

ŠOLSKI CENTER CELJE
SREDNJA ŠOLA ZA STROJNIŠTVO IN MEHATRONIKO

Izboljšava solarnega grelnika

Raziskovalna naloga s področja energetike

Avtorja:
Jernej Kolar S- 4.B
Sergej Novak S- 4.B

Mentor:
Jože Prezelj univ.dipl.inž.

Celje 2010

KAZALO

KAZALO	2
SEZNAM TABEL IN GRAFOV	3
SEZNAM SLIK	3
SEZNAM PRILOG	4
HIPOTEZA	6
1 Sodobni razvoj solarne tehnologije	7
1.1 VRSTE SOLARNIH SPREJEMNIKOV - KOLEKTORJEV	8
2 Solarni sistemi	10
3 Toplotni izmenjevalci	18
4 Načrt del	24
5 Postopek izdelave izmenjevalca	25
5.1 Izdelava vijačne cevi	25
5.2 Dovod	26
5.3 Prva vijačnica	27
5.4 Druga vijačnica	27
5.5 Tretja vijačnica	28
5.6 Povratni vod	29
5.7 Tlačni preizkus	29
5.8 Plašč izmenjevalnika	30
5.9 Izolacija plašča	31
5.10 Spajkanje nerjavnih cevi na bakrene	32
5.11 Priprava hranilnika	33
5.12 Vstavitev izmenjevalca v hranilnik	34
5.13 Privaritev bombiranega dna	35
6 Povezava hranilnikov in kolektorjev	35
6.1 Povezava	37
6.2 Postavitev sprejemnikov - kolektorjev	38
6.3 Vgradnja sprejemnikov - kolektorjev	39
6.5 Polnjenje sistema	41
7 MERITVE	42
8 PODATKI, PRIDOBLENI S POMOČJO TOPLOTNE KAMERE 50	
9 SKLEP	57
10 ZAHVALA	58
11 SEZNAM UPORABLJENIH VIROV	59

SEZNAM TABEL IN GRAFOV

Tabela 1: Podatki meritve za 1 tipalo	Graf 1: Prikaz meritve 1 tipalo	42
Tabela 2: Podatki meritve za 2 tipalo	Graf 2: Prikaz meritve 2 tipalo	43
Tabela 3: Podatki meritve za 3 tipalo	Graf 3: Prikaz meritve 3 tipalo	44
Tabela 4: Podatki meritve za 4 tipalo	Graf 4: Prikaz meritve 4 tipalo	45
Tabela 5: Podatki meritve za 5 tipalo	Graf 5: Prikaz meritve 5 tipalo	46
Tabela 6: Podatki meritve za 6 tipalo	Graf 6: Prikaz meritve 6 tipalo	47
Tabela 7: Podatki meritve za 7 tipalo	Graf 7: Prikaz meritve 7 tipalo	48
Tabela 8: Podatki meritve za 8 tipalo	Graf 8: Prikaz meritve 8 tipalo	49

SEZNAM SLIK

Slika 1: Povprečni procenti osončenosti v Sloveniji.....	7
Slika 2: Ploščati solarni sprejemnik	9
Slika 3: Vakumski solarni kolektor.....	10
Slika 4: Prikaz sistema z naravnim obtokom	10
Slika 5: Kolektorji z naravnim obtokom.....	11
Slika 6: Prikaz sistema s prisilnim obtokom.....	11
Slika 7: Prikaz podzemnih hranilnikov	12
Slika 8: Shematičen prikaz vezave solarnega sistema za podporo ogrevanju	12
Slika 9: Realen prikaz vezave solarnega sistema za podporo ogrevanju	13
Slika 10 : Sprejemnik sončne energije.....	14
Slika 11: Hranilnik toplote.....	14
Slika 12: Toplotni izmenjevalec	15
Slika 13: Predmontirani črpalni set.....	15
Slika 14: Shematičen primer vezave solarnega sistema za pridobivanje tople vode	16
Slika 15: Weishauptov hranilnik toplotne.....	17
Slika 16: Weishauptov hranilnik od zunaj	18
Slika 17: Klasični solarni izmenjevalnik	20
Slika 18: Integrirani solarni grelec.....	21
Slika 19: Solarni grelec Weishaupt.....	22
Slika 20: Orodja za navijanje cevi	25
Slika 21: Dovod v izmenjevalnik.....	26
Slika 22: Trdo spajkanje dovodne cevi	26
Slika 23: Prva vijačnica	27
Slika 24: Druga vijačnica.....	28
Slika 25: Treta vijačnica	28
Slika 26: Tlačni preizkus	29
Slika 27: Spodnji del plašča.....	30
Slika 28: Zunanji plašč izmenjevalnika	30
Slika 29: Izolacija izmenjevalca	31
Slika 30: Tesnjenje s poliestrsko maso	32

Slika 31: Prehod iz bakrene cevi na nerjavno	32
Slika 32: Hranilnik brez pokrova	33
Slika 33: Privarjene dodatne navojne puše	33
Slika 34: Vstavljeni izmenjevalec	34
Slika 35: Privarjeni priključki izmenjevalnika	34
Slika 36: Privarjeni pokrov na hranilniku	35
Slika 37: Hranilnika Weishaupt in Puffer	36
Slika 38: Montažni seti in kalorimetri	36
Slika 39 Razdelilec s kretnico	36
Slika 40: Povezava	37
Slika 41: Odzračevalni komad	37
Slika 42: Izolacija cevi	38
Slika 43: Izdelava okvirja	38
Slika 44: Okvir postavljen na mesto merjenja	39
Slika 45: Povezava med kolektorji	39
Slika 46: Fleksibilna cev na izhodu iz kolektorja	40
Slika 47: Navezava dovoda in povratka iz kolektorjev	40
Slika 48: Povezava do kolektorjev	41
Slika 49: Povezava peči na razdelilec	41
Slika 50: Prvi termografski posnetek	50
Slika 51: Termografski posnetek po 15 minutah	50
Slika 52 Termografski posnetek po 30 minutah	51
Slika 53: Termografski posnetek po 1 uri	51
Slika 54: Termografski posnetek po 1 uri in pol	52
Slika 55: Termografski posnetek po 2 urah	52
Slika 56: Termografska slika po dveh urah in pol	53
Slika 57: Termografska slika po treh urah	53
Slika 58: Termografska slika po treh urah in pol	54
Slika 59: Termografska slika po štirih urah	54
Slika 60: Termografska slika po štirih urah in pol	55
Slika 61: Termografska slika po štirih urah	55
Slika 62 Termografska slika dve uri po izklopu črpalk	56

SEZNAM PRILOG

Priloga 1: Hidravlična shema

Priloga 2: Oznake tipal na hranilniku

Priloga 3: Rekapitulacija stroškov

POVZETEK

Pri raziskovalni nalogi sva raziskovala področje solarnega ogrevanja. Osredotočila sva se na hranilnike. Pri tem sva raziskala, kako hranilniki delujejo, njihovo sestavo in izkoristek. Pri tem se nama je pojavila ideja po izboljšanju solarnega izmenjevalnika znotraj hranilnika, ki naj bi imel boljše karakteristike, kot izdelki, ki so na voljo na trgu. Idejo sva prenesla na načrte in kasnejšo izdelavo, ki so ji sledile meritve in primerjave. Pri projektu sva naletela tudi na konstrukcijske težave, zato se je sam izmenjevalnik tudi nekoliko konstrukcijsko spremenil. Ko sva izmenjevalnik končala, sva ga vstavila v 850 litrski hranilnik toplote, ter ga primerjala s klasičnim - cevnim izmenjevalnikom, ki je bil vgrajen v volumsko istem hranilniku. Pri tem sva morala postaviti ploščate kolektorje znamke MSOLAR, narediti povezavo iz kolektorjev do razdelilca in naprej na hranilnik. Na koncu so sledile še meritve, ki so bile glavni pokazatelj prednosti in slabosti izdelanega toplotnega izmenjevalca.

SUMMARY

At this research project we was about to research solar heating. Our research is about how does heat reservoir work, about components and recovery. While this research we got some ideas how to improve solar exchanger which is insert in heating reservoir. After researches we started with drawing construction lists, and after that we started with exchanger construction. At the end we did some measurements. While construction we came up with some problems so that's why the exchanger changed a little. When we finished our exchanger building, we put it into 850 liters big heat reservoir, and compared it with a classical exchanger, made of bent pipe. Which is mostly sold on market. Because of research we had to build solar plant with heat collectors brand of MSOLAR, and make some piping. At the end we did measurements which showed us advantages and disadvantages of this solar exchanger.

UVOD

Sonce je vir energije, ki bi lahko brez težav pokrivalo vse potrebe svetovnega prebivalstva po energiji. Ocene kažejo, da lahko sonce samo v eni uri odda na Zemljo toliko energije, kot je celotno svetovno prebivalstvo potrebuje v vsem letu. Celotni potencial sončnega sevanja za Slovenijo znaša približno 23 000 TWh, kar je nad 300 - krat več kot znaša raba primarne energije. Tako je v naših zemljepisnih širinah mogoče z izkoriščanjem sonca pridobiti znatne količine toplotne energije. Ker je torej sončna energija na razpolago v dejansko neomejenih količinah, jo moramo seveda čim bolj izkoristiti, kar pa lahko storimo z napredno solarno tehnologijo. Solarna tehnologija se je skozi leta zelo spreminjala in izboljševala. Dan danes je prišla na takšen nivo, da dosegamo zelo velike izkoristke in s sončno energijo segrevamo celotne stavbe. Seveda pri tem potrebujemo velike hranilnike toplote, saj v naši geografski legi moč sonca ni konstantna skozi vso leto. Pri nalogi sva se usmerila na področje priprave tople sanitarne vode. Še bolj podrobno sva obdelala solarni grelec oziroma toplotni izmenjevalec, ki je v hranilniku toplote. Meniva, da je to področje zelo zanimivo, saj se v stanovanjske hiše vgrajujejo večinoma hranilniki z navadnim spiralno navitim izmenjevalnikom. Ti hranilniki so kvalitetni, vendar ne predstavljajo plastnega ogrevanja, ter imajo nizek izkoristek predvsem pri večjih volumnih.

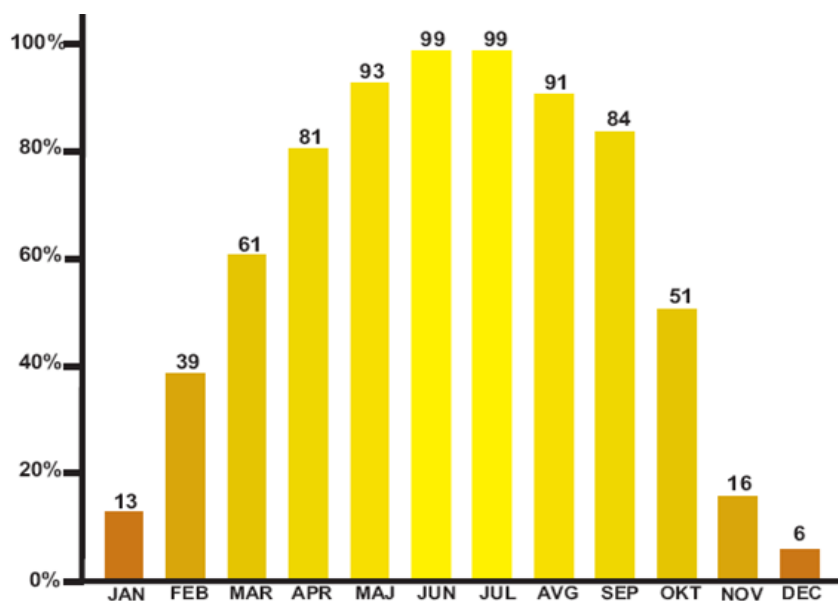
HIPOTEZA

Predpostavljava, da bo solarni grelnik, ki sva ga izdelala, boljši od navadnega cevnega grelnika, ki je na tržišču najbolj prodajan. Ocenjujemo, da je grelnik izboljššan na naslednjih segmentih: narejen je iz materiala, ki ima boljši prestopni koeficient toplote, hitreje ogreje velik volumen vode, plastno ogreva vodo, zato je hitro segret določen volumen na primerno temperaturo, ki jo lahko pričnemo uporabljati kmalu po zagonu. Tudi ob prehodnih obdobjih, ko ni zagotovljene veliko toplote, lahko pridobimo vsaj toliko energije, kolikor jo potrebujemo za segretje sanitarne vode.

1 Sodobni razvoj solarne tehnologije

Pozitivni razvoj solarnega trga se nadaljuje in se iz leta v leto vse bolj povečuje in izboljšuje. Tudi neugodne gospodarske razmere in iz tega izhajajoča manjša kupna moč ne more prizadeti solarnega trga. Vendar podatki kažejo, da solarne naprave kljub pozitivnim rezultatom stojijo še na začetku prodora na širši trg.

Solarni trg ima prihodnost: dobra slika solarnih naprav, politična naklonjenost solarnim napravam in povečane aktivnosti instalaterjev in načrtovalcev so ključnega pomena za uspeh sončne energije. Če se bo pozitiven razvoj solarnih naprav nadaljeval, kot kažejo tako svetovni, kot tudi slovenski podatki, lahko brez pretiravanja govorimo o 20 do 30 % rasti površin sončnih sprejemnikov na leto. Izraženo v številkah to pomeni, da bo do konca leta 2010 samo za ogrevanje vode instaliranih skupno preko 3 milijone kvadratnih metrov sprejemnikov sončne energije. Če v to številko vključimo še ogrevanja kopališč, dobimo več kot 3 milijone površin sončnih sprejemnikov. Podatki kažejo, da je povprečna osončenosti v Sloveniji najslabša v mesecu januarju in decembru.



Slika 1: Povprečni procenti osončenosti v Sloveniji

Trend pri opremljanju hiš gre vse bolj v smeri nizko energijskih hiš in s tem tudi v nizko temperaturne ogrevalne površine, poraba toplote se vse bolj manjša. Del skupne porabe energije za ogrevanje tople vode narašča procentualno. V enaki meri kot upada poraba energije za ogrevanje, raste poraba energije za ogrevanje vode. Z najnovejšimi rešitvami lahko še bolj zmanjšamo porabo toplotne energije. V žarišču nadaljnjih opazovanj stoji normalna priprava tople vode. Ta je najpogostejši vzrok za uporabo sončne energije. Sončne sprejemnike lahko poleg ostalih možnosti namestimo praktično na vseh strehah, tudi položnih, pomembna sta samo velikost in nagib strehe.

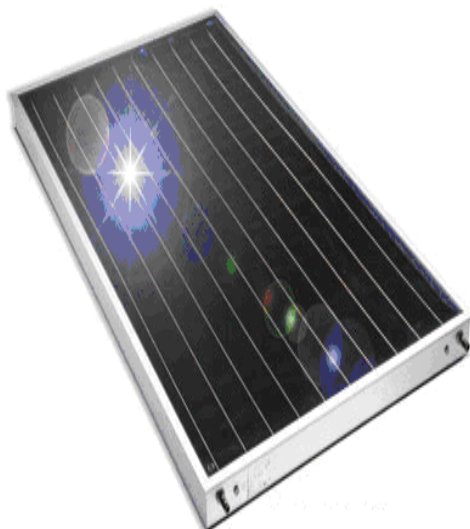
1.1 VRSTE SOLARNIH SPREJEMNIKOV - KOLEKTORJEV

Poznamo dve vrsti solarnih kolektorjev, tako imenovane ploščate in vakumske kolektorje.

