljati čim večji delež obnovljivih virov energije. Pri uporabi obnovljivih virov energije za ogrevanje stavb imajo pomembno vlogo toplotne črpalke (TČ). Njihova učinkovitost je pogojena predvsem s temperaturo vira toplote – na katero praktično ne moremo vplivati – in temperaturo, ki jo potrebuje ogrevalni sistem za ogrevanje stavbe. Najina naloga se osredotoča na možnost znižanja potrebne temperature predtoka v radiatorskih sistemih ogrevanja, ki praviloma niso najustreznejši način ogrevanja v povezavi s toplotno črpalko. V nalogi sva ploščati radiator opremila s sistemom za prisilni pretok zraka – nadgradila sva ga v ventilatorski konvektor. V laboratoriju sva nato izmerila oddani toplotni tok v odvisnosti od spremembe temperature predtoka in hitrosti delovanja ventilatorjev ter ovrednotila rezultate, ugotovitve meritev in izračunov pa nato uporabila pri določitvi spremembe grelnega števila črpalke (COP), ki je najpomembnejši pokazatelj učinkovitosti delovanja TČ. Dotaknila sva se tudi ekonomskega vidika nadgradnje radiatorjev v povezavi s porabljeno električno energijo za pogon TČ.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND ŠC Velenje, school year 2016/2017

CX

AU BEZJAK, Jani / ROJNIK, Igor

AA REPNIK, Radovan

PP 3320 Velenje, SLO, trg mladosti 3

PB ŠC Velenje

PY 2017

TI

DT Research work

NO

LA SLO

AL SLO / EN

AB We live in times characterized by bigger and bigger environment conservation concern and by the wish to use all the energy more efficiently. To heat buildings we consume a lot of energy. Thus energy saving potentials are quite high. Since the supplies of fossil fuels are limited we want to use a higher proportion of renewable sources of energy. In this case heat pumps have an important role. Their efficiency depends on the source temperature – which we cannot influence – and on the temperature needed by the heating system of a building.

The thesis focuses on the potential of lowering the temperature of the supply in radiator heating systems, which are not the most appropriate way of heating with a heat pump. A panel radiator was equipped with a fan generated air flow – it was upgraded into a fan coil unit. The measurements of the emitted heat flow dependent on the change of the supply temperature and on the speed of working vents were made in a laboratory. Then the results were evaluated. The conclusions and calculations were used to change the COP, which defines the efficiency of a heat pump. We were also interested in the economic aspect of radiator upgrading in relation to consumed electrical power needed to power a heat pump.

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
2	HIPOTEZE	1
3	KAKO DELUJE RADIATOR?	1
3.1	KONVEKCIJA.....	2
3.2	SEVANJE.....	2
3.3	VRSTE RADIATORJEV	3
3.4	PRESTOP TOPLOTE.....	5
4	KAJ JE KONVEKTOR IN KAKO DELUJE?	6
5	KAJ JE TOPLOTNA ČRPALKA?	7
5.1	DELOVANJE TOPLOTNE ČRPALKE	8
5.2	PRINCIP DELOVANJA TOPLOTNE ČRPALKE VODA/VODA	9
5.3	GRELNO ŠTEVILO COP.....	10
6	POSTOPEK IZDELAVE KONVEKTORJA.....	11
7	NAČIN IN POTEK TESTIRANJA	2
8	OVREDNOTENJE REZULTATOV MERITEV	8
8.1	RAZLAGA TABELE 1	9
8.2	RAZLAGA GRAFA 1	11
8.3	RAZLAGA TABELE 2	11
8.4	RAZLAGA GRAFA 2	12
8.5	RAZLAGA GRAFA 3	15
8.6	RAZLAGA GRAFA 4.....	13
9	HRUP.....	13
9.1	MERJENJE HRUPA.....	13
9.2	RAZLAGA GRAFA 5	13
10	ZAKLJUČEK	13
12	VIRI IN LITERATURA	15

KAZALO SLIK

Slika 1: Konvekcija in sevanje (Vir: http://instrukcije.net).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 2: Panelni radiator (Vir: https://www.ideo.si/).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 3: Cevni radiator (https://www.tersus.si)	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 4: Členasti radiator (Vir: http://www.mojmojster.net/).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 5: Prestop toplote (Vir:Skripta: Osnove toplotne tehnike).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 6: Ventilatorski konvektor (Vir: http://www.frigor.si/).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 7: Toplotna črpalka (Vir: http://kronoterm.com/)	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 8: Delovanje toplotne črpalke (Vir: http://www.atlas-trading.si)...	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 9: Princip delovanja toplotne črpalke voda/voda (Vir: Skripta:Toplotne črpalke)	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 10: Načrt nosilca ventilatorjev	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 11:Laserski rezalnik pločevine (Vir: http://www.triumphlaser.com).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 12: Krivilni Stroj (Vir: http://www.dafumt.com/).....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 13: Ventilator	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 14: Napeljava žic.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 15: Neodim magnet	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 16: Končni izdelek	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 17: Radiator v preiskuševalni komori	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 18: Usmernik.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 19:Preiskuševalna komora.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 20: Grafični prikaz meritev	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 21: Graf spremembe temperature.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 22: Multinorm	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 23: Lestvica hrupa	Napaka! Zaznamek ni definiran.

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Tabela 2:	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Tabela: 3	Napaka! Zaznamek ni definiran.

1 UVOD

V raziskovalni nalogi sva predelala radiator VOGEL&NOOT tip 22 v ventilatorski konvektor. Izbrala sva ustrezne ventilatorje za prisilni pretok zraka preko radiatorja in nadgradila radiator v konvektor s prisilnim pretokom zraka. Hitrost delovanja ventilatorjev, s tem pa pretok zraka sva nastavljala z usmernikom. V podjetju KRONOTERM sva izvedla meritve oddane toplotne moči konvektorja v odvisnosti od temperaturnega režima in hitrosti prisilnega pretoka zraka. Raziskala sva, kakšen vpliv bi imela predelava radiatorja v konvektor na grelni števil (COP) toplotne črpalke in ali je predelava upravičena v tipični enostanovanjski hiši.

2 HIPOTEZE

V raziskovalni nalogi želiva potrditi ali ovreči naslednji hipotezi:

- ali se toplotna moč nadgrajenega radiatorja zaradi prisilnega pretoka zraka poveča vsaj za 60 %
- ali se investicija zaradi zvišanja grelnega števila (COP) toplotne črpalke povrne v treh letih

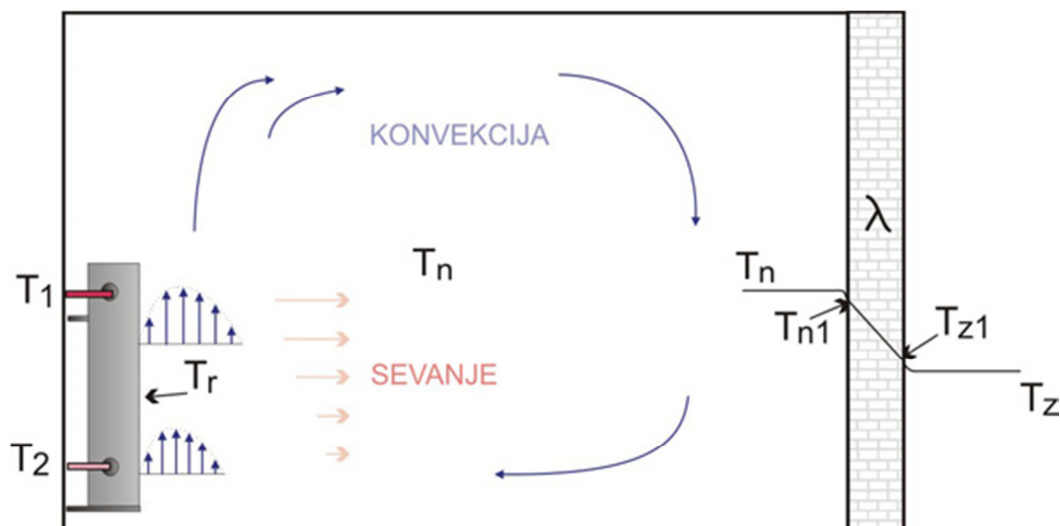
3 KAKO DELUJE RADIATOR?

Radiator je naprava za prenos toplote. Poimenovanje izvira iz besede radiacija ali sevanje, kar v fiziki razumemo kot oddajanje ali prenos energije v obliki valov ali delcev skozi prostor ali preko materialov, ki lahko širijo valove ali energijo. Čeprav je radiator navadno vir toplote, ga lahko v določenih primerih uporabimo tudi za hlajenje.

Radiator prenaša toploto v ogrevani prostor (prevajanje toplote ob faznem prehodu kovina – zrak). Zrak je slab prevodnik toplote in če ne bi bilo konvekcije, bi se toplota zelo počasi širila po prostoru. Zaradi konvekcije in posledično segrevanja se topel zrak dviguje, ob stropu pa ohlaja in pada. Poleg konvekcije radiator istočasno seva toploto v prostor po Stefanovem zakonu, prav tako seva tudi okolica radiatorja, ki je segreta na sobno, notranjo temperaturo.

Sevanje je elektromagnetno valovanje in se širi s svetlobno hitrostjo. Toplotne izgube prostora, ki jih moramo nadomeščati z grelnimi telesi, pa nastanejo zaradi prehoda toplote iz toplejšega notranjega zraka skozi gradbene elemente – stene, okna, strehe – na hladnejši zunanji zrak. Na toplotne izgube vplivajo sestave zidov in toplotna prehodnost stavbnega pohištva.

Posledica toplotnih izgub je potreba po vgradnji grelnih teles v prostor, katerih naloga je, da se prostor segreje na želeno notranjo temperaturo.



Slika 1: Konvekcija in sevanje (Vir: <http://instrukcije.net>)

3.1 KONVEKCIJA

Konvekcija je razširjanje toplote zaradi naravnega kroženja plinov ali kapljevine. Zgled: segret zrak ob radiatorju ima manjšo gostoto od hladnega in se zaradi vzgona dviga. Med dviganjem se ohlaja in ponovno pada. Proces se krožno ponavlja. Hitrost kroženja zraka je odvisna od volumenskega razteznostnega koeficienta plina, dinamične viskoznosti, toplotne prevodnosti plina itd. Veter ali konvekcija vplivata npr. na koeficient toplotne prestopnosti zunanje stene proti okoliškemu zraku.

3.2 SEVANJE

Sevanje je elektromagnetno valovanje. Toplota se širi s svetlobno hitrostjo. Velja Stefan–Boltzmanov zakon sevanja, kjer je toplotni tok sorazmeren četrti potenci absolutne temperature.

Gostota sevalnega toka je:

$$J = \frac{P}{S} = \epsilon \sigma T^4 \left[\frac{W}{m^2} \right],$$

kjer je σ Stefanova konstanta:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$$

ϵ je brezdimenzijski koeficient izsevnosti ali vpojnosti (emisijski ali absorpcijski koeficient). Izsevnost površine pri določeni valovni dolžini je enaka njeni vpojnosti.

3.3 VRSTE RADIATORJEV

Radiatorsko ogrevanje je še vedno precej razširjeno. Zaradi sodobne oblike in širokega barvnega spektra radiator ni zgolj ogrevalo, temveč je lahko tudi del pohištvene opreme. Pri oblikah še vedno prevladuje osnovni pravokotni dizajn, vendar je opazen trend vse večje zaobljenosti. Pri tako imenovanih cevni radiatorjih, ki jih vgrajujemo v kopalnice, imamo različne možnosti lestvične izvedbe.

Radiatorje, ki jih vgrajujemo v sisteme centralnega ogrevanja, lahko razdelimo glede na več kriterijev. Glede na material so lahko radiatorji litoželezni, jekleni ali aluminijasti. Če pa vzamemo za kriterij delitve obliko ogrevalne površine, so radiatorji členasti, ploščni (panelni) in cevni.

Panelni radiatorji so izdelani iz jeklene pločevine in imajo več prednosti: zaradi gladke površine je čiščenje lažje, izvedba je lahko eno- ali večvrstna, velika ogrevalna površina pri majhni dolžini radiatorja, kompaktna izvedba, kar omogoča lažjo izbiro, dobavo in vgradnjo.



Slika 2: Panelni radiator (Vir: <https://www.ideo.si/>)

Cevni radiatorji so sestavljeni iz dveh ali več cevi, postavljenih vodoravno ali navpično in spojenih na koncih, pri čemer so spoji praviloma varjeni. Zelo pogosto se uporabljajo v kopalniških in drugih sanitarnih prostorih. So lepo oblikovani, za površinsko zaščito so uporabljeni visokokakovostni materiali, ki dajo barvo in sijaj.



Slika 3: Cevni radiator (<https://www.tersus.si>)

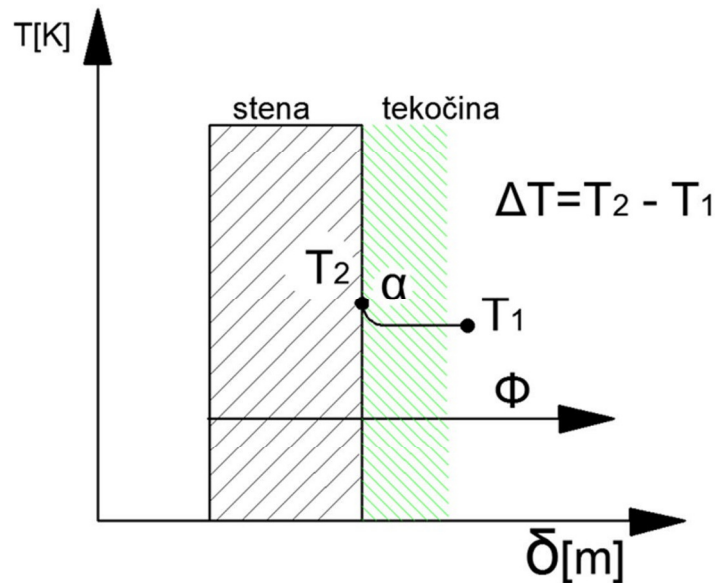
Členasti jekleni radiatorji so vedno redkejši, prevladujejo panelni in cevni. Členasti radiatorji so sestavljeni iz medsebojno povezanih členov, pri čemer je njihovo število odvisno od potrebne toplotne moči radiatorja.



Slika 4: Členasti radiator (vir:<http://www.mojmojster.net/>)

3.4 PRESTOP TOPLOTE

Prestop toplote je prenos toplote na meji med fluidom in trdno snovjo. Konvekcija je značilen pojav pri kapljevinah in plinih.



Slika 5: Prestop toplote (vir: Skripta: Osnove toplotne tehnike)

Pri prestopu toplote s stene na fluid je toplotni tok (Φ) premosorazmeren s površino stene A in s temperaturno razliko (ΔT) med površino stene in temperaturo fluida (zrak, voda). Toplotna prestopnost (α) je odvisna od snovnih konstant:

- toplotna prevodnost
- specifična toplota
- gostota
- viskoznost
- od geometrijskih lastnosti (velikost površine, hrapavost)
- od hitrosti toka in vrste toka (laminarni, turbulentni) Reynolds

Vrednosti toplotne prestopnosti za posamezne primere dobimo v strokovni literaturi in so določene eksperimentalno ali računsko z uporabo brezdimenzijskih števil.

4 KAJ JE KONVEKTOR IN KAKO DELUJE?

Konvektor je splošen izraz, ki se uporablja za grelna telesa, ki ogrevajo prostore z uporabo principa konvekcije. Na splošno ločimo konvektorje z naravno konvekcijo, ki so manj učinkoviti in manjših moči glede na prenosno površino, ter konvektorje s prisilno konvekcijo – ventilatorske konvektorje. Ventilatorski konvektor je lahko skrit ali viden v prostoru, v katerem je vgrajen. Vidni konvektor je lahko prostostoječ, stenski ali stropni. Običajno je zaščiten z masko in z difuzorjem povratnega in dovodnega zraka v prostoru. Skriti konvektorji so običajno nameščeni v tako imenovanem dvojnem stropu ali pa v kanalih prezračevalnega sistema. Konvektorju dovajamo toplo vodo iz generatorja toplote (kotel, toplotna črpalka, podpostaja daljinskega ogrevanja) ali hladno vodo iz hladilnega agregata do grelnega/hladilnega registra. Voda, ki kroži preko registra, nato zrak segreva ali hladi. Konvektor ima lahko vgrajen svoj termostat ali pa je delovanje konvektorja vezano na regulacijo – sobni korektor, vgrajen v prostoru. V sodobnih stavbah je vse skupaj lahko vodeno preko CNS (centralno nadzornega sistema).



Slika 6: Ventilatorski konvektor (vir: <http://www.frigor.si/>)

Ventilatorske konvektorje delimo na dvo- ali štiricevne izvedbe. Dvocevna izvedba ima samo en toplotni izmenjevalnik – register, štiricevna izvedba ima ločena grelni in hladilni register. Dvocevni konvektor ima eno dovodno ter eno povratno cev. Štiricevni konvektor pa ima dve dovodni ter dve povratni cevi – ločeni za vsak register. Tako imamo konvektor, ki nam omogoča ločeno ogrevanje ter hlajenje. Ker je v stavbah potrebno v določenem trenutku nek prostor segrevati in drugega hladiti, so taki konvektorji najpogosteje uporabljeni. Pri hlajenju prostora se vstopni zrak razvlaži, stranski produkt tega pa je kondenz, ki ga moramo odvajati. Konvektor ima zato pod registrom banjico, ki visi v določeno stran, da lahko kondenz odteka. Najenostavnejši način za odtekanje kondenza iz več enot izvedemo tako, da odtok povežemo v "mrežo", kondenz pa tako prosto odteka. V primeru, da odtoka ne moremo priključiti direktno na konvektor, zato uporabimo črpalko, ki kondenz črpa v najbližji odtok.

S hitrostjo delovanja ventilatorja, ki je vgrajen v konvektorju, uravnavamo toplotni tok, ki ga oddaja v prostor. Najenostavnejši termostat ima na izbiro tri stopnje hitrosti vrtenja ventilatorja (počasno/srednje/hitro), ki pa so lahko krmiljene avtomatsko ali pa jih izbiramo ročno. Motorji ventilatorja so običajno enofazni izmenični motorji (AC), vedno bolj pa prihajajo v veljavo DC/EC-elektromotorji. Ti motorji nam povrnejo začetno investicijo z zmanjšano porabo električne energije.

5 KAJ JE TOPLOTNA ČRPALKA?

Toplotna črpalka je naprava, ki nam lahko z uporabo toplote, ki jo jemlje iz okolice, ogreva hišo. Vir toplote so lahko voda (podtalnica), zemlja ali zunanji zrak. Za več informacij o delovanju toplotne črpalke, svetujemo pregled članka: Kako deluje toplotna črpalka.

Eden izmed najpomembnejših dejavnikov je moč toplotne črpalke. Toplotna črpalka, ki je premalo zmogljiva stavbi, ne bo zmogla zagotavljati dovolj toplote pozimi, poleti pa ne bo dovolj ohladila prostorov. Predimenzionirana toplotna črpalka se bo prepogosto vklapljala in izklapljala, zato se s tem poveča obraba mehanskih delov, predvsem kompresorja, kar zmanjšuje življenjsko dobo toplotne črpalke. Predimenzionirana toplotna črpalka tudi nepotrebno poveča znesek investicije.