Ploščati solarni kolektorji

To vrsto kolektorjev sva pri nalogi uporabila tudi midva, in sicer od proizvajalca Msolar. Ti kolektorji so na področju uporabe sončne energije najdlje poznani. Uporabljajo se lahko za ogrevanje sanitarne vode kot tudi za podporo ogrevanju prostorov. Ploščati solarni kolektor je sestavljen iz kovinskega okvirja s hrbtno termoizolacijo, na katero sta položena ploščati absorber in šipa, ki ga prekriva.

Pomemben del kolektorja je tudi šipa, ki ima nalogo, da omogoči maksimalni prehod sončnih žarkov do absorberja in preprečuje odboj žarkov nazaj v okolico. Izkoristek kolektorja je poleg dobre izolacije predvsem odvisen od kvalitete šipe in absorberja.



Slika 2: Ploščati solarni sprejemnik

1.2 VAKUUMSKI SOLARNI SPREJEMNIKI

Kolektor z vakumskimi cevmi je zelo primeren, kadar želimo solarno napravo izkoristiti v čim daljšem časovnem obdobju (tudi v času nizkih zunanjih temperature). Omogoča dober sprejem energije v času, če ni direktnega sevanja, poleg tega pa ima zelo dober izkoristek tudi pri ekstremno nizkih temperaturah. Vakuumski solarni kolektor sprejema in zbira sončno energijo z vseh strani, ta pa se s pomočjo visoko učinkovite absorpcijske prevleke prenese direktno v glavni vod kolektorja oziroma preko toplotnega izmenjevalnika v vodni zalogovnik.

Vakuem, ki je v ceveh, močno zmanjša izgube sončnega kolektorja v času velikih temperaturnih razlik. Pri diferenci 70°C ima vakuumski solarni kolektor približno 15 % boljši izkoristek kot ploščati solarni kolektor. Zaradi dobre izolacije (vakuem) so ti kolektorji poznani kot celoletni sončni kolektorji in so predvsem primerni za dopolnjevanje ogrevanja v zimskem času.



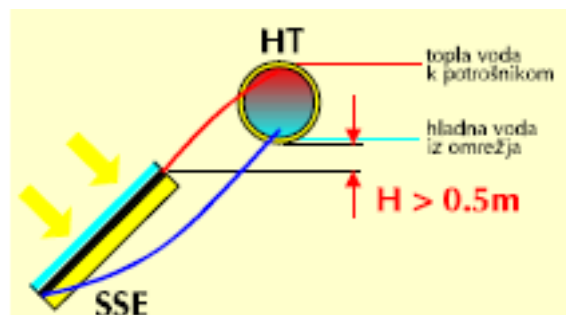
Slika 3: Vakuumski solarni kolektor

2 Solarni sistemi

Tudi solarnih sistemov je več vrst. Opisala bova le sistem z naravnim in prisilnim obtokom ter sistem za ogrevanje stavb.

2.1 SISTEM Z NARAVNIM OBTOKOM

Pri sistemu z naravnim obtokom kroži medij iz sprejemnika do hranilka brez črpalke. Medij se v sprejemniku segreje in s tem postane lažji in se začne dvigovati v bojler, ki je nad njim. Bojler je ponavadi postavljen leže, njegova spodnja točka pa mora biti najmanj 0.5m nad zgornjo točko sončnega sprejemnika.



Slika 4: Prikaz sistema z naravnim obtokom

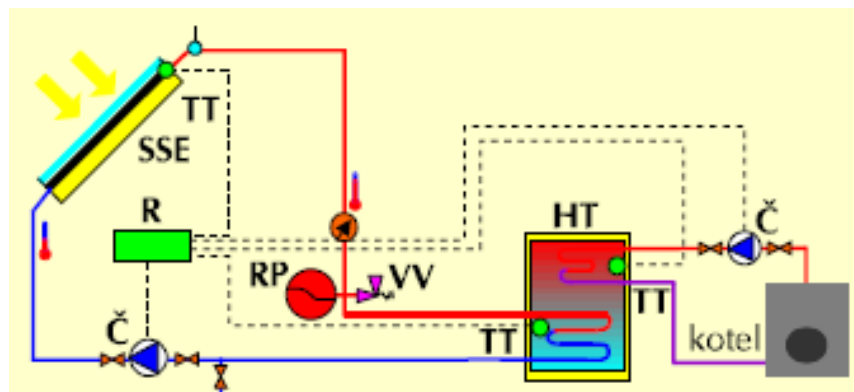
Pri takšnem sistemu izmenjevalnik ni potreben in je ves sistem napolnjen z vodo. Ta sistem se uporablja predvsem v velikih turističnih naseljih, kjer so temperature stalno nad temperaturo ledišča. Pojavlja se vprašanje estetike, saj je sistem zelo opazen in na nekaterih mestih morda celo moteč.



Slika 5: Kolektorji z naravnim obtokom

2.2 SISTEM S PRISILNIM OBTOKOM

Deluje s pomočjo obtočne črpalke, ki pretaka medij iz sprejemnikov do hranilnika in nazaj.

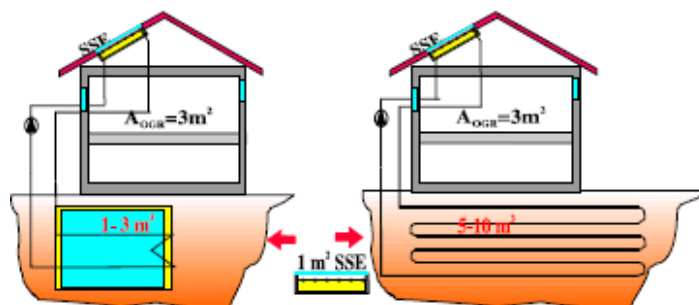


Slika 6: Prikaz sistema s prisilnim obtokom

Pri površini sprejemnikov do 20 m² se uporablja en hranilnik, za večjo površino pa se skupaj povežeta dva ali več hranilnikov. V tem primeru je potreben toplotni izmenjevalnik, ki je največkrat spiralasto navita cev in je vgrajena v sam hranilnik. Nekatera inovativna podjetja pa se ukvarjajo tudi z razvijanjem izmenjevalcev, ki imajo tudi do nekajkrat večji izkoristek.

2.3 SOLARNI SISTEM ZA OGREVANJE STAVB

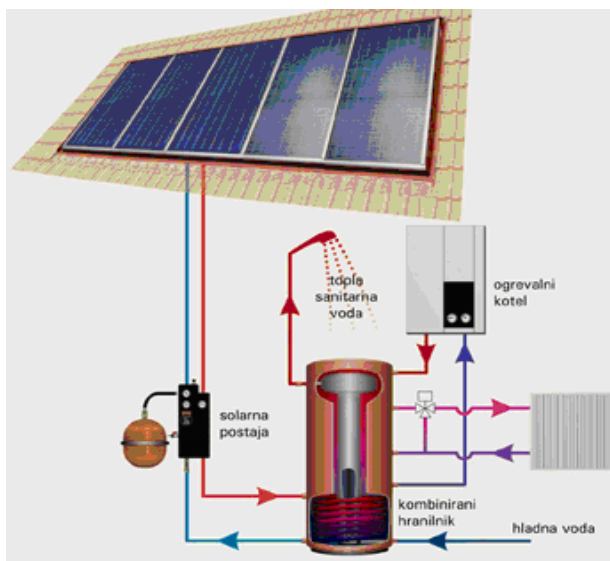
Prispeva velik delež k dogrevanju nizko temperaturnih stavb. Ponavadi je ta sistem le kot opora pri ogrevanju lahko pa je tudi samostojni ogrevalni sistem ob primernem volumnu hranilnika. To so ponavadi veliki podzemni hranilniki, ki lahko hranijo toploto za manj sončno obdobje.



Slika 7: Prikaz podzemnih hranilnikov

2.4 SOLARNI SISTEMI ZA PODPORO OGREVANJU

Ti sistemi sicer zahtevajo večje absorpcijske površine, vendar lahko z njimi zmanjšamo letno porabo energije tudi za eno tretjino. Ta solarni sistem lahko uporabljamo v kombinaciji z vsemi vrstami ogrevalnih kotlov. Izkoriščanje sončne energije ne pomeni samo varčne rabe energije, ampak kaže tudi na odgovoren odnos do našega okolja.



Slika 8: Shematičen prikaz vezave solarnega sistema za podporo ogrevanju



Slika 9: Realen prikaz vezave solarnega sistema za podporo ogrevanju

2.5 SOLARNI SISTEMI ZA PRIDOBIVANJE TOPLE VODE

Najbolj razširjen sistem uporabe solarne energije je priprava sanitarne vode za potrebe gospodinjstev. Midva sva raziskovala prav ta sistem.

Za pripravo vode je najbolj uveljavljeno neposredno ali aktivno izkoriščanje sončne energije, pri katerem sistem sestavljajo sprejemniki sončne energije, hranilnik toplote in vsi vmesni deli ter medij za prenos toplote iz sprejemnikov v hranilnik. Po površini sončnih sprejemnikov na prebivalca smo med vodilnimi evropskimi in svetovnimi državami, in sicer je v RS v uporabi 100.000 m² SSE ali 0,05 m² na prebivalca.

Prihranek energije, ki ga dosežemo z vgradnjo učinkovitih sončnih sprejemnikov za ogrevanje vode za štiri člansko družino, je med 2000 in 3000 kWh letno, kar je enakovredno približno 200 do 300 litrom kurilnega olja.

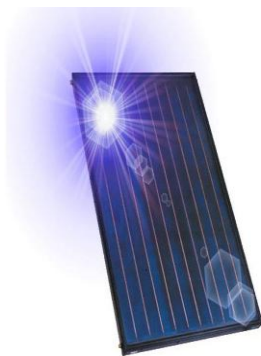
Pri odločanju za vgradnjo sončnega sprejemnika za pripravo tople vode moramo poznati količino sončne energije, ki jo imamo na razpolago v našem kraju. Na našem širšem področju RS sije sonce od 1600 do 2650 ur na leto ter vpade na 1 m² površine med 1000 in 1400 kWh letno sončne energije. Večina te energije je na razpolago v času od aprila in oktobra, ko ogrevanje prostorov ni potrebno, le približno 200 do 250 kWh pa je na voljo v zimskem času.

To pomeni, da ogrevanje prostorov z aktivnimi sistemi v naših vremenskih razmerah ni ekonomsko upravičeno, priprava tople vode v poletnem času pa je učinkovita.

Prvi pogoj za izkoriščanje sončne energije z aktivnimi sistemi je primerna lega stavbe. Stavba ne sme biti v senci drugih stavb, gozda, hribov in podobno. Sprejemnike sončne energije ponavadi namestimo na streho, zato je najbolje, da je streha obrnjena proti jugu, dopustne pa so smeri od JV in JZ.

V času, ko je premalo sončne energije, pa hranilnik priklopimo na ogrevalni kotel ali drugi vir ogrevanja.

Sistem za pripravo tople vode z energijo sonca je sestavljen iz naslednjih elementov:



Slika 10 : Sprejemnik sončne energije



Slika 11: Hranilnik toplote



Slika 12: Toplotni izmenjevalec

Obtočna črpalka je poleg sončnega kolektorja eden od pomembnejših delov vsakega solarnega sistema. Danes se v modernih solarnih sistemih vgrajujejo tipski **predmontirani črpalni seti**, ki poleg črpalke vsebujejo tudi **nepovratni ventil, zaporna ventila s termometrom (predtok in povratek), varnostni ventil, manometer, posodo za izločanje zraka in merilec z regulatorjem pretoka**.

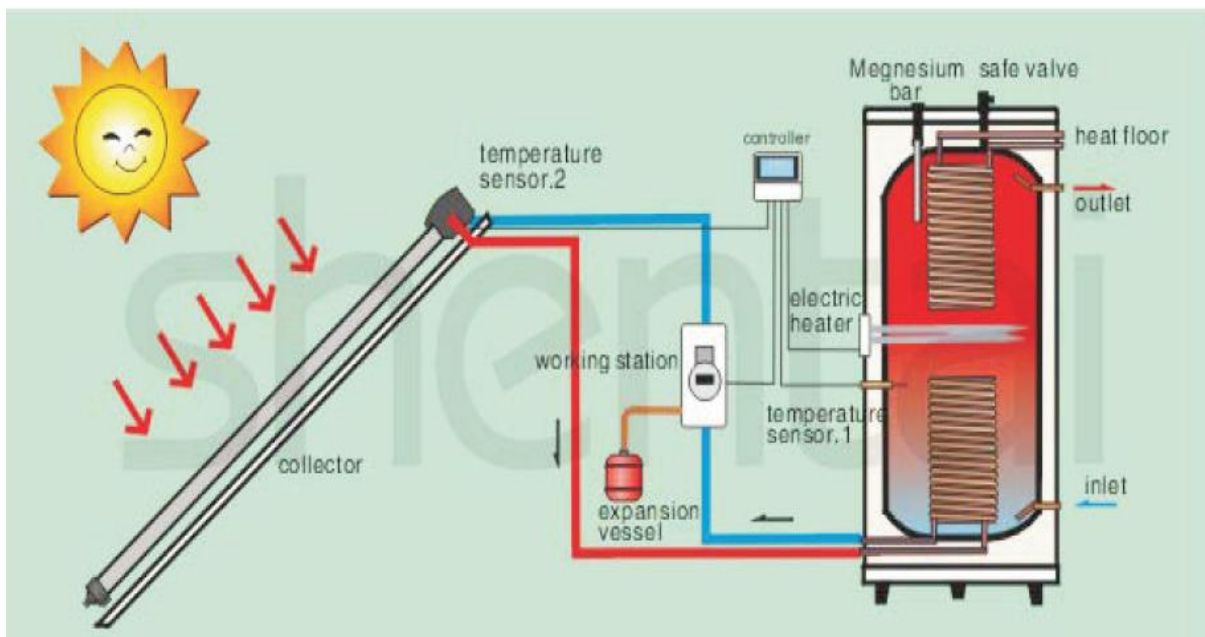
Solarni črpalčni set je opremljen tudi z dvema navojnima priključkoma in ventiloma za polnjenje in obtok grelnega medija. Kompletan črpalni set je izoliran s tipskim izolacijskim oklepom.



Slika 13: Predmontirani črpalni set

Pri odprtih sistemih mora biti odprta raztezna posoda na najvišjem mestu oziroma minimalno 200 mm nad najvišjo točko sistema. Zaprti sistemi so opremljeni s tlačno raztezno posodo in varnostnim ventilom, vezne cevi so premera minimalno 15 mm.

Za solarno pripravo sanitarne vode v povprečni enodružinski hiši zadostujejo dva do trije sprejemniki sončne energije in primerno velik (bivalenten) bojler. S solarno energijo lahko v naših zemljepisnih širinah pokrijemo okoli 60% celoletnih potreb po topli sanitarni vodi.