Slika 7: Toplotna črpalka (vir:<http://kronoterm.com/>)

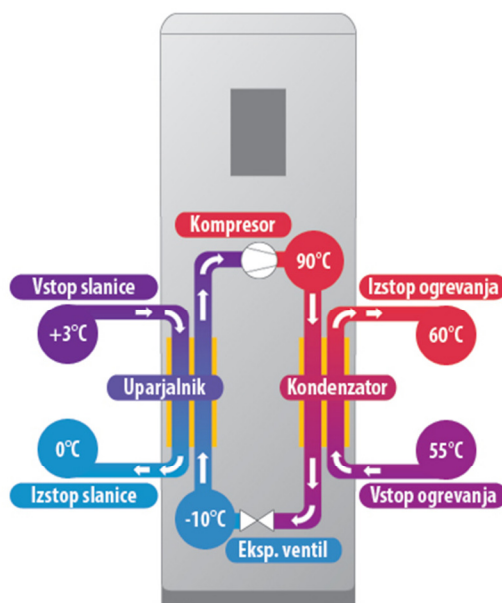
5.1 DELOVANJE TOPLOTNE ČRPALKE

Toplotna črpalka črpa toplotno energijo iz virov toplote v okolju – zrak, voda in zemlja. Toploto na podlagi levega krožnega procesa potisne na višjo temperaturo, tako da lahko z njo ogrevamo bivalne prostore in pripravljamo sanitarno toplo vodo. Pri tem se viri toplote ohladijo.

Najprej je potrebno toploto iz vira v okolju preko prenosnega medija dovesti direktno ali preko nekega medija do notranjega hladilnega tokokroga toplotne črpalke. S pomočjo dovedene toplote hladivo v uparjalniku hladilnega tokokroga upari – pri tem se zaradi spremembe agregatnega stanja energija hladiva poveča za latentno toploto. Pri tem se spremeni njeno agregatno stanje iz kapljevinastega v plinasto. Hladivo v plinastem stanju sedaj dovedemo v kompresor, kjer ga stisnemo. Pri kompresiji se občutno poveča tlak in temperatura hladiva. Vroče plinasto hladivo pod visokim tlakom se sedaj z oddajanjem svoje toplote – latentne toplote – ohladi v kondenzatorju. Pri tem se zaradi kondenzacije plin znova ukapljevini.

V naslednjem koraku odvedemo utekočinjeno hladivo, ki je še vedno pod visokim tlakom do ekspanzijskega ventila. Pri prehodu hladiva skozi ekspanzijski ventil se mu tlak in temperatura zmanjšata. Hladivo pri nizkem tlaku odvedemo nazaj v uparjalnik.

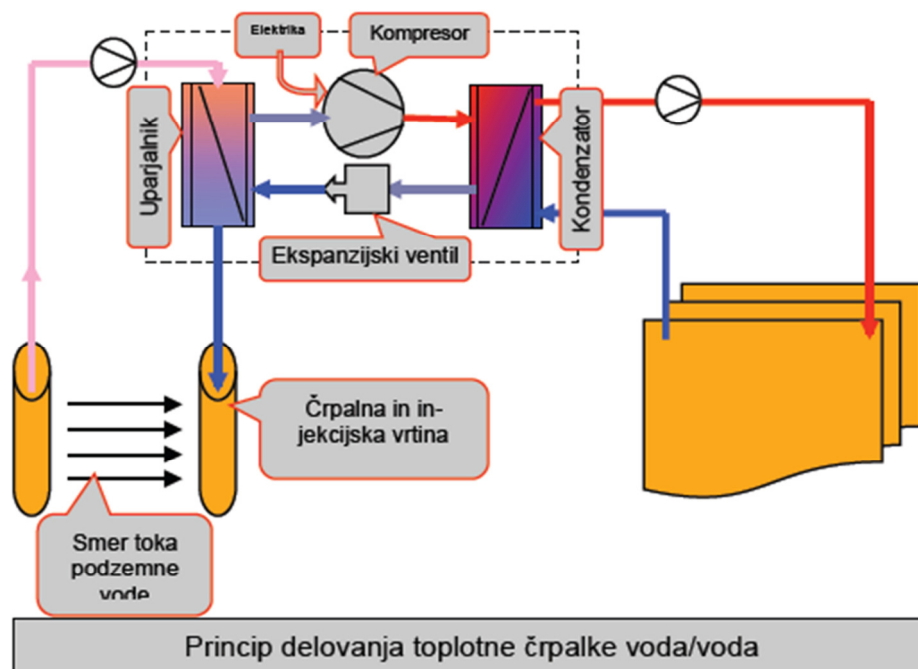
V posameznih fazah delovanja toplotne črpalke lahko opazujemo fizikalne spremembe v hladivu.



Slika 8: Delovanje toplotne črpalke (vir: <http://www.atlas-trading.si>)

5.2 PRINCIP DELOVANJA TOPLOTNE ČRPALKE VODA/VODA

Toplotne črpalke voda/voda so namenjene za ogrevanje stanovanjskih in poslovnih objektov. Kot vir toplote se koristi toplota podtalnice. Odlika tovrstnih toplotnih črpalk je možnost uporabe skozi vso leto brez uporabe dodatnega vira ogrevanja. Toplotna črpalka dosega zelo visok izkoristek (grelno število od 3,5 do 5,2 je odvisno od vstopnih in izstopnih parametrov). Pred nakupom oziroma montažo je potrebno preveriti, če ima toplotni vir (temperatura, pretok itd.) dovolj toplote za predvideno moč toplotne črpalke. Toplotna črpalka se namesti v kotlovnico, kjer se poveže z ogrevalnim sistemom. Priporoča se vgradnja toplotnega zalogovnika zaradi konstantnega delovanja toplotne črpalke in s tem njene daljše življenjske dobe. Objekt mora imeti predviden nizko temperaturni sistem ogrevanja (talno, stensko, toplozračno ogrevanje), saj le s takšnimi načini ogrevanja dosegamo najvišja grelna števila in s tem najvišje prihranke.



Slika 9: Princip delovanja toplotne črpalke voda/voda (vir: Skripta:Toplotne črpalke)

5.3 GRELNO ŠTEVILO COP

Grelno število je razmerje med pridobljeno toplotno energijo in vloženim delom. Je osnovni pokazatelj učinkovitosti delovanja toplotne črpalke. Njegova vrednost je odvisna od toplotne črpalke in vira okoliške toplote. V povprečju znaša od 3 do 5, v posebnih okoliščinah lahko tudi več.

Toplota, ki jo dovedemo ogrevanemu mediju s toplotno črpalko, je teoretično vsota toplote, odvzete viru toplote in energije, ki je potrebna za pogon krožnega procesa. Učinkovitost električno gnane kompresorske toplotne črpalke pri danih stacionarnih pogojih označimo z grelnim številom (COP – Coefficient of Performance).

Grelno število je določeno kot kvocient med toploto, ki jo pridobimo s toplotno črpalko, in električno močjo, ki jo potrebujemo za pogon kompresorja.

$$COP = \frac{\text{pridobljena toplotna energija}}{\text{porabljena energija (elektrika)}}$$

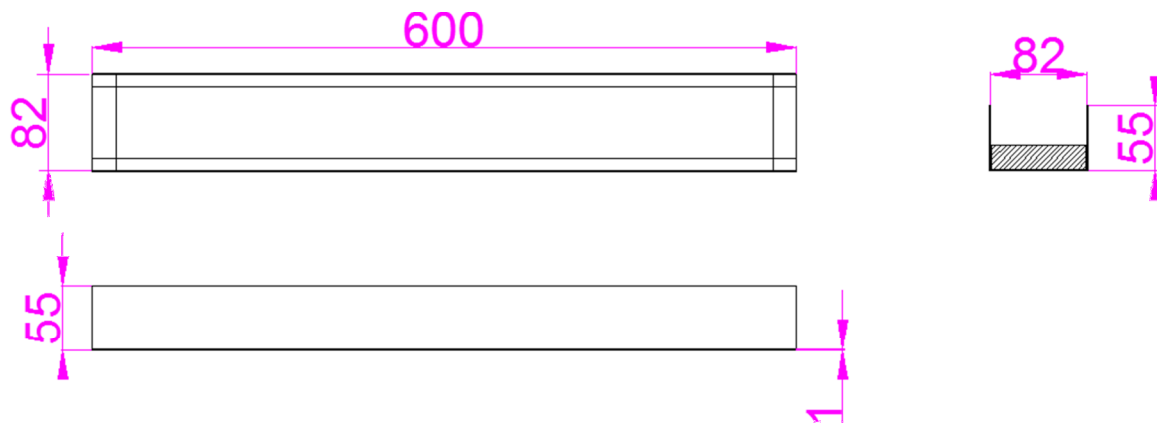
COP – grelna moč toplotne črpalke

Pridobljena toplotna energija – grelna moč toplotne črpalke v kW.

Porabljena energija (elektrika) – teoretična električna moč za pogon kompresorja kW.

6 POSTOPEK IZDELAVE KONVEKTORJA

Najprej sva v programu AutoCad narisala načrt pločevine, ki bo služila kot nosilec za ventilatorje, ki bodo zagotavljali prisilni pretok zraka preko grelnih ploskev in konvektorskih pločevin radiatorja. Pločevino debeline 1 mm smo skladno z načrtom najprej izrezali z laserskim razrezom, nato pa smo jo na krivilnem stroju zakrivili v ustrezno obliko, prikazano na skici.



Slika 10: Načrt nosilca ventilatorjev

Pločevino sva p



Slika 11: Laserski rezalnik pločevine (vir: <http://www.triumphlaser.com>)

Pločevino sva po začrtanih merah zakrivila na krivilnem stroju.



Slika 12: Krivilni Stroj (vir: <http://www.dafumt.com/>)

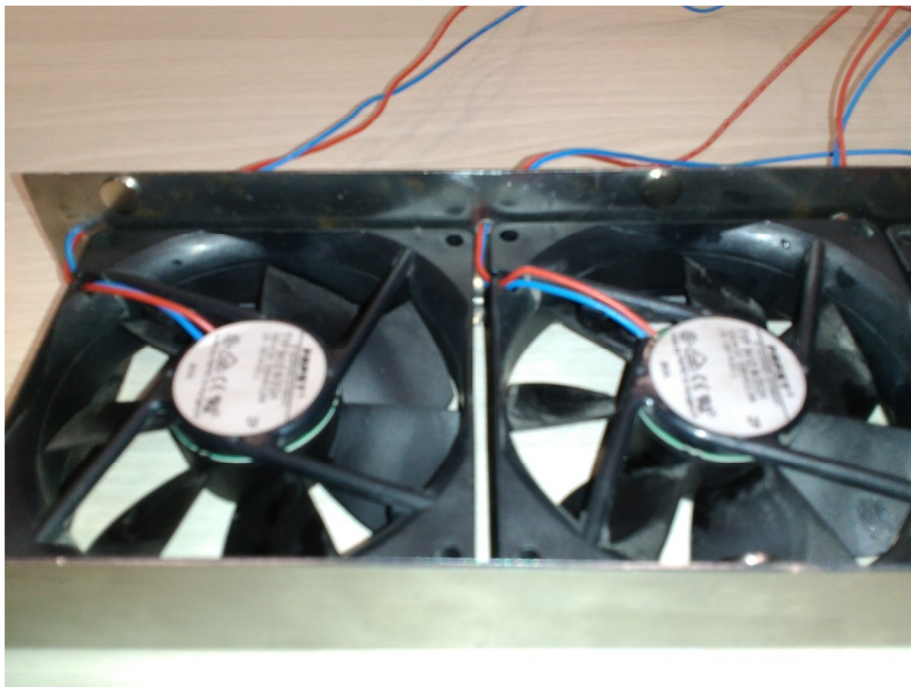
Ventilatorji, ki sva jih uporabila, so dimenzij (Š x D x V) 80 mm x 80 mm x 12 mm in imajo možnost spreminjanja hitrosti. Na najin nosilec sva jih namestila 6 in na ta način zagotovila enakomeren pretok zraka po vsej dolžini radiatorja, ki meri 600 mm.



Slika 13: Ventilator

Ventilator ima maksimalni pretok zraka 50 m³/h in možnost spreminjanja števila vrtljajev med 800 in 2000 vrt/min.

Na vrtilnem stroju sva zvirtala luknje s svedrom premera 4 mm, skozi katere tečejo žice za napajanje ventilatorjev z električno energijo.



Slika 14: Napeljava žic

Pločevino smo najprej poskusili pritrčiti na radiator z uporabo magnetnega traku, kar pa se je izkazalo za neuspešno. Naslednja stvar, ki smo jo poskusili, so bili magneti neodim, dimenzije D 6 x 1, ki so se odlično obnesli.



Slika 15: Neodim magnet

Za radiator sva naredila stojalo, na katerega sva pritrčila konzole, ustrezne našemu tipu radiatorja. Nato sva naj pritrčila radiator. Radiator, ki smo ga uporabili, je znamke VOGL&NOOT tip 22K – 900/600. Oznake povedo, da ima radiator dve grelni plošči, dodani dve dodatni konvektorski pločevini in da je visok 900 in širok 600 mm.

Slika prikazuje ohišje, v katerem so nameščeni ventilatorji, ki sva ga z uporabo magnetov pritrdila na spodnji del radiatorja – na mesto zajema zraka.



Slika 16: Končni izdelek

7 NAČIN IN POTEK TESTIRANJA

Pri izvedbi meritev za raziskovalno nalogo je bila uporabljena oprema najvišjega natančnostnega razreda (A-klasa). Za ovrednotenje moči radiatorja/konvektorja smo v sklopu razvojnega laboratorija podjetja Termo-tehnika, d. o. o., uporabili naslednjo merilno opremo: klimatsko komoro – z vgrajenim klimatom, s pomočjo katerega smo v komori, kjer se je nahajal najin nadgrajeni radiator, vzdrževali kontrolirano temperaturo zraka in relativno vlago. Za merjenje temperature in relativne vlage v klimatski komori smo uporabili merilnik relativne vlage in temperature proizvajalca JUMO, model 907020. Za merjenje pretoka smo uporabili ultrazvočni merilnik pretoka proizvajalca ABB, model FEP 311. Za merjenje temperatur vode smo uporabili temperaturne senzorje tipa PT100, proizvajalca Eltratec, model EKT100.



Slika 17: Radiator v preiskuševalni komori

Ventilatorji so bili priključeni na usmernik 220V/12V, s katerim sva nastavljala napetost na ventilatorjih.



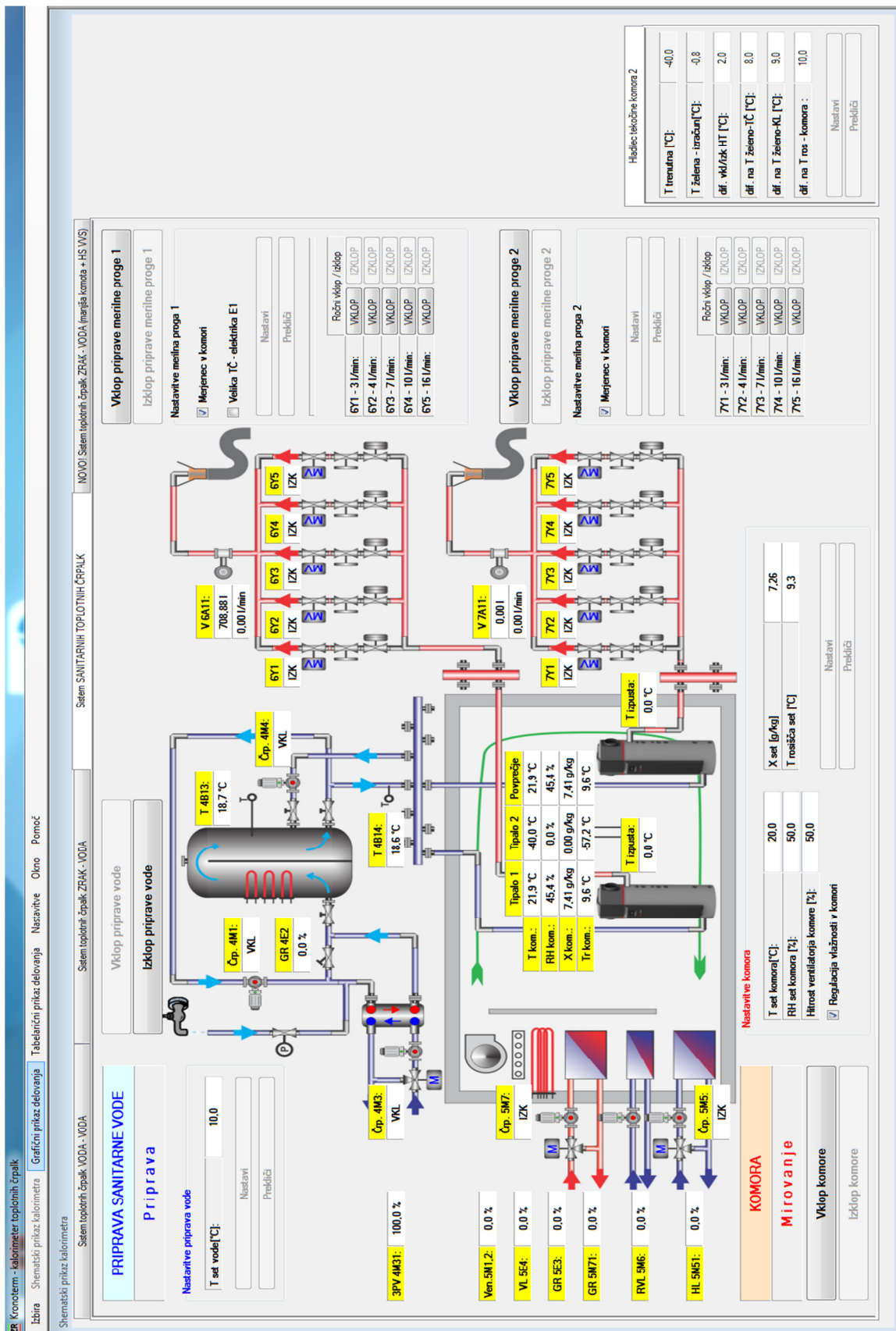
Slika 18: Usmernik

Testiranja smo izvedli v komori, v kateri smo lahko vzdrževali želeno temperaturo in vlažnost zraka. Komora ima možnost vzdrževanja stalne temperature z odstopanji, manjšimi od 0,1 °C. V najinem primeru relativna vlažnost zraka ne predstavlja posebne vloge, zato je nismo upoštevali pri vrednotenju rezultatov, je pa sestavni del rezultatov meritev.



Slika 19: Preiskuševalna komora

Slika prikazuje posnetek zaslona s sistemom SCADA, ki vizualizira merilno progo in trenutne parametre meritve.



Slika 20: Grafični prikaz meritve

Prikaz izpisa podatkov pri eni meritvi z delovanjem ventilatorjev in brez njih. Meritve so bile narejene z močjo delovanja 4 V, 6 V in 8 V. Izvedli smo 12 meritev.