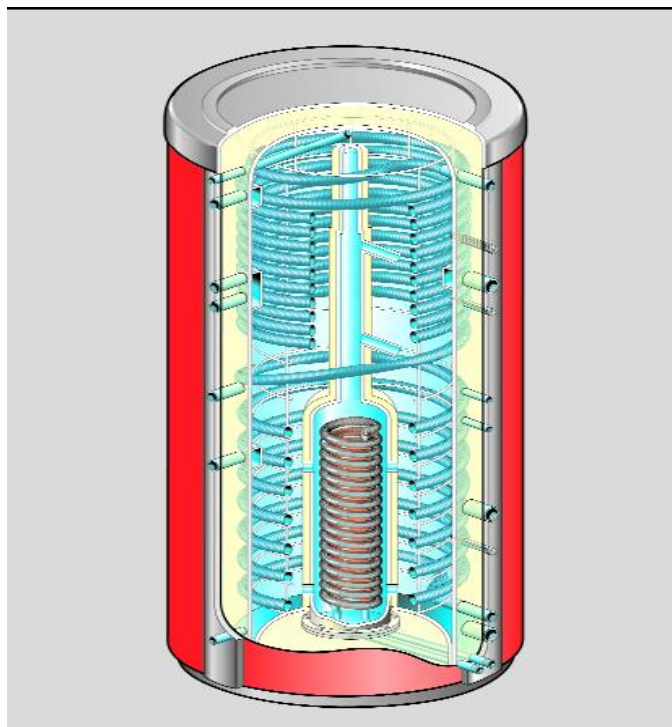
Slika 14: Shematičen primer vezave solarnega sistema za pridobivanje tople vode

Hranilnik toplotne energije za solarno pripravo tople sanitarne vode in za dopolnilno ogrevanje Weishaupt

Kadar se sončna energija ne koristi samo za gretje sanitarne vode ampak tudi za dopolnilno ogrevanje prostorov, je potrebno vgraditi hranilnik toplote večje prostornine. Inovativni Weishauptovi hranilniki toplote lahko koristijo več različnih virov (kotel na trda goriva, toplotna črpalka, električni grelnik, itd.). Odlikuje jih idealna toplotna porazdelitev in vzorna higiena sanitarne vode.

Hranilnik ima vgrajeno zelo dolgo spiralno zavito cev iz nerjavnega materiala, v kateri se hladna sanitarna voda ogreva po pretočnem principu. Valoviti profil cevi ustvarja turbulence in zelo veliko površino za prenos toplote, zato se sanitarna voda, katere volumen je sicer relativno majhen, hitro segreje in se hitro pretaka po cevi. Ker ni stagnacije, je sanitarna voda vedno sveža. Zaradi teh odličnih higienskih predpostavk in izredno učinkovite priprave tople sanitarne vode so Weishauptovi hranilniki toplote primerni celo za hotele in domove, kjer je poraba sanitarne vode večja.

Optimalna toplotna izolacija hranilnika poskrbi, da se toplotni dobitek solarne energije učinkovito ohrani. Specialni termoizolacijski plašč iz melaminske smole se tesno prilega in preprečuje vsakršno kroženje zraka med izolacijo in steno hranilnika. Dodatna investicija v melaminsko smolo se, v primerjavi z npr. mehko poliuretansko peno, na vsak način obrestuje.



Slika 15: Weishauptov hranilnik toplotne

–weishaupt–



Slika 16: Weishauptov hranilnik od zunaj

3 Toplotni izmenjevalci

S toplotnim izmenjevalnikom z vročim medijem ogrevamo hladnejšega. Pri tem se vroči medij ohlaja, hladni pa ogreva. Spremembi temperature nista linearni. Ločimo istosmerne in protismerne izmenjevalnike ter izmenjevalnike s prečnim tokom. Pri istosmernih tečeta ogrevni in ogrevani medij v isti smeri, pri protismernem pa v nasprotni. Navadno uporabljamo protismerne prenosnike toplote, ker je izkoristek boljši, temperaturna razlika večja in ogrevano sredstvo zagreto na večjo temperaturo.

3.1 SOLARNI TOPLOTNI IZMENJEVALCI

Solarni izmenjevalniki se uporabljajo za ogrevanje sanitarne vode, lahko pa tudi za podporo ogrevanju prostorov predvsem v prehodnih obdobjih. Grelec je vgrajen v hranilnik, v katerem je voda, ki hrani nakopičeno toploto.

Izmenjevalnik potrebujemo zaradi dveh različnih medijev. Na primarni strani je sistem napolnjen s protizmrzovalno tekočino, na sekundarni pa je sistem napolnjen z vodo. Sistem mora biti ločen zaradi več razlogov. Solarni kolektor mora biti napolnjen s protizmrzovalno tekočino, ker v zimskem času temperature padejo pod temperaturo ledišča, torej bi voda v sprejemniku toplote lahko zmrznila. S tem bi prišlo do poškodb izpostavljenih elementov. Drugi pomemben razlog pa je izločanje vodnega kamna na stenah cevi. Pri višjih temperaturah se namreč vodni kamen kopiči na stenah in s tem zmanjšuje pretočnost in prestop toplote.

V redkih primerih se uporablja tudi sistem solarnega ogrevanja brez toplotnega izmenjevalnika, torej le z enim medijem. V tem primeru v zimskem obdobju, oziroma ko temperature padejo pod ledišče, sistem izpraznimo. V primeru trde vode uporabimo tudi mehčalec vode.

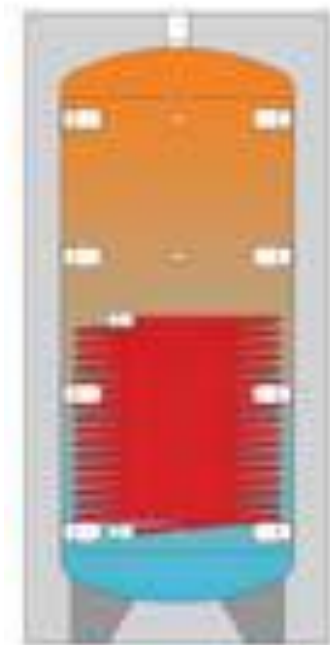
Vrste solarnih izmenjevalnikov izvisijo predvsem glede na vrsto hranilnika toplote. Hranilnik je potreben zaradi spremenljivosti vira sončne energije, tako skozi dan kot tudi skozi leto. Hranilnik hrani energijo, kadar primanjkuje sončnega sevanja tudi za nekaj dni. Seveda je to odvisno od velikosti hranilnika in njegove izolacije. Njegovo velikost izberemo glede na maksimalno moč sprejemnikov, ki je odvisna predvsem od velikosti.

3.2 OPIS KLASIČNEGA SOLARNEGA IZMENJEVALCA

V večini primerov je to cev, navita v obliki vijačnice, ki je vgrajena v hranilnik. Za različne volumne hranilnikov je potreben izračun prestopne površine grelnika in od tega je odvisna dolžina in premer same cevi. Vroč ogrevalni medij vstopa v izmenjevalnik na vrhu in izstopa ohlajen v spodnjem delu. Ogrevan medij se zaradi segrevanja počasi dviguje in s tem dosežemo protismerno delovanje izmenjevalnika.

Prednosti :

Ta način izvedbe grelnikov je zaradi sorazmerno preproste poceni in zanesljive izdelave zelo razširjen.



Slika 17: Klasični solarni izmenjevalnik

Slabosti :

Ker ob dnevih s slabim vremenom primanjkuje sončne energije, se nam lahko pojavi, da moramo vodo v manjšem hranilniku dogrevati z dodatnim toplotnim virom. Zato so potrebni večji hranilniki, ker lahko akumulirajo toploto tudi več dni. Pri večjih hranilnikih se voda segreva zelo počasi, ker segrevamo celoten volumen hranilnika naenkrat. To pomeni, da lahko segrevanje traja tudi več dni. Povprečna družina porabi dnevno od 200 do 300 litrov ogrete vode. Zato strmimo k temu, da zagotovimo potrebno dnevno količino vode, segrete na koristno temperaturo, česar nam ti grelniki ne omogočajo. Če želimo ogrevalni čas skrajšati, potrebujemo večjo količino dovedene toplote, ki jo zagotovimo z večjo površino solarnih kolektorjev. Vendar pa se lahko težava pojavi sredi poletja, ko je moč sonca največja in se podaljša tudi čas sevanja, kajti tedaj lahko prihaja do pregrevanja vode v hranilniku.

3.3 INTEGRIRANI SOLARNI GRELCI V VAKUUMSKIH SOLARNIH KOLEKTORJIH



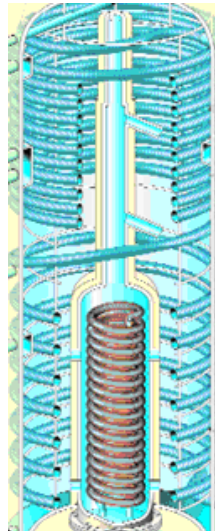
Slika 18: Integrirani solarni grelec

Integrirani nizekotlačni solarni grelniki vode so sestavljeni iz solarnega vakuumskega kolektorja, vodnega zalogovnika in nosilnega okvirja. Voda se segreva direktno v stiku z bakreno konico grelne cevi in s tem je omogočen pretok hladne in tople vode. Sama konstrukcija vodnega zalogovnika omogoča dolgotrajno temperaturno avtonomijo (do 72 ur). Tovrstni grelniki vode so zelo primerni za pripravo tople sanitarne vode, pranje perila itd.

Integrirani visokotlačni solarni grelniki vode so sestavljeni iz solarnega vakuumskega kolektorja, vodnega zalogovnika in nosilnega okvirja. Voda se segreva indirektno preko toplotnega izmenjevalnika, ki ga predstavlja bakrena cevna tuljava, tako da ni neposrednega stika s sanitarno vodo. Značilnost tega grelnika je izredno hiter zagon z neposrednim dovodom toplote v vodni zalogovnik. Sama konstrukcija vodnega zalogovnika omogoča dolgotrajno temperaturno avtonomijo (do 72 ur) in ima dolgo življenjsko dobo (do 15 let).

3.4 SOLARNI GRELEC, KI JE IZVEDEN V HRANILNIKU WEISHAUPT

Patentirana termo-cev ima funkcijo sistema za prevod toplote; zagotavlja metodično porazdelitev toplote znotraj hranilnika v štirih slojih. Toplotna energija se vedno dovaja najprej v vrhnji del hranilnika, tako da je toplota za ogrevanje in sanitarno vodo na voljo v zelo kratkem času. Ker delovanje termo-cevi z integriranim solarnim toplotnim prenosnikom temelji izključno samo na fizikalnem principu, dodatni mehanski elementi ali eksterni toplotni prenosniki s črpalkami niso potrebni. Tak način obratovanja pa je poznano najboljši pogoj za dolgo življenjsko dobo.



Slika 19: Solarni grelec Weishaupt

3.5 IZBOLJŠANI VERTIKALNI IZMENJEVALEC

Ker naju zanima področje solarne energije, sva se odločila da to področje raziščema in pregledava morebitne možnosti izboljšav. Dobila sva zamisel, kako povečati izkoristek toplotnega izmenjevalca. Navdih sva dobila pri Weishauptovem solarnem izmenjevalcu, katerega izkoristki so izredno visoki. Pričela sva risati skice in delati preračune, saj sva morala strmeti k zadostni površini izmenjevalca. Glede na površino sva tako dobila dolžino cevi, ki sva jo uporabila. Zaradi hitrejšega segrevanja sva se odločila za tri vijačnice. Kmalu sva ugotovila, da bodo upori v vsaki izmed njih različni zato sva vijačnico z najmanjšim premerom podaljšala, pri drugih dveh pa povečala korak. Vse skupaj sva dala v nerjavno cev, premera 135 mm. Na zgornjem koncu sva jo zreducirala na premer 20 mm. S tem sva sva preprečila vzgon in hkrati preveliko mešanje vode.

Predpostavila sva, da je ta izmenjevalec boljši od klasičnega v naslednjih segmentih:

- **Boljši prestopnostni koeficient:** večina klasičnih izmenjevalcev je narejena iz jeklene ali nerjavne v spiralo navite cevi, medtem ko je najina bakrena.
- **Temeljitejše segrevanje:** zaradi svoje oblike je najin izmenjevalec narejen tako, da voda po njem turbolira – se vrtinči, kar pri klasičnih ni možno.
- **Hitrejše segrevanje:** ker se pri najinem izmenjevalcu segreva le voda, ki je v cevi, se ta segreva hitro in se termosifonsko dviga pod vrh hranilnika, kjer se kopiči od zgoraj navzdol, medtem ko se pri klasičnem izmenjevalniku segreva vsa voda narenkrat, kar pomeni vseh 850l, se le ta počasi segreva in se dviguje v zgornji del.
- **Plastno ogrevanje:** pri klasičnem izmenjevalcu ni možnosti plastnega ogrevanja saj se ogreva celoten volumen naenkrat, medtem ko se pri najinem izboljššanem hranilniku razporedi toplota v tri cone, in sicer 1 cona se nahaja na izstopu iz izmenjevalca na vrhu, 2. cona se nahaja na izstopu spodaj in tretja – hladna cona v spodnjem delu hranilnika.

4 Načrt del

Načrtovanje

Za načrtovanje raziskovalne naloge sva potrebovala cca. 10 h. V sklopu načrtovanja sva izdelala delavniške risbe, naredila preračune in naročila potrebne komponente, ki sva jih potrebovala.

Izdelava izmenjevalca

Ko sva dobila orodja sva pričela, z izdelavo izmenjevalnika, ki je trajala 23 h.

Priprava hranilnikov in vgraditev izmenjevalca

Kar je zajemalo privaritev dodatnih navojnih puš, odrez pokrova in varjenje pokrova, vsesкупaj 15 h.

Povezava hranilnikov in razdelilca

Pomeni postavitve razdelilne postaje z vsmi komponentami in cevno povezavo do hranilnika, vse skupaj cca. 18 h.

Povezava med razdelilcem in kolektorji

Bakrena povezava in vgradnja črpalke 9 h.

Postavitev kolektorjev

Skupaj z narejenim podstavkom 12 h.

Meritve

S termografsko obdelavo slik 6 h.

Skupaj: 93 h

5 Postopek izdelave izmenjevalca

Ker vseh orodij za izdelavo nisva mogla narediti sama, sva jih dala izdelati zunanjim izvajalcem, na podlagi delavniške risbe, ki sva jo priložila.

Za izdelavo cevne vijačnega izmenjevalca sva morala naročiti orodje, s pomočjo katerega se bo cev navijala. V pro engineerju sva narisala delavniške risbe za vse tri vijačnice. Orodje je izdelano iz legiranega konstrukcijskega jekla trdnosti 1000N/mm^2 okroglega preseka. Vanj je zastružen utor polokrogla oblike v okliki spirale po vsej dolžini. Na obeh koncih je postružen čep za ležaja in čep za gonilno ročko, v katerem je utor za moznik.