Meritve - progna 1

WPA4_LF-502_test_med_WPZ_COP_30_12_2016

line datoteke: WPA4_LF-502_test_med_WPZ_COP_30_12_2016

T voda OUT [°C]: 0.0 T voda dT [°C]: -18.5 P TC [W]: 0.0
 delta p 1 [pas]: 0.0 delta p 2 [pas]: 0.0

fazna A mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 fazna B mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 fazna C mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 Št. izpusta : 0 Izpust - C [l]: 0.0
 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 Q tap SET [Wh]: 0.0 Q tap [Wh]: 0.0 Q tap [Wh]: 0.0
 fazna D mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 Q tap [Wh]: 0.0 Izpust D [l]: 0.0

VKLOP

Meritve - progna 2

line datoteke:

T voda OUT [°C]: 0.0 T voda dT [°C]: -18.5 P TC [W]: 0.0
 delta p 1 [pas]: 0.0 delta p 2 [pas]: 0.0

fazna A mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 fazna B mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 fazna C mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 Št. izpusta : 0 Izpust - C [l]: 0.0
 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 Q tap SET [Wh]: 0.0 Q tap [Wh]: 0.0 Q tap [Wh]: 0.0
 fazna D mrovanje Čas [d:h:m:s] 00:00:00:00 A TC [Wh]: 0.0 Wei-con [Wh]: 0.0
 Q tap [Wh]: 0.0 Izpust D [l]: 0.0

VKLOP

Ostali parametri - progna 2

Ventilator pretok [m³/s]: 0.000
 Ventilator izkonišek: 0.300
 Tokovnik - faktor: 3
 Faktor pužov za liter: 100

R 134A R 404A R 407C
 R 290 R 410

Temperamenti - skupina 3 - komora

up 201 400.0
 up 2 / splošni otal 400.0
 up 3 spodaj 400.0
 Sesalica 400.0
 Tlačna 400.0
 Konj is 400.0

Temperamenti - skupina 4 - komora

bojler 400.0

Električna energija - progna 2

I [A]: 0.0040
 U [V]: 239.509
 P [W]: 0.0
 A [Wh]: 172831

Reset A [Wh]

cos fi: 0.032
 f [Hz]: 50.0

Merina progna 1

Količina vode [l]: 708.9
 Pretok [l/min]: 0.0

Merina progna 2

Količina vode [l]: 0.0
 Pretok [l/min]: 0.0

Voda iz sanitarnih TC, delta p - komora

T izpust pr.1 [°C] 0.00
 T izpust pr.2 [°C] 0.00
 delta p1 - pr.1 [pas] 0.00
 delta p2 - pr.1 [pas] 0.00
 Tlačna - ECO 400.0
 delta p2 - pr.2 [pas] 0.00

Meriniki 4-20 mA - skupina 2 - komora

T 2 komora [°C] 21.90
 RH 2 komora [%] 45.40
 delta p1 [Pa] 1.000 / 26.2
 delta p2 [Pa] 1.000 / 26.2

Ostali parametri - progna 1

Ventilator pretok [m³/s]: 0.000
 Ventilator izkonišek: 0.300
 Tokovnik - faktor: 3
 Faktor pužov za liter: 100

R 134A R 404A R 407C
 R 290 R 410

Temperamenti - skupina 1

Kond. izst. - ECO 400.0
 Bojler - ECO 400.0
 Vst. zrak - ECO 400.0
 T okolice 1 - ECO 400.0
 Ses. - HAJDU 400.0
 Tlač. - HAJDU 400.0
 Kond. izst. - HAJDU 400.0
 T. ost. - HAJDU 400.0

Temperamenti - skupina 2

Bojler - HAJDU 400.0
 Up. zg. 1 - ECO 400.0
 Up. 2 - ECO 400.0
 Up. 3 - ECO 400.0
 Up. spod. 4 - ECO 400.0
 Sesalica - ECO 400.0
 T okolice 2 - ECO 400.0

Meriniki 4-20 mA - skupina 1

delta p1 - pr.2 [pas] 1.000 / 26.2
 delta p2 - pr.2 [pas] 1.000 / 26.2
 P upar. - WPZ [bar] 1.000 / 26.2
 P kond. - WPZ [bar] 1.000 / 26.2
 Pretok zraka [m³/h] 0.000

Datoteke

Test konvektor_W40_tirast_0_26_1_2017

Interval shranjevanja [s]: 5

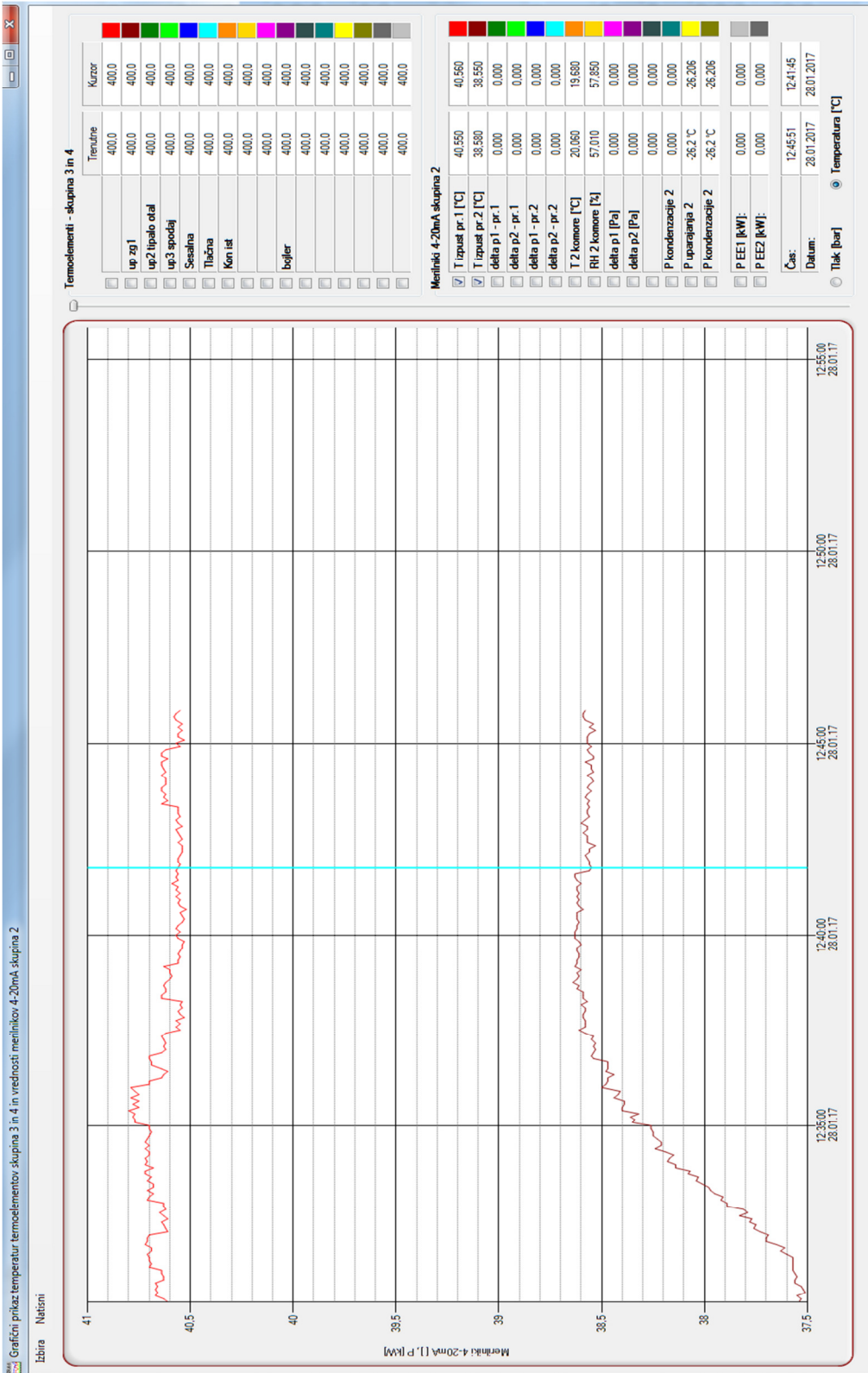
IZKLOP - shranjevanje meritev

IZKLOP - shranjevanje meritev

IZKLOP

Slika 2.1: Izpis meritve

Graf prikazuje časovno odvisnost spreminjajo temperature pretoka (dovoda) in povratka vode v radiator.



Slika 21: Graf spremembe temperature

8 OVREDNOTENJE REZULTATOV MERITEV

Tabela 1:

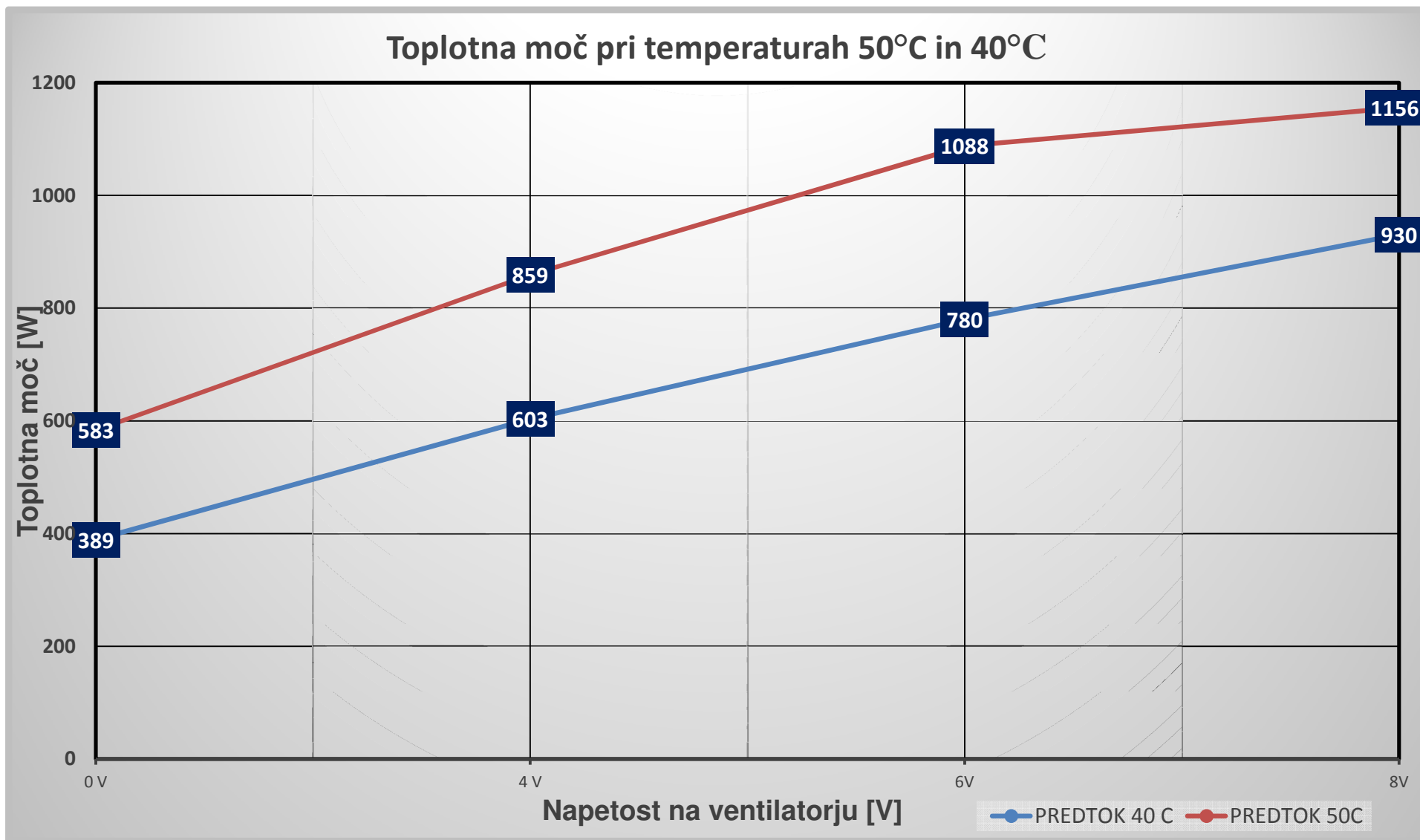
Predtok W 50				
Hitrost ventilatorjev	0 V	4 V	6V	8V
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0	0,58	1,2	1,78
Toplotna moč [W]	583	859	1088	1156
Razmerje moči	1,00	1,47	1,87	1,98
Temperatura predtoka	48,49	47,86	47,77	47,34
Temperatura povratka	45,22	43,00	42,15	41,37
Delta T	3,27	4,86	5,62	5,97
Predtok W 40				
Hitrost ventilatorjev	0 V	4 V	6V	8V
Hitrost gibanja zraka [m/s]	0,00	0,58	1,20	1,78
Toplotna moč [W]	389,18	603,14	780,03	930,45
Razmerje	1,00	1,55	2,00	2,39
Temperatura predtoka [°C]	40,58	40,71	40,86	41,08
Temperatura povratka	38,58	37,61	36,87	36,30
Delta T	2,0	3,1	4,0	4,8

delta W50/W40	194	256	308	225
delta T W50/W40	7,91	7,16	6,90	6,26
sprememba topl. moči /delta 1 Kelvin	24,5	35,8	44,6	36,0
povprečni padec toplotne moči/delta 1K	35,2	[W/K]		

8.1 RAZLAGA TABELE 1

Tabela 1 prikazuje rezultate meritev, ki smo jih izvedli v laboratoriju podjetja KRONOTERM. V tabeli so navedene temperature predtoka (dovoda) vode, ki je napajala radiator s toplotno energijo in temperaturo povratka vode, ki zapušča radiator.

Prikazana je toplotna moč v odvisnosti od temperature predtoka – W 50 in W 40 ter – tisto, kar je bistvo naše naloge – v odvisnosti od napetosti na ventilatorju. Napetost na ventilatorju definira hitrost pretoka zraka skozi radiator/ konvektor. Rezultati potrjujejo našo hipotezo, da je toplotna moč grelnega telesa močno odvisna od hitrosti gibanja zraka. Ugotovimo lahko – kar je še izrazito dobro vidno na grafu, da toplotna moč izrazito – skoraj linearno – narašča s hitrostjo delovanja ventilatorjev. Izračunala sva odvisnost med spremembo temperature predtoka in toplotno močjo radiatorja/konvektorja. Ugotovila sva, da se pri spremembi temperature predtoka za 1 K toplotna moč radiatorja/konvektorja spremeni za 35,2 W.



Graf 1: Toplotna moč pri temperaturi pretoka 50 °C in 40 °C

8.2 RAZLGA GRAFA 1

Graf 1 prikazuje povečanje toplotne moči glede na napetost na ventilatorju. Razvidno je, da se toplotna moč večja skoraj linearno z napetostjo na ventilatorju. Pri temperaturi predtoka 40 °C je bila toplotna moč 389 W, ko sva napetost nastavila na 4 V, se je moč povečala na 603 W, pri 6 V na 780 W in pri 8 V na 930 W.

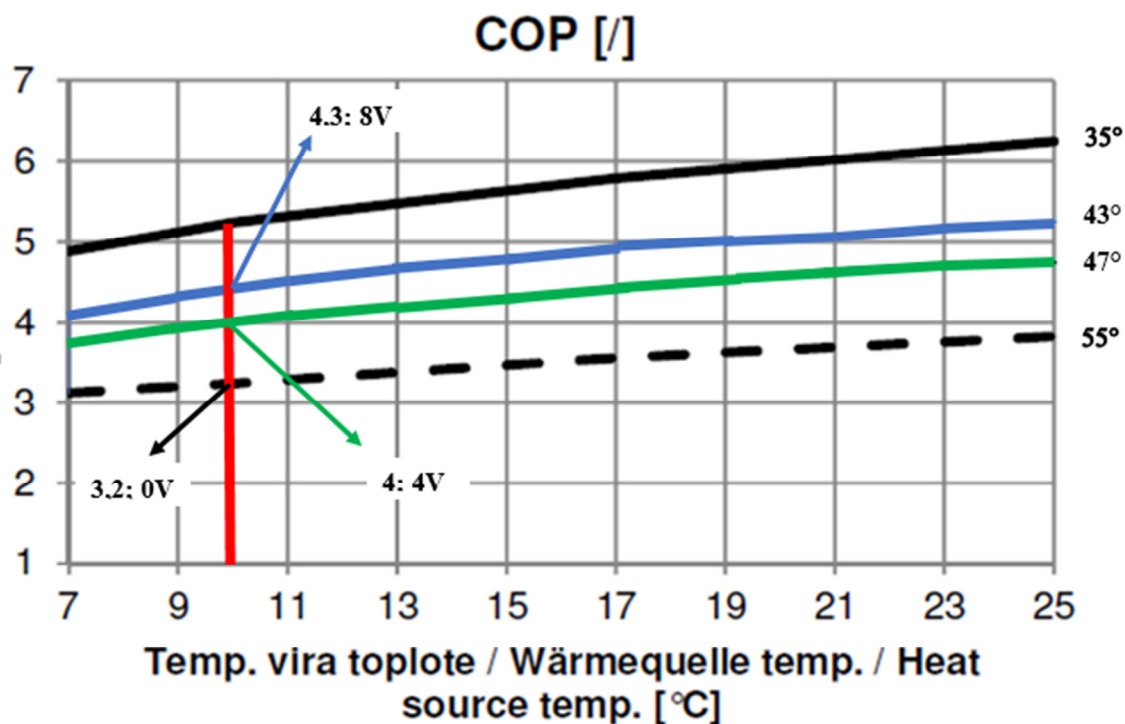
Pri temperaturi predtoka 50 °C pa je bila toplotna moč ob izključenih ventilatorjih 583 W, pri napetosti 4 V je bila 859 W, pri 6 V 1088 W in pri 8 voltih 1156 W. Razvidno je tudi, da se toplotna moč pri prehodu s 6 na 8 V ne poveča tako izrazito, kot se poveča pri nižji napetosti. To se po našem mnenju zgodi zaradi intenzivnega ohlajanja površine radiatorja.

Tabela 2:

Predpostavka-potrebujem 583 W pri predtoku 50 st C:		Komfortno - sprejemljiv hrup		BOOST- hitro ogrevanje
Temperaturo lahko znižam X za da dobim enako moč, kot pri hitrosti 0 V:	0	7,7	11,3	15,9
Potrebna temperatura predtoka	48,49	40,15	36,45	31,43
Izmerjen hrup [dB]:	34,00	35,30	38,60	44,50

8.3 RAZLAGA TABELLE 2

Tabela 2 prikazuje, za koliko lahko znižamo temperaturo predtoka, da dobimo enako moč kot pri hitrosti 0 voltov. Vidimo, da lahko pri predtoku 50 °C in napetosti na ventilatorju 4 V znižamo temperaturo predtoka za 7,7 °C in pri napetosti 6 V za 11,3 °C. Pri napetosti 8 voltov bi sicer lahko temperaturo znižali za kar 15,9 °C, ampak po najinih ocenah ventilatorji oddajajo prevelik hrup, da bi jih lahko uporabili v bivalnih prostorih.