Slika 20: Orodja za navijanje cevi

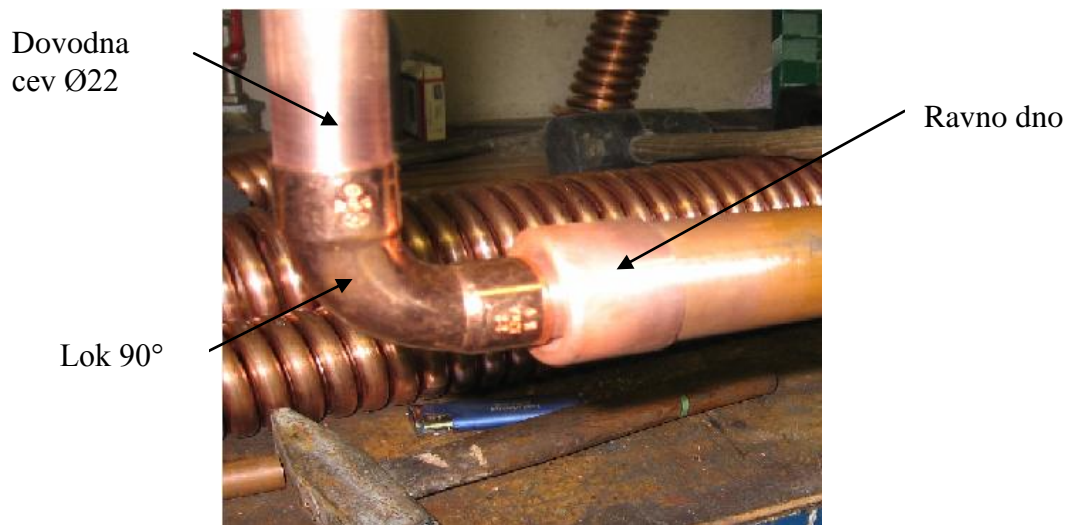
5.1 Izdelava vijačne cevi

Za lažje navijnje sva orodje vpela v stružnico obrnjeno s čepom na katerem je moznik proti ameriški glavi. Ko sva pričela z navijanjem, sva skozi cev zvirtala luknjo tangencialno na prerez in jo privijačila na utek utora, da cev pri navijanju ne zdrsne. Za tem vklopimo vrtenje in s tem se prične navijanje cevi vzdolž orodja. Ko pridemo do izteka vijačnice, cev odrežemo ter jo skupaj z orodjem izpnemo.

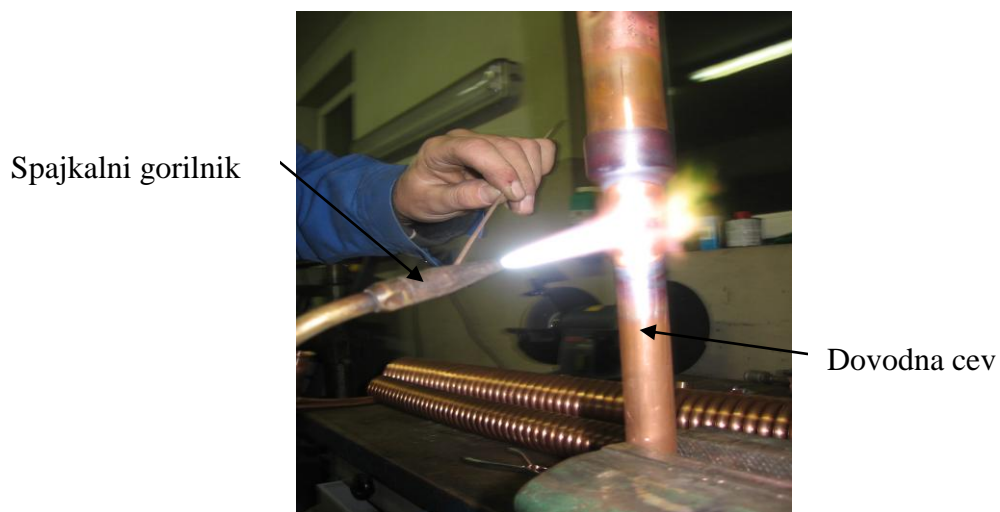
Na čep z moznikom natakne ročko ter vrtimo v nasprotni smeri navijanja tako, da spiralo odvijemo. Po istem postopku naredimo še obe naslednji spiralasto naviti cevi, le da za vsako zamenjamo orodje in vstavimo naslednjega večjega glede na premer.

5.2 Dovod

Dovod v izmenjevalnik je iz bakrene cevi premera 22mm.



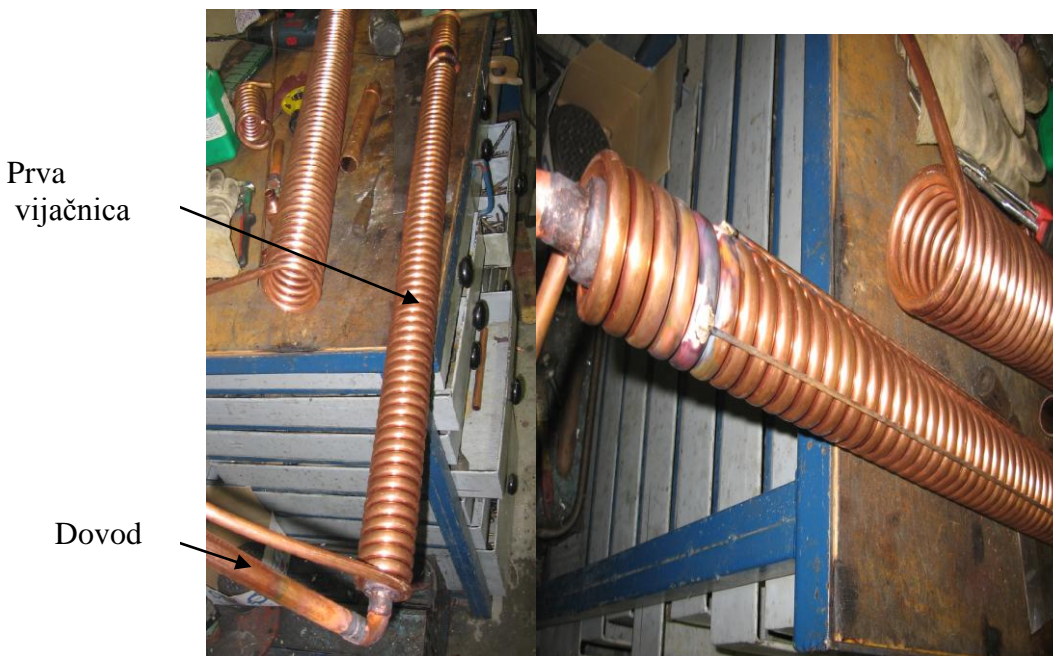
Slika 21: Dovod v izmenjevalnik



Slika 22: Trdo spajkanje dovodne cevi

5.3 Prva vijačnica

Prva vijačnica je nataknjena na dovodno vertikalno cev. Dovod v spiralo je bil pritrjen v že naprej narejeno izvrtino izmenjevalca.

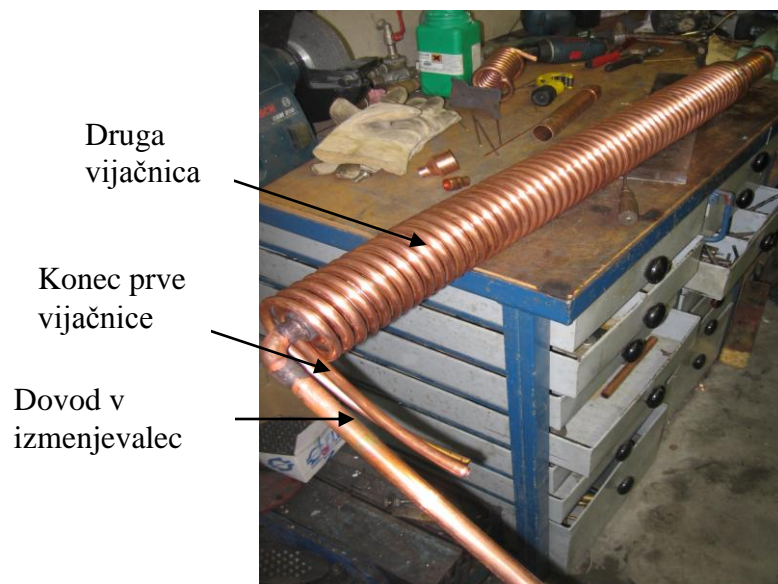


Slika 23: Prva vijačnica

Komentar: na sliki se vidi dovod v spirale in prva vijačnica, nataknjena na vertikalni steber.

5.4 Druga vijačnica

Druga vijačnica je nataknjena na prvo. Med obema vijačnicama je zračnost, ki jo zagotovimo s primernim dimenzioniranjem vijačnic.



Slika 24: Druga vijačnica

5.5 Tretja vijačnica

Tretja vijačnica je nataknjena na prvi dve, med spiralama je zračnost, na vrhu se spirala konča tako kot druga. Tudi tu moramo upoštevati zračnost med vijačnicami.



Slika 25: Tretja vijačnica

Komentar: na sliki je razvidno, kako so vijahnice natakknjene ena na drugo. Med vsako vijahnico je dovolj zračnosti za vzgon vode.

5.6 Povratni vod

Povratni vod iz izmenjevalca sva začela graditi tako, da sva najprej poravnala vse konce spiral v vzporedno lego z dovodno cevjo. Vijahnice sva porezala na ravnem delu ter jih spojila na povratno cev.

5.7 Tlačni preizkus

Da sva preverila tesnost izmenjevalca, sva naredila tlačni preizkus. Najprej sva na konec dovoda in povratka prispajkala prehodne kose 22-3/40". Na enega sva pritrdila čep, na drugega pa t-kos na katerem sta bila manometer in polnilna pipa. Nato sva s kompresorjem napolnila v izmenjevalnik zrak na tlak 6 barov ter počakala, da sva videla, ali tlak pada.

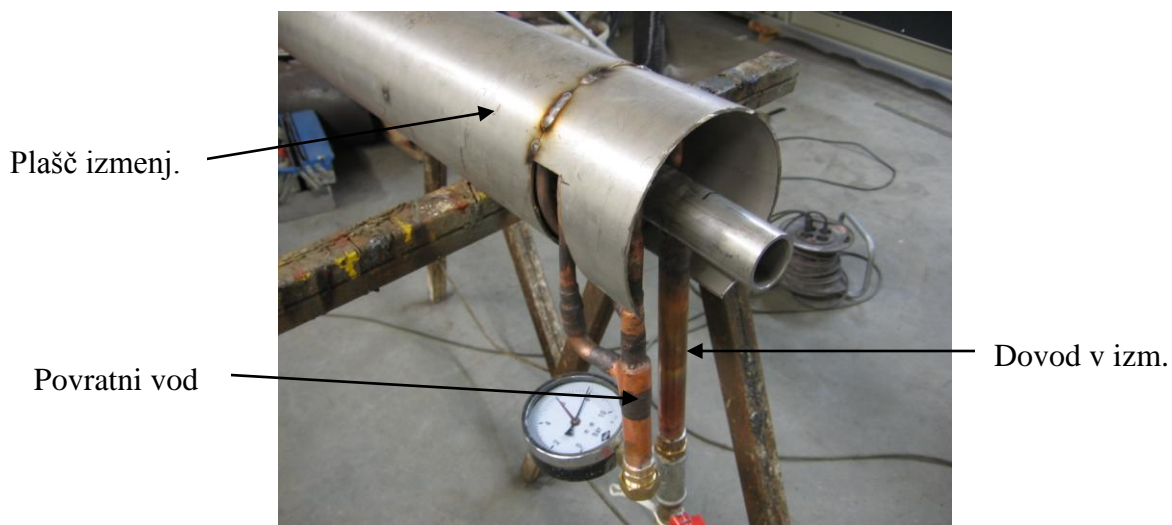


Slika 26: Tlačni preizkus

Komntar: na sliki 10 barski manometer za opravljanje tlačnih preizkusov

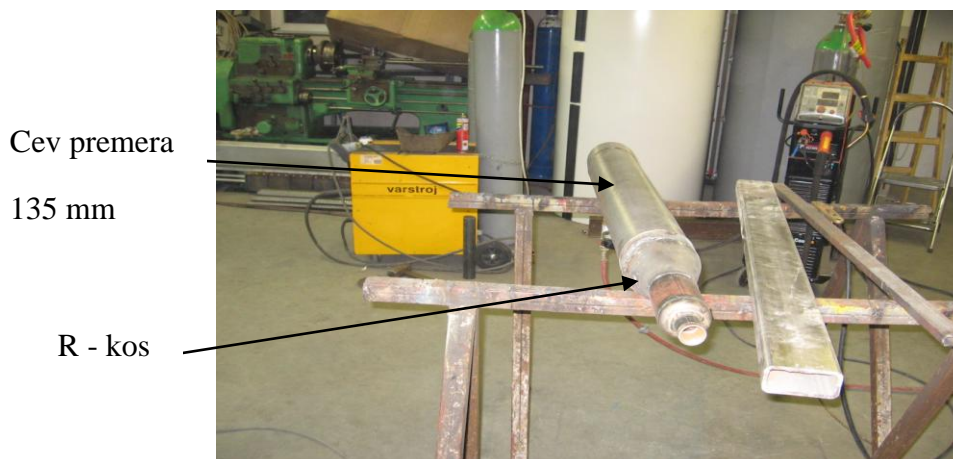
5.8 Plašč izmenjevalnika

Ko sva bila gotova z notranjim delom izmenjevalnika, sva se lotila zunanjega plašča. Za plašč sva uporabila nerjavno cev premera 135mm. Da je cev segala do spodnjega roba izmenjevalnika, jo je bilo treba porezati tako, da sta bakreni cevi za povratek in dovod nemoteno segali skozi plašč.



Slika 27: Spodnji del plašča

Na vrhu sva odrezala plašč tako visoko, kot se je začela tretja vijajnica. Na cev sva privarila r-kos. Nato pa sva privarila cev premera 60 mm na reducir in jo odrezala na takšno dolžino, da je bil zgornji rob cevi poravnani z vrhom izmenjevalca. Vse sva varila po pulznem postopku s primerno inox žico.

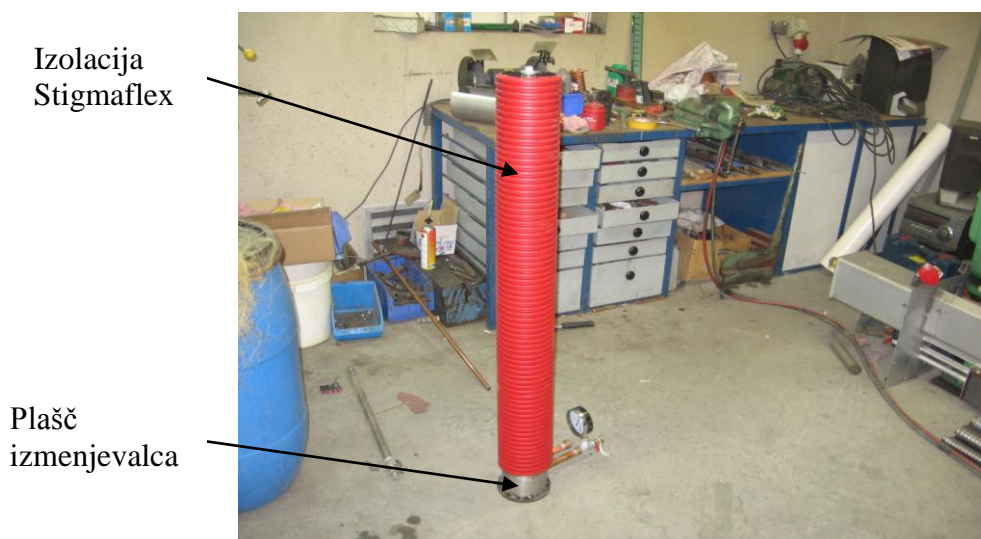


Slika 28: Zunanji plašč izmenjevalnika

Na spodnjem delu plašča sva privarila okroglo izrezano ploščo, ki daje izmenjevalniku stabilnost.

5.9 Izolacija plašča

Ker bo izmenjevalnik v mediju z dvema velikima temperaturama razlikama na eni in drugi strani plašča, sva se odločila, da plašč izolirava. V nasprotnem primeru bi voda zunaj izmenjevalnika preveč ohlajala cev plašča. Za izolacijo sva uporabila stigmaflex cev premera 140mm. Izolacijska cev je bila tesno nabita na plašč in je segala od priključkov pa vse do vrha varilnega komada.



Slika 29: Izolacija izmenjevalca

Ko je bila izolacija nataknjena je ostal zrak med izolacijo in plaščem v zgornjem delu, kjer se zreducira. Ta prostor je bilo treba zapolniti, zato sva vanj vlila poliestersko maso.

Vmesni zračni prostor



Slika 30: Tesnjenje s poliestrsko maso

5.10 Spajkanje nerjavnih cevi na bakrene

Ker je hranilnik narejen iz jeklene pločevine, izmenjevalec pa iz bakra, je bilo potrebno najti rešitev, kako pripeljati dovod in povratek v hranilnik, in ga spojiti na bakren izmenjevalnik. To sva rešila tako, da sva nerjavno cev notranjega premera 21mm, postružila na premer 22 mm v globino 20 mm. Nerjavni cevi sta bili nataktnjeni na dovod in povratek ter spojeni s spajko.

Spoj spojen s spajko



Slika 31: Prehod iz bakrene cevi na nerjavno

5.11 Priprava hranilnika

Da sva lahko primerjala volumsko dva enaka hranilnika, sva vzela Pufferjev hranilnik z vgrajenim cevnim izmenjevalnikom volumna 850 l ter hranilnik iste količine brez izmenjevalca. Le temu sva odrezala zgornje bombirano dno, da sva lahko vanj vstavila naš izmenjevalnik. Na oba hranilnika pa sva privarila varilne navojne puše, da sva lahko vstavila dodatne tulce za tipala. V izvrtine sva vstavila navojne puše premera $\frac{1}{2}$ " in jih zavarila po MAG postopku.



Slika 32: Hranilnik brez pokrova

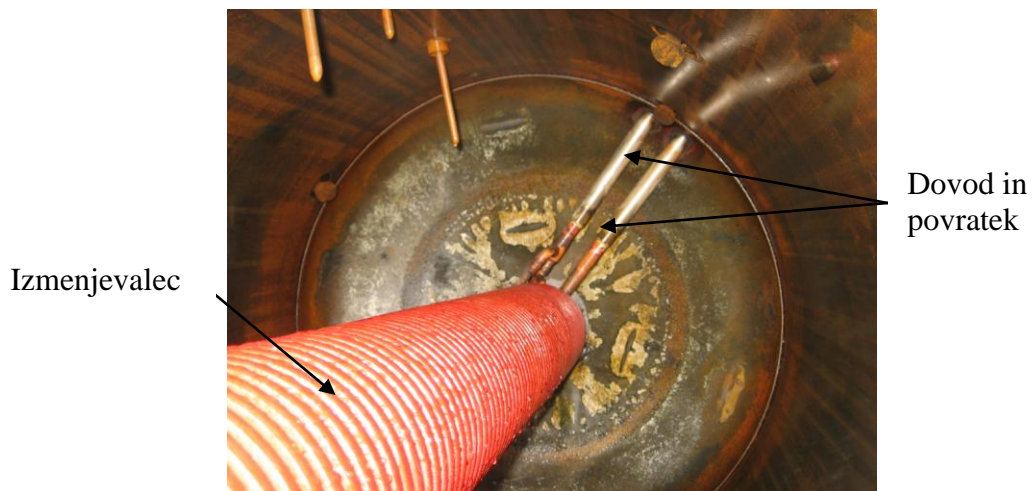
Vmesna
merna mesta



Slika 33: Privarjene dodatne navojne puše

5.12 Vstavitev izmenjevalca v hranilnik

Na spodnji strani hranilnika sva v plašč izvrtala izvrtini za dovod in povratek v izmenjevalnik v višini priključkov. Izmenjevalnik sva vstavila v hranilnik, nerjavni cevi pa sva vdela skozi izvrtini, tako da sta segali 100 mm skozi pločevino. Zatem sva izmenjevalec postavila na dano pozicijo in ga privarila na dno.



Slika 34: Vstavljene izmenjevalec

Po pritrditvi sva zavarila še dovod in povratek na plašč hranilnika.



Slika 35: Privarjeni priključki izmenjevalnika

5.13 Privaritev bombiranega dna

Po končanju z deli znotraj hranilnika sva ga ponovno zaprla. Najprej sva obrusila zve, ki so ostale na pločevini in zatem privarila star pokrov, ki sva ga na začetku odrezala.



Zvar pokrova

Slika 36: Privarjeni pokrov na hranilniku

6 Povezava hranilnikov in kolektorjev

Izboljššan hranilnik sva primerjala tudi z weishaupovim, vendar to nisva zajela v raziskavi zaradi različnih volumnov, ker bi bilo težko natančno primerjati izmerjene vrednosti. Pri povezavi sva se odločila, da najprej poveževa hranilnike in razdelilec in nato postaviva sončne kolektorje ter narediva še povezavo med razdelilcem in kolektorji zunaj.

Hranilnike sva razporedila po prostoru in navijačila čepe v tiste priključke, kjer je to bilo potrebno, saj je bilo treba hranilnik napolniti z vodo. Ko so bili priključki zatesnjeni, sva hranilnike oblekla z ustrezno izolacijo.



Slika 37: Hranilnika Weishaupt in Puffer

Za postavitvijo hranilnikov je sledila postavitvev razdelilca in hidravlične kretnice. Razdelilec sva privijačila na steno. Na dvižne vode sva privijačila tri montažne sete ki vsebujejo: merilec pretoka, črpalko, termometra, ventila na dovodu in povratku, manometer in varnostni ventil. Nad montažni set sva v povratek vgradila kalorimeter za merjenje pretoka, temperature dovoda in povratka ter količino oddane moči.



Slika 38: Montažni seti in kalorimetri



Slika 39: Razdelilec s kretnico

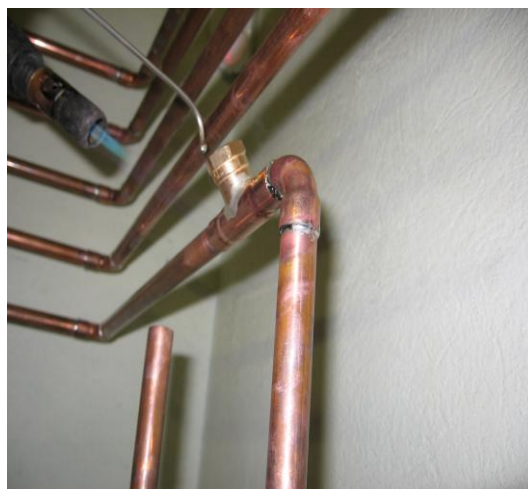
Dovod v hranilnik sva na spodnji strani povezala preko hidravlične kretnice, ki ima funkcijo odvzema tolikšne količine vode, kot je potrebno, saj so ob različnem številu vklopljenih črpalk različni pretoki.

6.1 Povezava

Sledila je povezava med hranilnikom in razdelilcem, ki je bila narejena iz bakrene cevi Ø15. Cevi so bile pritrjene na steno s cevniimi držali hilti. Vse povezave so se spajale z mehkim lotanjem. Na najvišji točki pa sva montirala še odzračevalne pipice.



Slika 40: Povezava



Slika 41: Odzračevalni komad

Povezavi je sledilo se izoliranje cevi z izlacijo armaflex 15 x 09.



Slika 42: Izolacija cevi

6.2 Postavitev sprejemnikov - kolektorjev

S končanjem postavitve hranilnikov in vseh notranjih napeljav sva se lotila postavitve šestih Msolarjevih ploščatih kolektorjev. Odločila sva se postaviti kolektorje zunaj pred delavnico. Za to sva potrebovala okvir iz jeklenih konstrukcijskih profilov. Naredila sva okvir iz pohištvne cevi 40 x 80, ki je bil nosilni. Na ta okvir pa sva privarila še L profil 40 x 40, ki je držal distanco, saj se je kolektor namestil tesno med profila in ni bilo možnosti pemikanja. Sledile so nogice, ki so bile narezane na tako dolžino, da so zagotavljalje med podlago in podstavkom kot 60°.



Slika 43: Izdelava okvirja



Slika 44: Okvir postavljen na mesto merjenja

6.3 Vgradnja sprejemnikov - kolektorjev

Vgradnja sprejemnikov ni bila zahtevna, saj nama jih ni bilo potrebno vijačiti na podlago. Sprejemnike sva vstavila v okvir in jih povezala z vmesnimi povezovalnimi cevmi. Razdelila sva jih po tri in tri. Znotraj treh kolektorjev je nastopala zaporedna vezava, med tem ko so se v skupini povezali z vzporedno vezavo. Na obeh koncih sprejemnikov je bila fleksibilna cev. Na eni strani spodaj dovod in na drugi zgoraj izstop iz njih.



Slika 45: Povezava med kolektorji



Slika 46: Fleksibilna cev na izhodu iz kolektorja

6.4 Povezava kolektorjev in razdelilca

Za povezavo sva uporabila bakreno plastificirano cev premera 18 mm. Cev v kolotu sva razvila od priključkov na kolektorjih do razdelilca v delavnici. Izolirala sva jo z debelejšo obstojno izolacijo. Bakrena cev je s fleksibilno cevjo spojena preko prehodnega kosa. Na hidravlično kretnico sva vezala dovod direktno, povratek pa preko črpalke in raztezne posode nazaj na kolektorje. Črpalko potrebujemo, da nam transportira tekočino od kolektorjev do hidravlične kretnice.



Slika 47: Navezava dovoda in povratka iz kolektorjev



Slika 48: Povezava do kolektorjev

Sistem sva povezala tudi na plinsko ogrevalno peč za primer, če ne bi bilo dovolj sončne energije. Tosva izvedla z nerjavnimi fleksibilnimi cevmi premera $\frac{3}{4}$ ".



Slika 49: Povezava peči na razdelilec

6.5 Polnjenje sistema

Sistem je bil v celoti napolnjen s protizmrzovalno tekočino solar in odzračen.

7 MERITVE

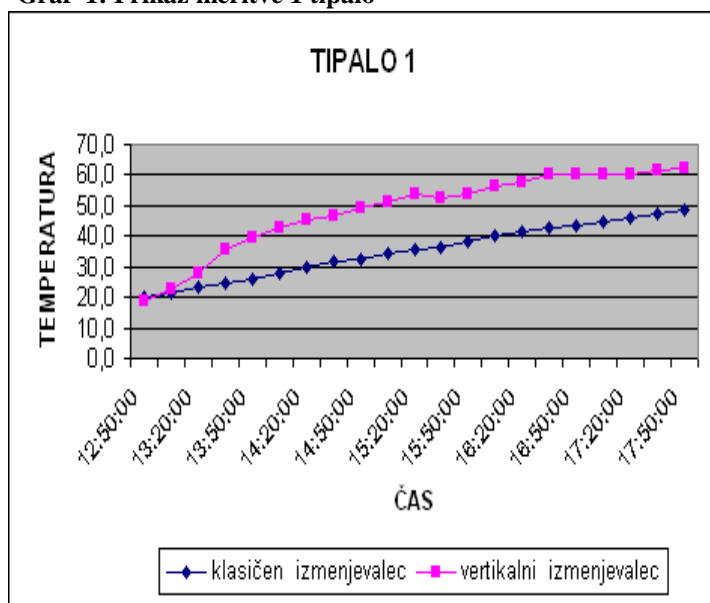
Meritve sva opravljala dne 13. 3. 2010 s pričetkom ob 12.50 uri. Merila sva pet ur. Na vsakem hranilniku je bilo pozicioniranih osem kapilarnih termometrov. Vsakih 15 minut sva odčitavala temperature posameznega hranilnika. Grafi so narejeni na podlagi tipal. Tako je za en višinski nivo in oba hranilnika prikazana krivulja naraščanja temperature skozi vso meritvev.

Tipalo 1

Tabela 1: Podatki meritve za 1 tipalo

ČAS	klasičen izmenjevalec	vertikalni izmenjevalec
12:50:00	20,0	19,0
13:05:00	21,5	23,0
13:20:00	23,5	28,0
13:35:00	24,5	35,5
13:50:00	26,0	39,5
14:05:00	28,0	43,0
14:20:00	29,5	45,5
14:35:00	31,5	46,5
14:50:00	32,5	49,0
15:05:00	34,5	51,5
15:20:00	35,5	53,5
15:35:00	36,5	52,5
15:50:00	38,0	54,0
16:05:00	40,0	56,5
16:20:00	41,5	58,0
16:35:00	42,5	60,0
16:50:00	43,5	60,0
17:05:00	44,5	60,0
17:20:00	46,0	60,5
17:35:00	47,0	61,5
17:50:00	48,5	62,5

Graf 1: Prikaz meritve 1 tipalo



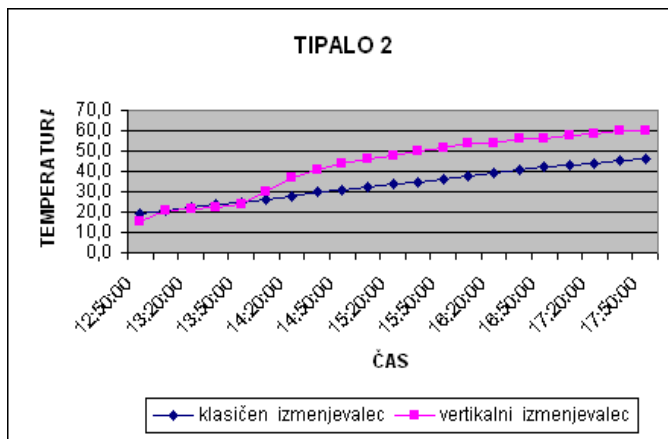
Komentar: Na prvem grafu je opaziti, da se temperatura v zgornjem delu hranilnika z vertikalnim izmenjevalcem – v nadaljevanju A hranilniku, že po prvih petnajstih minutah odcepi od hranilnika s klasičnim izmenjevalcem – B hranilnik. Temperaturna razlika vedno bolj strmo narašča, dokler se v vrhu ne doseže temperatura 60 °C, kjer se krivulji zopet približujeta.