Graf 2: Grelno število

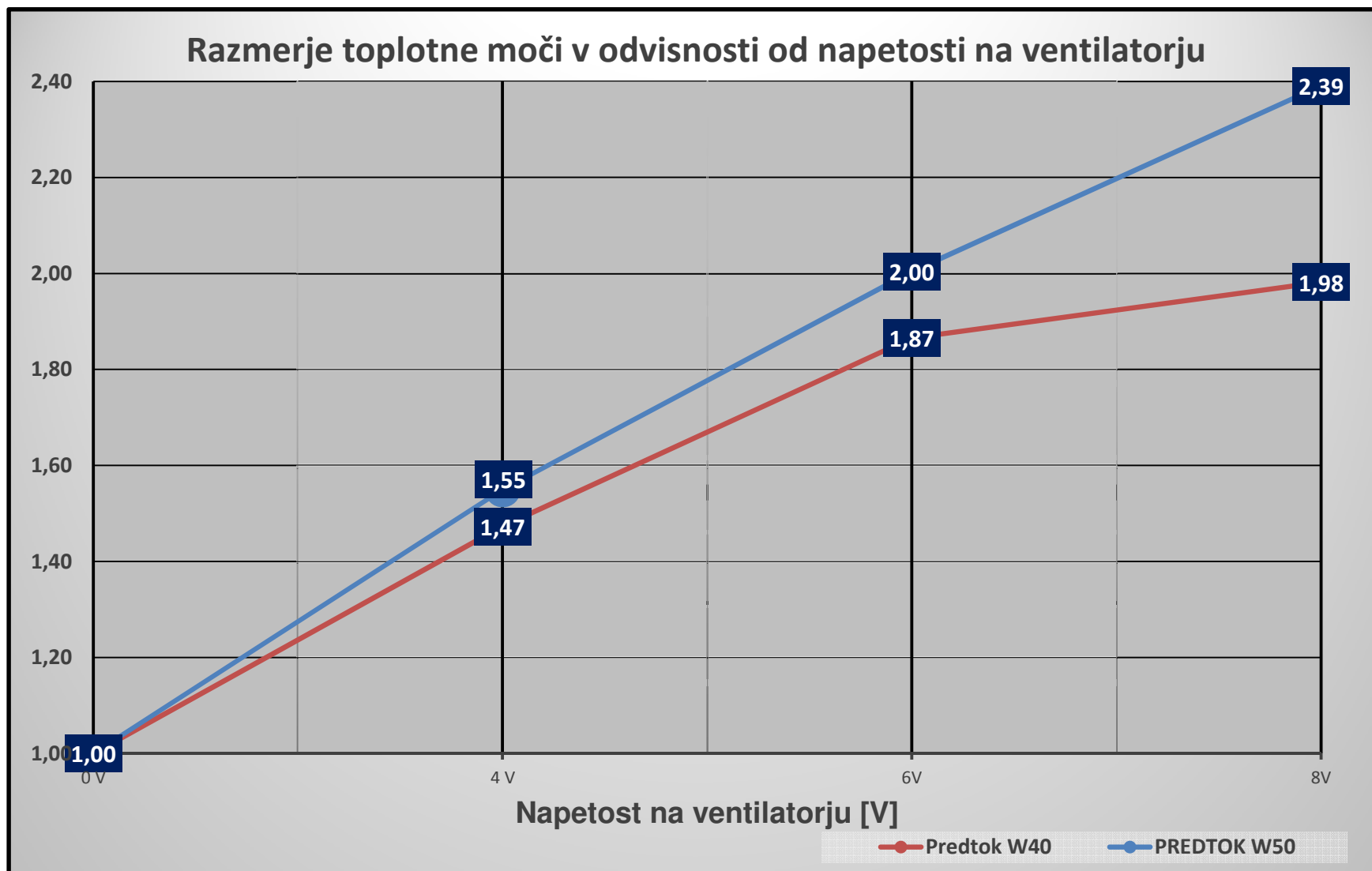
8.4 RAZLAGA GRAFA 2

Literatura o toplotnih črpalka trdi, da se grelna števila toplotne črpalke poveča za 2,5 %, če se temperaturna razlika med virom toplote in temperaturo predtoka v ogrevalni sistem zmanjša za 1 K. V najinem primeru sva za primer izbrala toplotno črpalko KRONOTERM WPG 07 – HT izvedbe voda/voda. Učinkovitost njenega delovanja prikazuje diagram, ki prikazuje odvisnost grelnega števila od temperature vira toplote in temperature predtoka, ki teče v ogrevalni sistem. V originalni diagram, v katerem sta prikazani krivulji, ki prikazujeta COP pri 55 °C in 35 °C sva vrisala še krivulji, ki določata COP pri 47 °C in 43 °C. Pri temperaturi 47 °C nam radiator pri napetosti na ventilatorju 4 V oddajal v prostor enak toplotni tok, kot bi ga dajal radiator pri 55 °C brez prisilnega toka zraka. V tem primeru se vrednost COP toplotne črpalke poveča s 3,2 na 4,0. V primeru delovanja ventilatorja na napetosti 8 V pa lahko temperaturo predtoka vode znižamo na 43 °C, COP pa se poveča na 4,3. Ugotovimo lahko, da se COP toplotne črpalke bistveno zviša, kar pomeni manjšo porabo električne energije za pogon TČ in zmanjšanje stroškov za uporabnika. Za primer izračuna povračilne dobe investicije sva izbrala hišo z bivalno površino 160 m² z dobro izolacijo, ki na letni ravni potrebuje za ogrevanje 40 kWh/m² toplotne energije. Potrebna energija za ogrevanje in izračun prihrankov je prikazan v navedenih tabelah.

Predtok 55 °C	COP	3,2	Prihranek el. energije[kWh]	Prihranek stroškov el. Energije [EUR]
Velikost hiše [m ²]	160	160		
Povprečna poraba na m ² [kWh/leto]	40	40		
Poraba toplotne energije letno [kWh]	6400			
Poraba električne energije letno [kWh]		2000		
Strošek el. Energije [EUR]		280		0
Predtok 47 °C	COP	4		
Poraba električne energije letno [kWh]		1600	400	
Strošek el. Energije [EUR]		224		56
Predtok 43 °C	COP	4,4		
Poraba električne energije letno [kWh]		1455	545	
Strošek el. Energije [EUR]		204		76
Cena el energije 0,14 EUR/kWh	0,14	[EUR/kWh]		

Ugotovimo lahko, da prihranek, če upoštevamo povprečno vrednost za oba načina obratovanja – 4 V in 6 V na letnem nivoju, zanaša 66 EUR. Ocenjeni stroški izdelave so za nadgraditev enega radiatorja ca. 50 EUR. V tipičnih stanovanjskih objektih so kritični za ogrevanje od 2 do 3 prostori, iz česar sledi, da za nadgradnjo potrebujemo maksimalno tri komplete oziroma 150 EUR. Na podlagi tega ugotavljava, da se investicija povrne v 2,5 letih.

V

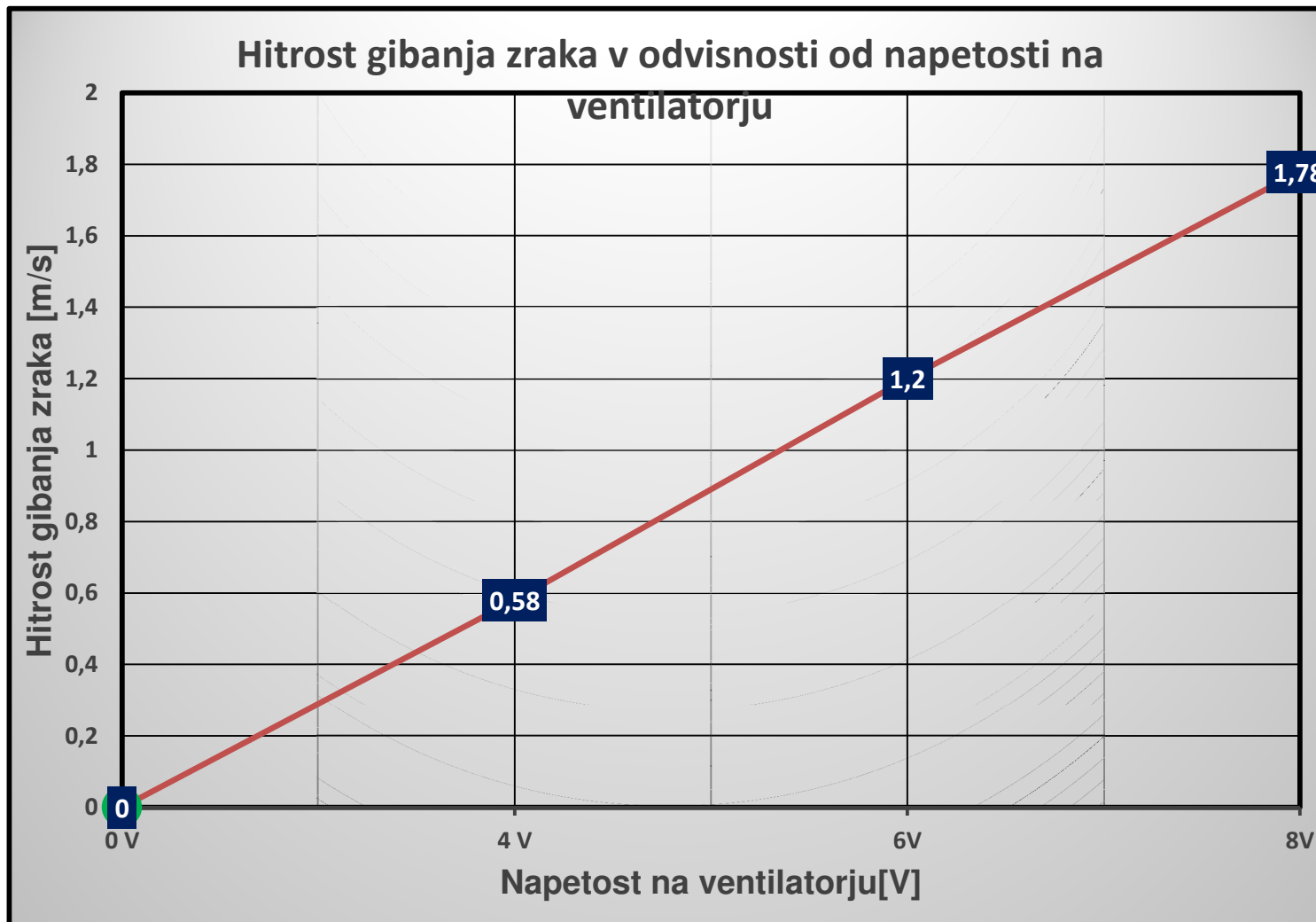


Graf 3: Razmerje toplotne moči v odvisnosti od napetosti na ventilatorju

8.5 RAZLAGA GRAFA 3

Graf 3 prikazuje razmerje toplotne moči glede na napetost na ventilatorjih. Vidimo, da se pri temperaturi predtoka 40 °C pri napetosti 4 V toplotna moč poveča za 47 %, pri 6 V za 87 % in pri 8 V za 98 %. V tem grafu je še bolj vidno, kako se pri prehodu napetosti s 6 na 8 voltov zmanjša intenziteta naraščanja toplotne moči v primerjavi z intervalom med 4 in 6 voltov.

Pri temperaturi predtoka 50 °C se toplotna moč pri 4 V poveča za 55 %, pri 6 V za 100 % in pri 8 V za 139 %.



Graf 4: Hitrost gibanja zraka

8.6 RAZLAGA GRAFA 4

Graf 4 prikazuje hitrost gibanja zraka, ki se povečuje skoraj linearno z napetostjo na ventilatorju. Pri napetosti 4 V je hitrost zraka 0,58 m/s, pri 6 V 1,2 m/s in pri 8 V 1,78 m/s. To pomeni, da se za vsako povečanje napetosti za 1 V hitrost gibanja zraka poveča za približno 0,3 m/s.

9 HRUP

Pri testiranju konvektorja sva prišla do sklepa, da ventilatorji od določene napetosti naprej povzročajo prevelik hrup in za bivanjske prostore niso primerni. Zaradi teh ugotovitev sva se odločila hrup izmeriti.