Tipalo 2

Tabela 2: Podatki meritve za 2 tipalo

ČAS	klasičen	vertikalni
	izmenjevalec	izmenjevalec
12:50:00	19,5	15,5
13:05:00	20,5	21,0
13:20:00	22,0	21,5
13:35:00	24,0	22,0
13:50:00	25,0	24,0
14:05:00	26,5	30,0
14:20:00	28,0	37,0
14:35:00	30,0	41,0
14:50:00	31,0	44,0
15:05:00	32,5	46,0
15:20:00	34,0	48,0
15:35:00	35,0	50,0
15:50:00	36,0	51,5
16:05:00	38,0	53,5
16:20:00	39,5	54,0
16:35:00	41,0	56,0
16:50:00	42,0	56,0
17:05:00	43,0	58,0
17:20:00	44,0	58,5
17:35:00	45,5	60,0
17:50:00	46,5	60,0

Graf 2: Prikaz meritve 2 tipalo



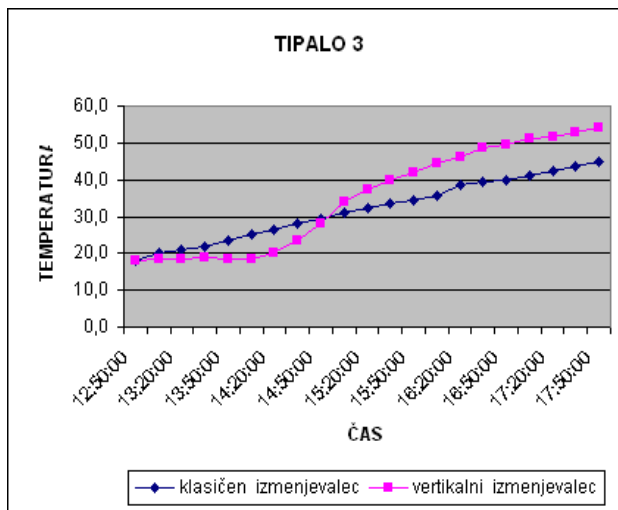
Komentar: pri drugem tipalu ki je 150 mm nižje pod prvim, opazimo, da sta temperaturi dlje časa enaki, nato pa se v hranilniku A začne zgornji del hitreje segrevati do neke točke kjer vrednosti temperature obeh hranilnikov rasteta premočrtno. Po petih urah je temperatura vode v hranilniku A še vedno višja kot v hranilniku B.

Tipalo 3

Tabela 3: Podatki meritve za 3 tipalo

ČAS	klasičen	vertikalni
	izmenjevalec	izmenjevalec
12:50:00	18,0	18,0
13:05:00	20,0	18,5
13:20:00	21,0	18,5
13:35:00	22,0	19,0
13:50:00	23,5	18,5
14:05:00	25,0	18,5
14:20:00	26,5	20,0
14:35:00	28,0	23,5
14:50:00	29,5	28,0
15:05:00	31,0	34,0
15:20:00	32,5	37,5
15:35:00	33,5	40,0
15:50:00	34,5	42,0
16:05:00	35,5	44,5
16:20:00	38,5	46,0
16:35:00	39,5	48,5
16:50:00	40,0	49,5
17:05:00	41,0	51,0
17:20:00	42,5	51,5
17:35:00	43,5	53,0
17:50:00	45,0	54,0

Graf 3: Prikaz meritve 3 tipalo



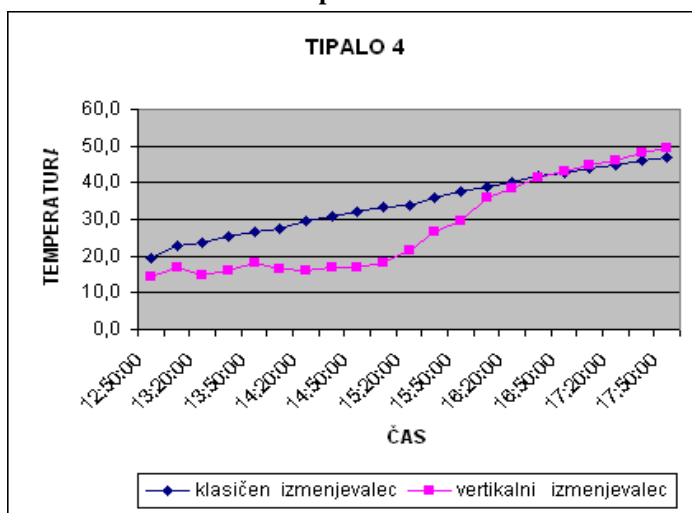
Komentar: začetni temperaturi na nivoju tipala 3 sta enaki. Ob začetku segrevanja se temperatura v točki tri sploh ne spreminja. Temperatura se dvigne šele, ko je zgornji del dovolj segret za potrebe sanitarne vode. Toplota se počasi širi navzdol in po eni uri in pol dosežemo prve spremembe temperature, nato se krivulja strmo vpenja do določene točke. Od tu naprej sta krivulji hranilnika A in B vzporedni s konstantno temperaturno razliko 10 °C.

Tipalo 4

Tabela 4: Podatki meritve za 4 tipalo

ČAS	klasičen	vertikalni
	izmenjevalec	izmenjevalec
12:50:00	19,5	14,5
13:05:00	23,0	17,0
13:20:00	23,5	15,0
13:35:00	25,5	16,0
13:50:00	26,5	18,0
14:05:00	27,5	16,5
14:20:00	29,5	16,0
14:35:00	31,0	17,0
14:50:00	32,0	17,0
15:05:00	33,5	18,0
15:20:00	34,0	21,5
15:35:00	36,0	26,5
15:50:00	37,5	29,5
16:05:00	39,0	36,0
16:20:00	40,0	38,5
16:35:00	42,0	41,5
16:50:00	42,5	43,0
17:05:00	44,0	45,0
17:20:00	45,0	46,0
17:35:00	46,0	48,0
17:50:00	47,0	49,5

Graf 4: Prikaz meritve 4 tipalo



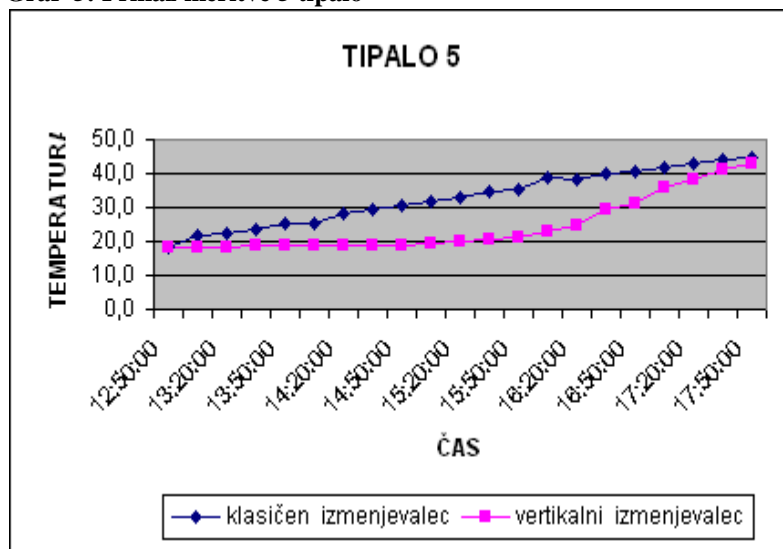
Komentar: temperaturi sta že v izodišču nekoliko žiji, krivulja temperature hranilnika B je premica. Medtem ko je temperatura hranilnika A v začetku konstantna zopet zaradi ogrevanja v zgornji plasti. Toplotni tok poteka počasi navzdol in po dveh in pol urah se začne temperatura bliskovito povečevati. Doseže enako temperaturo, kot je v hranilniku B, nato pa se stabilizira in raste umirjeno premočrtno, vzporedno s temperaturo v hranilniku B.

Tipalo 5

Tabela 5: Podatki meritve za 5 tipalo

ČAS	klasičen izmenjevalec	vertikalni izmenjevalec
12:50:00	18,0	18,0
13:05:00	21,5	18,0
13:20:00	22,5	18,5
13:35:00	23,5	19,0
13:50:00	25,5	19,0
14:05:00	25,5	19,0
14:20:00	28,0	19,0
14:35:00	29,5	19,0
14:50:00	30,5	19,0
15:05:00	32,0	19,5
15:20:00	33,0	20,0
15:35:00	34,5	20,5
15:50:00	35,5	21,0
16:05:00	39,0	23,0
16:20:00	38,5	25,0
16:35:00	40,0	29,5
16:50:00	40,5	31,0
17:05:00	42,0	36,0
17:20:00	43,0	38,0
17:35:00	44,0	41,0
17:50:00	45,0	43,0

Graf 5: Prikaz meritve 5 tipalo



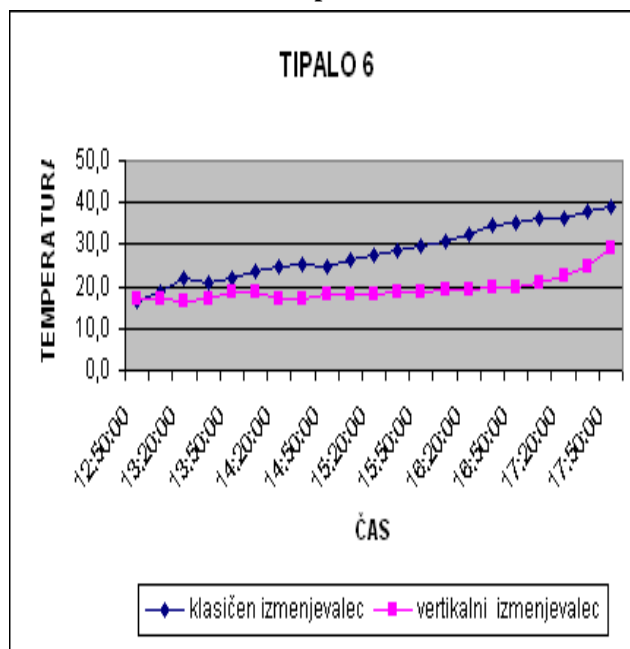
Komentar: krivulja temperature grafa A je za vsako nižje tipalo dalj časa vodoravna, kar pomeni, da se temperatura ne spreminja. Vendar kljub temu je prednost v tem, da imamo toliko sanitarne vode, kot jo potrebujemo že kmalu po začetku segrevanja, kar pri hranilniku B dosežemo šele po štirih urah.

Tipalo 6

Tabela 6: Podatki meritve za 6 tipalo

ČAS	klasičen izmenjevalec	vertikalni izmenjevalec
12:50:00	16,5	17,0
13:05:00	18,5	17,0
13:20:00	22,0	16,5
13:35:00	21,0	17,0
13:50:00	22,0	18,5
14:05:00	23,5	18,5
14:20:00	24,5	17,0
14:35:00	25,5	17,0
14:50:00	24,5	18,0
15:05:00	26,5	18,0
15:20:00	27,5	18,0
15:35:00	28,5	18,5
15:50:00	29,5	18,5
16:05:00	31,0	19,0
16:20:00	32,5	19,0
16:35:00	34,5	20,0
16:50:00	35,0	20,0
17:05:00	36,0	21,0
17:20:00	36,5	22,5
17:35:00	38,0	25,0
17:50:00	39,0	29,0

Graf 6: Prikaz meritve 6 tipalo



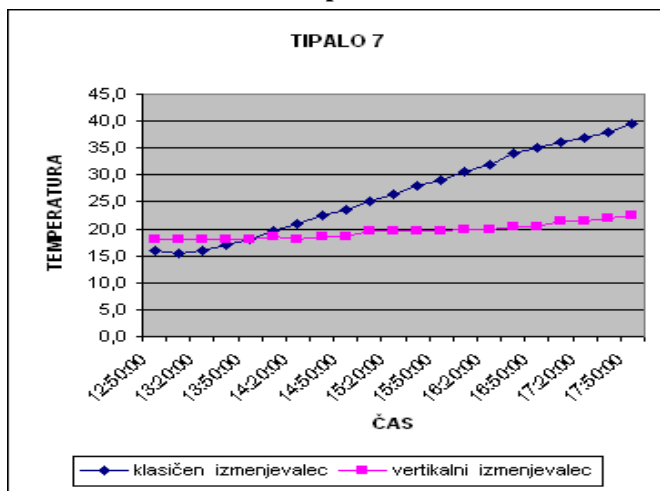
Komentar: temperatura v hranilniku B ves čas narašča premočrtno po vsem volumnu, medtem ko se temperatura pri hranilniku A začne spreminjati šele malo pred koncem. Če bi segrevali še eno uro, bi se temperaturi obeh hranilnikov najbrž izenačili.

Tipalo 7

Tabela 7: Podatki meritve za 7 tipalo

ČAS	klasičen izmenjevalec	vertikalni izmenjevalec
12:50:00	16,0	18,0
13:05:00	15,5	18,0
13:20:00	16,0	18,0
13:35:00	17,0	18,0
13:50:00	18,0	18,0
14:05:00	19,5	18,5
14:20:00	21,0	18,0
14:35:00	22,5	18,5
14:50:00	23,5	18,5
15:05:00	25,0	19,5
15:20:00	26,5	19,5
15:35:00	28,0	19,5
15:50:00	29,0	19,5
16:05:00	30,5	20,0
16:20:00	32,0	20,0
16:35:00	34,0	20,5
16:50:00	35,0	20,5
17:05:00	36,0	21,5
17:20:00	37,0	21,5
17:35:00	38,0	22,0
17:50:00	39,5	22,5

Graf 7: Prikaz meritve 7 tipalo



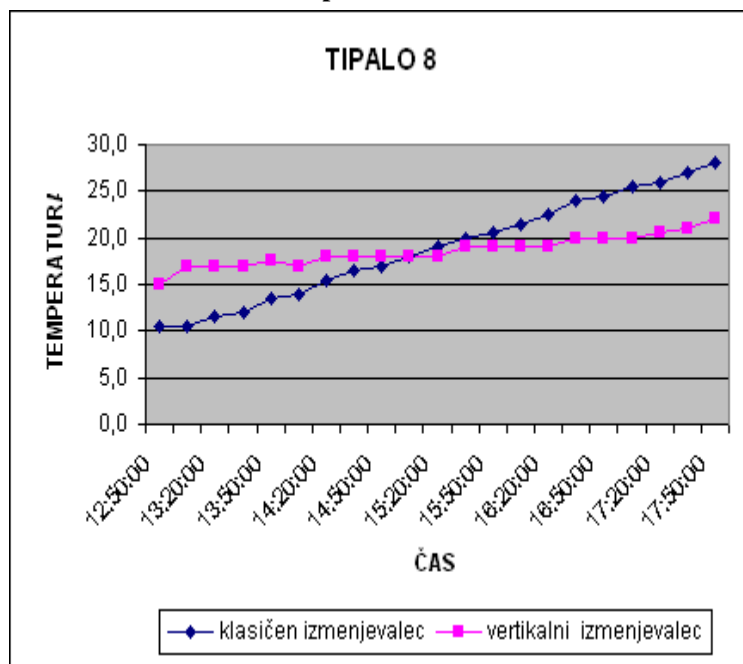
Komentar: temperatura v hranilniku B tu narašča nekoliko bolj strmo, saj smo v področju izmenjevalnika, ki se nahaja v spodnjem delu hranilnika. Krivulja temperatur izmerjenih v hranilniku A, je položna in se od začetka ogrevanja spremeni le za 4,5 °C.

Tipalo 8

Tabela 8: Podatki meritve za 8 tipalo

ČAS	klasičen izmenjevalec	vertikalni izmenjevalec
12:50:00	10,5	15,0
13:05:00	10,5	17,0
13:20:00	11,5	17,0
13:35:00	12,0	17,0
13:50:00	13,5	17,5
14:05:00	14,0	17,0
14:20:00	15,5	18,0
14:35:00	16,5	18,0
14:50:00	17,0	18,0
15:05:00	18,0	18,0
15:20:00	19,0	18,0
15:35:00	20,0	19,0
15:50:00	20,5	19,0
16:05:00	21,5	19,0
16:20:00	22,5	19,0
16:35:00	24,0	20,0
16:50:00	24,5	20,0
17:05:00	25,5	20,0
17:20:00	26,0	20,5
17:35:00	27,0	21,0
17:50:00	28,0	22,0

Graf 8: Prikaz meritve 8 tipalo

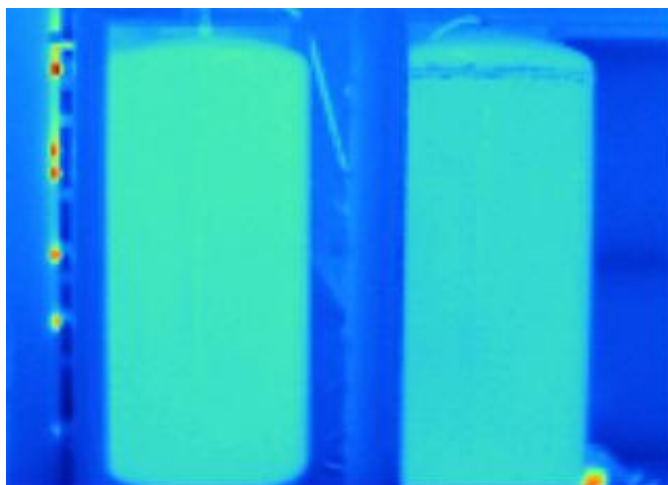


Komentar: v spodnjem delu hranilnika najnižje temperaturne razlike med začetkom in koncem merjenja. Pri hranilniku B izmenjevalec več ne sega tako nizko, zato se temperatura le počasi dviguje, v hranilniku A pa se temperatura v zgornjem delu še ni toliko segrela, da bi prehajala toplota navzdol.

8 PODATKI, PRIDOBLENI S POMOČJO TOPLOTNE KAMERE

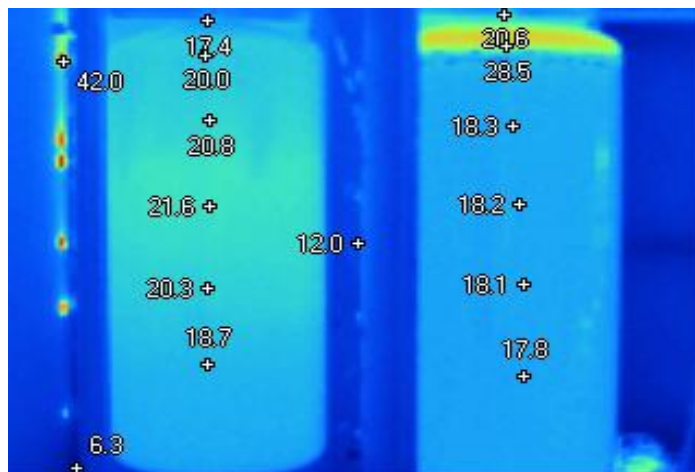
Za predstavo o plastnem ogrevanju hranilnika sva si izposodila toplotno kamero. Snemala sva oba hrnilnika v presledkih po 30 min.

Prva slika, narejena pred začetkom ogrevanja, temperaturi obeh hranilnikov sta enaki.



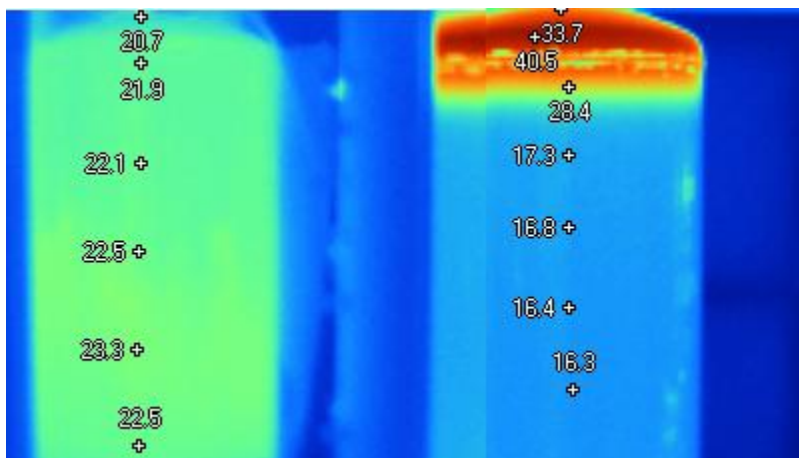
Slika 50: Prvi termografski posnetek

Pri drugem posnetku, ki je bil narejen 15min po začetku merjenja, so že opazne prve spremembe na hranilniku z najinim vertikalnim izmenjevalnikom. V zgornjem delu se je temperatura dvignila že več kot za 10 °C. Temperature v hranilniku s klasičnim izmenjevalnikom se še niso spremenile.



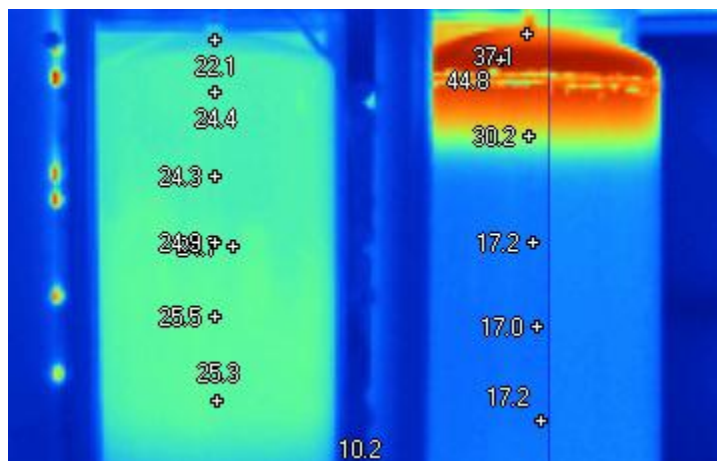
Slika 51: Termografski posnetek po 15 minutah

Pol ure po začetku merjenja opaziva, da začne v hranilniku s cevnim izmenjevalnikom temperatura vode v srednjem delu oziroma v področju vijačnice naraščati. Medtem ko se temperatura v zgornjem delu hranilnika z vertikalnim izmenjevalnikom dvigne že iz začetnih 20 °C na 40 °C.



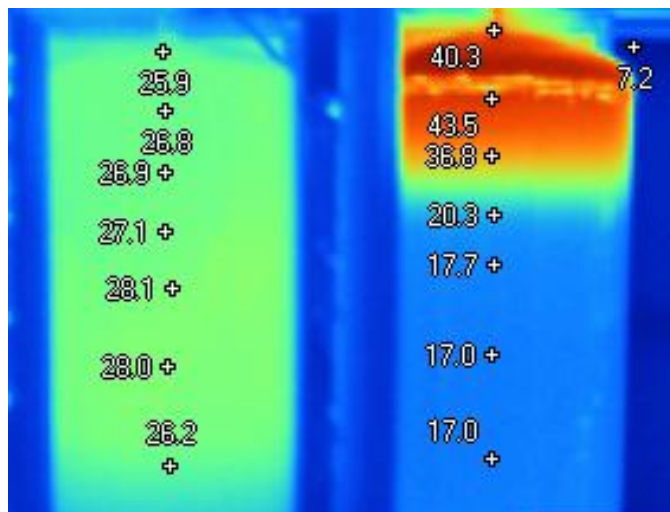
Slika 52 Termografski posnetek po 30 minutah

Naslednji posnetek, ki je bil narejen po eni uri, prikaže, da temperatura osrenjega dela levega hranilnika raste in toplotni tok se počasi dviga proti vrhu. Medtem ko se segrevanje v zgornjem delu hranilnika 2 upočasni vendar se toplotni tok začne širiti navzdol. Medij je že dovolj segret za potrebe tople sanitarne vode.



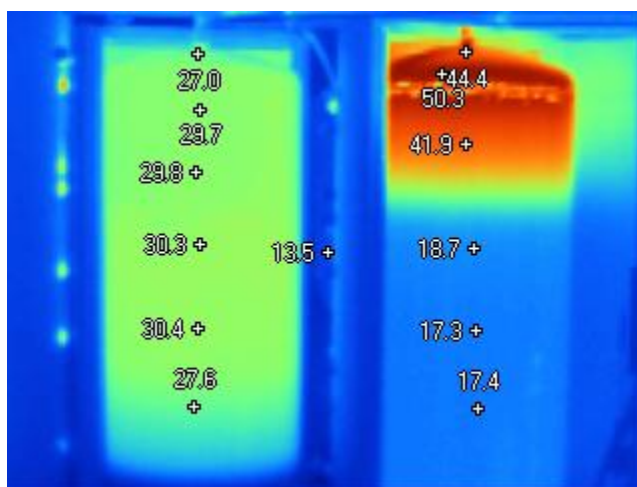
Slika 53: Termografski posnetek po 1 uri

Podatki po uri in pol mernejnja kažejo, da se temperatura v zgornjem delu desnega hranilnika ne spremeni, toplota se širi navzdol. V prvem hranilniku je večja temperatura še vedno v spodnjem delu, hranilnik še vedno ni dovolj segret za segrevanje sanitarne vode.



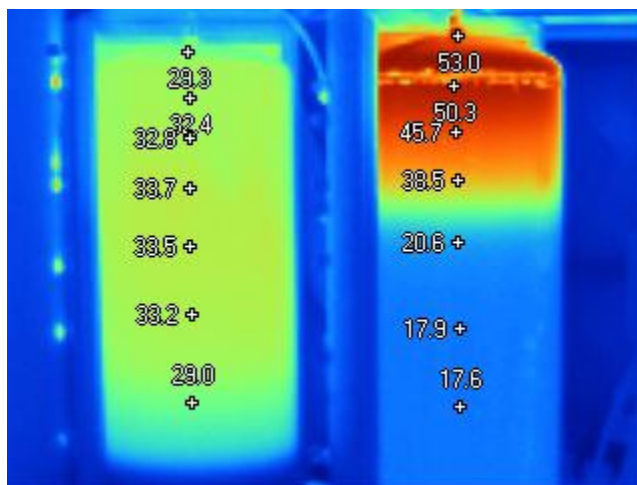
Slika 54: Termografski posnetek po 1 uri in pol

Po dveh urah sva v izboljšanem vertikalnem hranilniku segrela že cca 200 l vode, na uporabno temperaturo za toplo sanitarno vodo, v klasičnem hranilniku pa uporabna temperatura še ni zagotovljena.



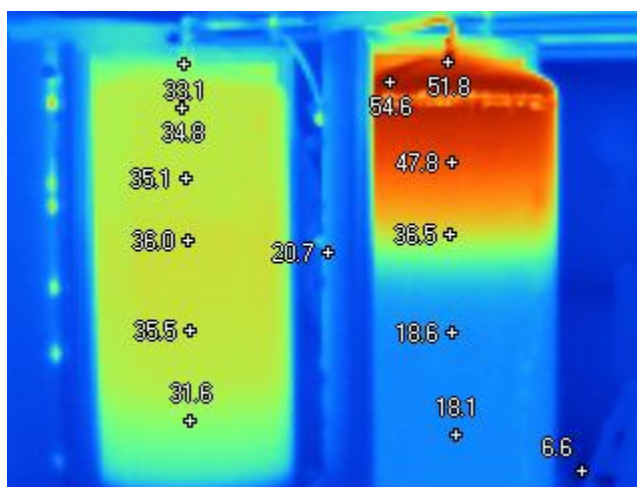
Slika 55: Termografski posnetek po 2 urah

Na sliki temperatura desnega hranilnika naraste že na 53 °C in se še vedno širi navzdol. V prvem hranilniku temperatura naraste od začetka meritve zgolj za 13 °C.



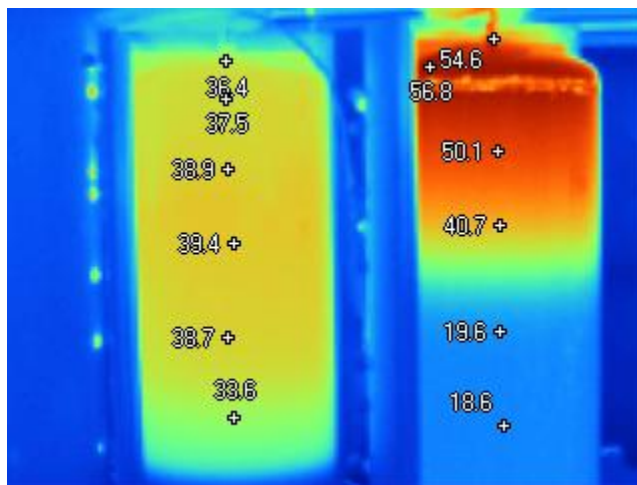
Slika 56: Termografska slika po dveh urah in pol

Temperature v desnem hranilniku v zgornjem delu se ne spreminjajo, temperatura raste v spodnjem delu. V prvem hranilniku pa temperatura zraste za 3 °C po celotnem volumnu.



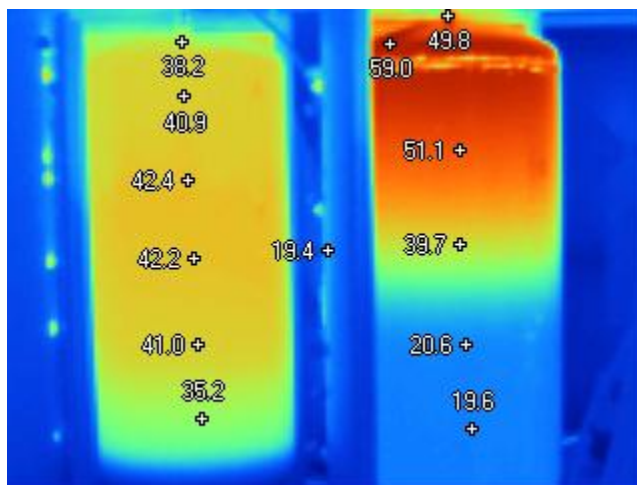
Slika 57: Termografska slika po treh urah

Podatki, pridobljeni po treh urah in pol nam kažejo, da temperature v zgornjem delu desnega izmenjevalnika narastejo še za 2 stopinji in prihaja do izrazitega segrevanja temperature hranilnika 1.



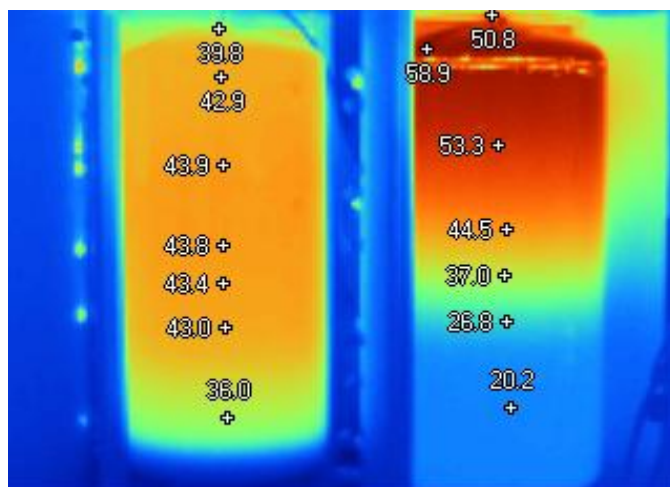
Slika 58: Termografska slika po treh urah in pol

Po štirih urah meritev se temperatura v zgornjem delu desnega hranilnika ustali, toplota se širi le še navzdol. Segret je že volumen cca. 400 l oziroma polovica hranilnika. Sedaj je v prvem hranilniku voda segreta na primerno temperaturo za uporabo sanitarne vode.