Za lažje razumevanje rezultatov je potrebno razložiti kako človeško uho zvok ali hrup zazna, in sicer človeško uho pri enakomernem zvoku v območju nad 40 dB povečanje ravni za 1 dB komaj zazna, povečanje za 3 dB jasno zazna, povečanje za 10 dB pa zazna kot podvojeno glasnost zvoka (hrupa).

9.1 MERJENJE HRUPA

Hrup smo izmerili z merilno napravo MI 6201 Multinorm. S tem merilnikom je mogoče zmeriti temperaturo zraka, hitrost pretoka zraka, relativno vlažnost, osvetljenost ter hrup.

Meritve so skladne s standardom IEC 61672. Vsak kanal je mogoče nastaviti z različnima utežitvama za frekvenco in čas. Multinorm omogoča tudi frekvenčno analizo hrupa ene oktave ali ene tretjine oktave v realnem času ter v skladu s standardom IEC 61260.

Deluje lahko na dva načina: s sprotnim prikazovanjem trenutne meritve in kot logger, ki avtomatično beleži izmerjene vrednosti v intervalih beleženja.

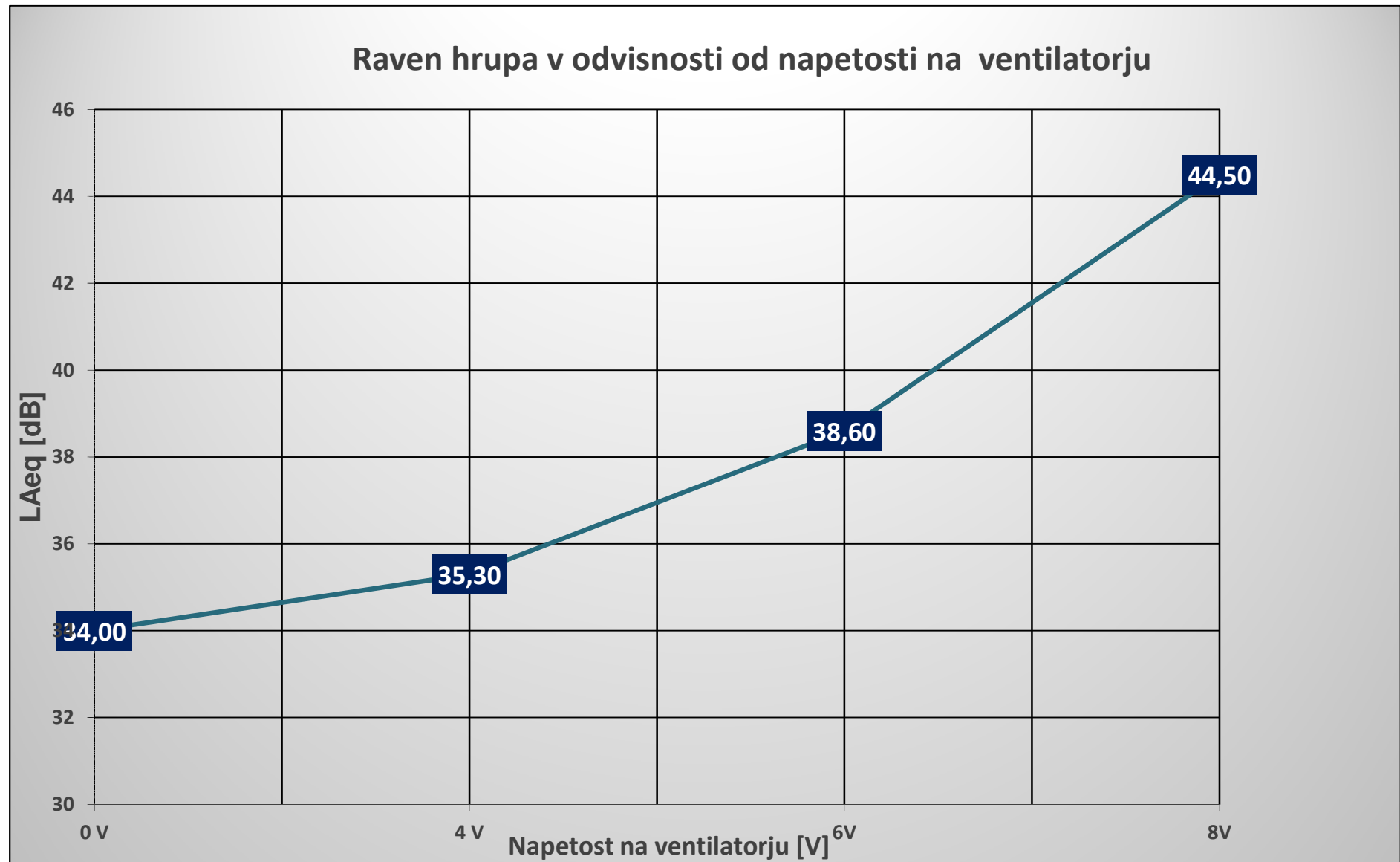


Slika 22: Multinorm

Lestvica hrupa v decibelih je logaritemska, kar na primer pomeni, da je jakost hrupa pri 60 dB desetkrat večja od jakosti hrupa pri 50 dB.

110 - 120		Valjarna, kovačnica	Tveganje za trajno izgubo sluha pri izpostavljenosti več kot 15 minut
100 - 110		Kompresorska strojnica, izpihovanje, glasen rock koncert	
90 - 100		Tkalnica, brusilnica	
90	Prag nevarnosti	Diskoteka, podzemna železnica	Poškodbe sluha pri trajni izpostavljenosti 1-2 uri dnevno.
85 - 90		Motorna kosilnica, industrijske hale, večji orkester, avtomobilska hrupa/alarm	Potrebni tehnični ukrepi v industriji
80 - 85		Električna brusilka, delovni stroji v industriji	Potrebni čepki/glušniki, poškodbe sluha pri trajni izpostavljenosti 8 ur dnevno
80	Prag rizika	Hrup ob avtocesti	
70 - 80		Prometna cesta, promet v mestu	Zelo moteče
60 - 70		Gospodinjske naprave, restavracija, veleblagovnica	
60	Prag motnje in utrujenosti	Glasna pisarna	Moteče, nadležno
50 - 60		Živahen pogovor	
40 - 50		Mirna pisarna, običajni pogovor	
30 - 40		Običajni hrup v stanovanju	Normalno
20 - 30		Šepetanje, tiha soba	Tiho
5 - 10		Dihanje, šelestenje listja	Komaj slišno
0	Prag slišnosti	Gluha komora	

Slika 23: Lestvica hrupa



Graf 5: Raven hrupa

9.2 RAZLAGA GRAFA 5

Graf 5 prikazuje, kako se v odvisnosti od napetosti na ventilatorjih povečuje jakost zvoka (hrup). Meritev smo izvajali v sobi, ki je izolirana kot radijski studio. Po najinem mnenju je do napetosti 6 V glasnost (hrup) primeren za uporabo v bivalnih prostorih.

10 ZAKLJUČEK

Ugotovila sva, da sta predpostavki najine začetne hipoteze izpolnjeni - moč radiatorja se je po nadgradnji povečala bistveno več kot za 60 %, prav tako pa sva ugotovila, da je povračilna doba investicije manjša od 3 let. Misliva, da ima najina zamisel še lepo prihodnost, saj je enostavna za izdelavo in montažo ter poceni hkrati pa bistveno izboljša ekonomiko delovanja toplotne črpalke. Ob pogovorih v podjetju KRONOTERM so pokazali precejšnje zanimanje za najin izdelek in misliva, da ga je v prihodnosti možno še nadgraditi z ustreznim krmiljenjem. Ena možnih idej je tudi uporaba klasičnih radiatorjev za hlajenje prostorov, kar pa bi bilo potrebno še podrobneje raziskati, kar pa prepuščava naslednjim generacijam.

11 ZAHVALE

Za pomoč pri raziskovalni nalogi se zahvaljujemo:

- mentorju Radovanu Repniku, ki nama je pomagal in naju usmerjal pri izdelavi raziskovalne naloge,
- podjetju KRONOTERM, ki nama je omogočilo izvedbo meritev,
- Polonci Glojek za lekturo naloge in mag. Silvi Hudournik za prevod.

12 VIRI IN LITERATURA

SPLETNI VIRI:

1. http://www.engineersedge.com/heat_transfer/convection.htm (5. 1. 2017)
2. http://www.biocab.org/Heat_Transfer.html (8.2.2017)
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Radiator#Radiation_and_convection (12.10.2016)
4. <http://toplotnacrpalka.org/> (8.2.2017)
5. <http://www.elektroprom.si/toplotna-crpalka-voda-voda> (10.2.2017)
6. <http://instrukcije.net/2012/03/varcno-ogrevanje-1/#.WJGQt4WcHL8> (8.2.2017)
7. <http://www.energijadoma.si> (9.1.2017)
8. <http://www.atlas-trading.si/kako-deluje-toplotna-crpalka> (10.1.2017)
9. <http://toplotnacrpalka.org/kako-deluje-toplotna-crpalka/> (8.1.2017)
10. <https://www.youtube.com/watch?v=KH47xAXEEe0> (6.2.2017)
11. <https://www.youtube.com/watch?v=g39nM7GbSJA> (9.1.2017)
12. <http://www.decibel.si/slovarcek-pojmov> (12.1.2017)
13. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT282.htm> (10.2.2017)
14. <http://nakup.metrel.si/izdelki/kakovost-delovnega-okolja/mi-6201-multinorm.html>
(12.12.2017)
15. <http://kronoterm.com/> (9.12.2016)
16. <http://www.vogelundnoot.com/int/> (10.1.2017)

PISNI VIRI:

1. Skripta: Modul: Toplotne črpalke – Informacijski del 2
2. Skripta: Modul: Toplotne črpalke – Informacijski del 3
3. Skripta : Osnove toplotne tehnike
4. Priročnik toplotne črpalke KRONOTERM