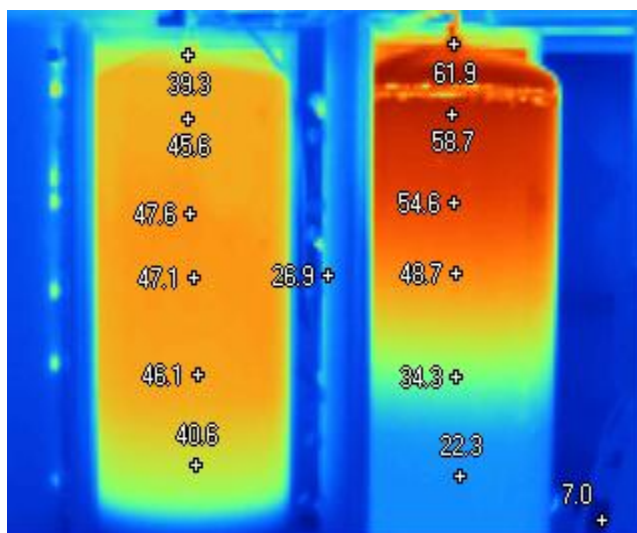
Slika 59: Termografska slika po štirih urah

Temperature desnega hranilnika se višajo v srednjem delu. v levem hranilniku temperature narastejo po vsem volumnu za 1°C.



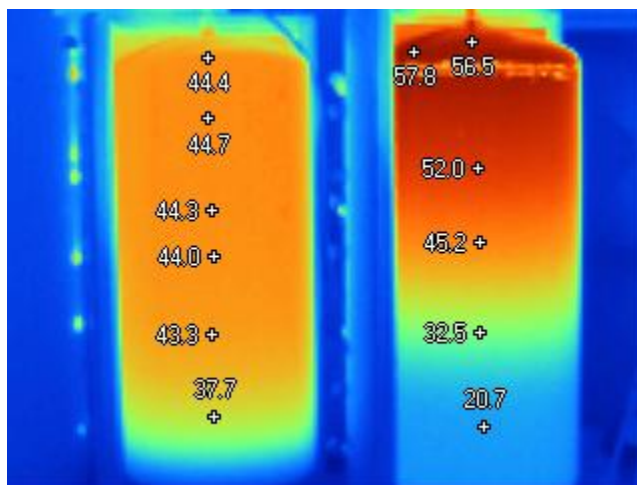
Slika 60: Termografska slika po štirih urah in pol

Iz posnetka lahko vidimo, da se temperature v zgornjem delu desnega hranilnika ne dvigujejo več, kar je dobro, saj je boljše, da se prednostno segreje še spodnji del. V levem hranilniku je še vedno spodnja polovica bolj segreta.



Slika 61: Termografska slika po štirih urah

Po izklopu črpalk se temperatura zaradi prenehanja kroženja vode znotraj hranilnika stabilizira, in sicer se voda termosifonsko dvigne, kar pomeni da je najvišja temperatura na vrhu hranilnika in pada z višino. Vidimo lahko, da je temperatura v vertikalnem hranilniku v zgornjem delu precej višja od temperature v klasičnem hranilniku.



Slika 62 Termografna slika dve uri po izklopu črpalk

9 SKLEP

Ugotovila sva, da je izmenjevalnik, ki sva ga naredila, izpolnil najina pričakovanja, morda celo v večji meri, kot sva pričakovala. Z meritvami sva potrdila naslednje hipoteze.

Plastno ogrevanje: pri segrevanju vsekakor prihaja do plastnega segrevanja, saj je to lepo razvidno iz toplotne kamere, kako se plast za plastjo ogreva, od vrha proti dnu hranilnika.

Hitrejše segrevanje: ogrevanje je bilo hitrejše, saj sva v zelo kratkem času s segrevanjem zagotovila velike količine uporabne tople sanitarne vode.

Temeljitejše segrevanje: tudi to hipotezo lahko potrdimo, saj je bila voda najprej v določeni coni segreta na temperaturo, ki jo potrebujemo, in se nato pomikala navzdod ter segrevala korak za korakom ostalo vodo, med tem ko se je pri navadnem cevnem izmenjevalcu toplota širila na vse strani in naraščala v colotnem volumnu stopinjo po stopinjo.

Boljši prestopnostni koeficient: tudi ta hipoteza je potrjena, saj je klasični cevni solarni izmenjevalec narejen iz jeklene cevi, vertikalni pa iz bakrene, kar pomeni, da ima boljši prestopnostni koeficient.

10 ZAHVALA

Zahvaljujeva se mentorju g. Jožetu Prezlu za pomoč pri načrtovanju, izvedbi, svetovanju in strokovnem delu. Zahvaljujeva pa se tudi šefu podjetja Instalacije Kolar, g. Milanu Kolarju, za razpoložljiv prostor, kjer sva izvajala meritve, ter za ves material, ki sva ga potrebovala pri izvedbi.

11 SEZNAM UPORABLJENIH VIROV

Knjigi

[1] Kalkulacije z normativi za ogrevanje, vodovod in prezračevanje, 1. Izdaja.
Ljubljana: Obrtna zbornica Slovenije, 2005

[2] Japelj Tomaž. Ogrevanje, hlajenje in prezračevanje: ogrevanje. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1983

Splet

[3] Solarix: solarna tehnologija [svetovni splet], Solarni sistemi Nature d.o.o.
Dostopno na naslovu: <http://www.solarix.si/Solarna-tehnologija/> [25. 2. 2010]

[4] Weishaupt: sonce kot vir energije [svetovni splet], Weishaupt d.o.o. Dostopno na
naslovu: <http://www.weishaupt.si/local/documentBase/sl/2029-SLO-04-06.pdf>
[25. 2. 2010]

[5] Weishaupt: toplota v vašem domu [svetovni splet], Weishaupt d.o.o. Dostopno na
naslovu: <http://www.weishaupt.si/local/documentBase/sl/99-SLO-12-05.pdf>
[25. 2. 2010]

[6] Solarko: črpalni set [svetovni splet], Tehnomatika d.o.o. Dostopno na naslovu:
<http://www.solarko.si/modules/gallery/uploads/crpalke2.jpg/> [25. 2. 2010]

[7] Grundfos: solar pump [svetovni splet], Grundfos Management A/S (Grundfos Holding A/S). Dostopno na naslovu:

http://www.grundfos.dk/web/Produktbilder_Heizung&Klima/solar.jpg [25. 2. 2010]

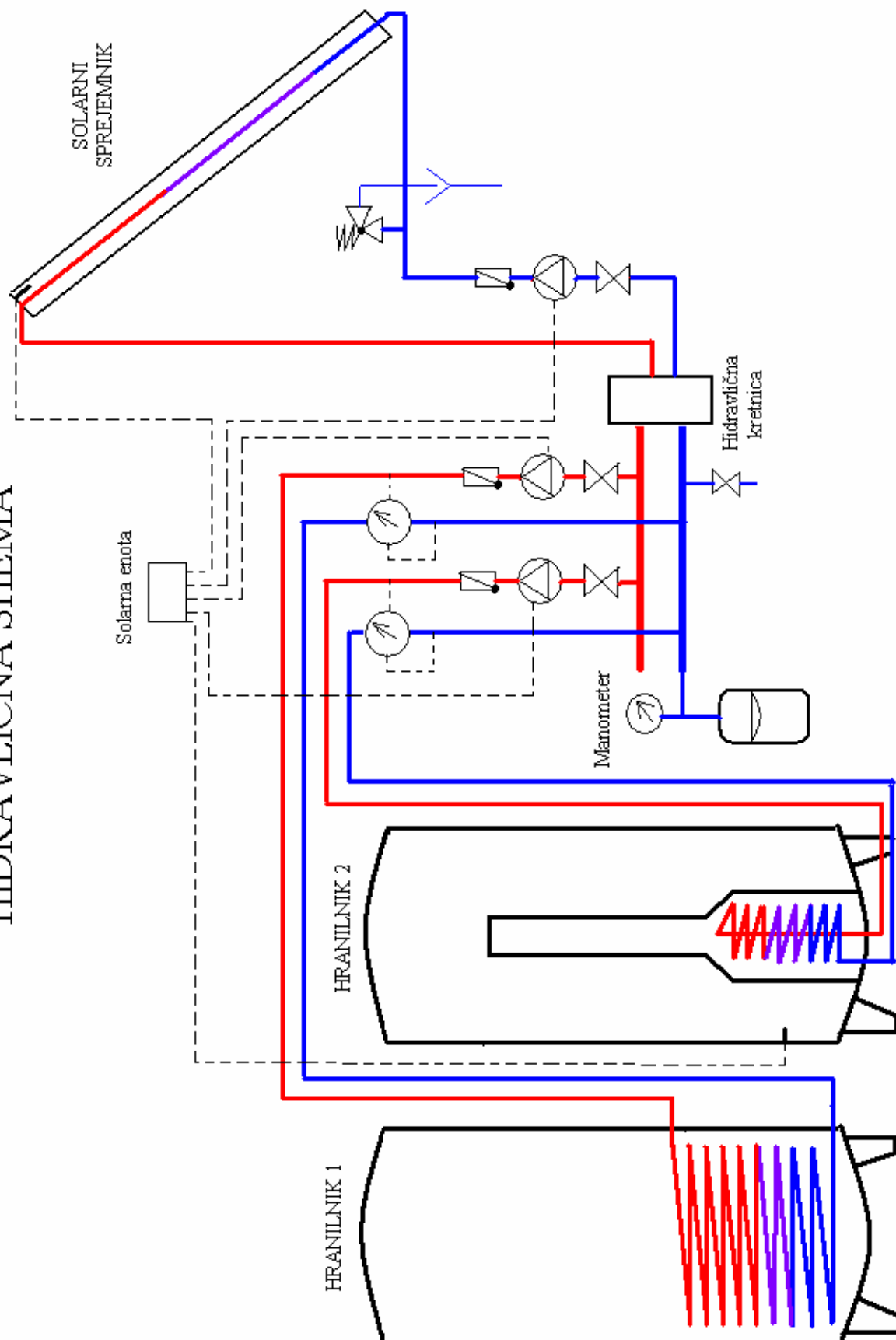
[8] Solarko: solarni kolektor [svetovni splet], Tehnomatika d.o.o. Dostopno na naslovu: http://www.solarko.si/modules/gallery/solimpeks_wunder_premium_cls.jpg [25. 2. 2010]

[9] Merkur: raztezne posode [svetovni splet], Merkur d.d. Dostopno na naslovu: <http://nakup.merkur.si/slike/male/1107735.jpg> [25. 2. 2010]

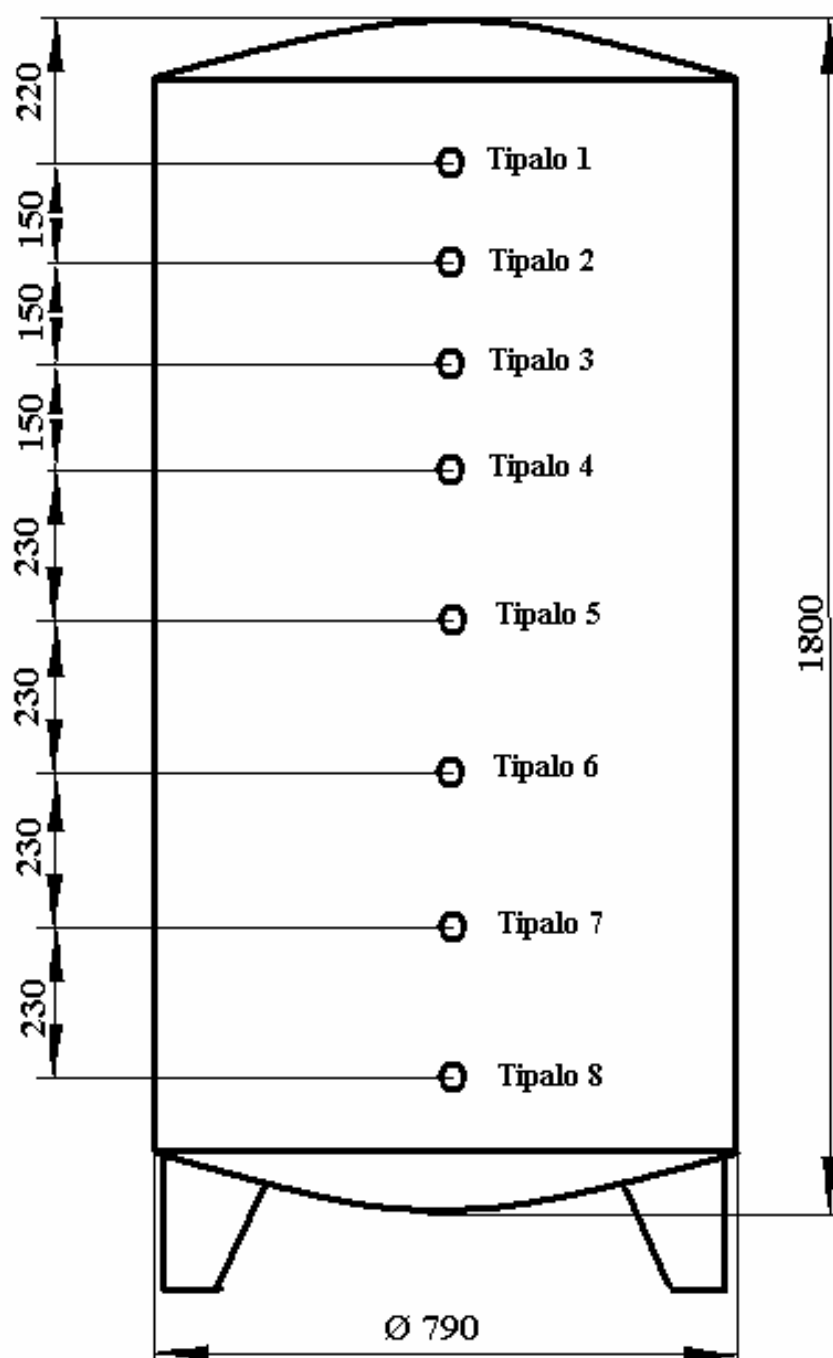
[10] Bmeters: hydrocal [svetovni splet], Bmeters s.r.l. Dostopno na naslovu: <http://www.bmeters.com/Images/Products/Full/HYDROCAL.png> [25. 2. 2010]

[11] Weishaupt: solarni sistemi [svetovni splet], Weishaupt d.o.o. Dostopno na naslovu: <http://www.weishaupt.si/mainProdukte/produkteSolar/solarsysteme03.jpg> [25. 2. 2010]

HIDRAVLIČNA SCHEMA



OZNAKE TIPAL NA HRANILNIKU



REKAPITULACIJA STROŠKOV RAZISKOVALNE NALOGE

1.	hranilnik Mago	4.182,20
2.	kolektorji 6x	2.694,00
3.	krivilni segmenti	1.140,00
4.	montažni seti GS in ES	632,80
5.	drobni montažni material	250,00
SKUPAJ:		8.899,00
	20% DDV	1779,80
=====		
=	SKUPAJ STROŠKI /EUR	10.678,80