Usporedba sezonskih toplinskih množitelja različitih sustava dizalica topline s obnovljivim izvorima energije za područje grada Zagreba

Lekić, Amalia

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:425217

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

USPOREDBA SEZONSKIH TOPLINSKIH MNOŽITELJA RAZLIČITIH SUSTAVA DIZALICA TOPLINE S OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE ZA PODRUČJE GRADA ZAGREBA

Diplomski rad

Amalia Lekić

N121

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

USPOREDBA SEZONSKIH TOPLINSKIH MNOŽITELJA RAZLIČITIH SUSTAVA DIZALICA TOPLINE S OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE ZA PODRUČJE GRADA ZAGREBA

AMALIA LEKIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Europska Unija vodeća je regija u svijetu po razvoju i broju instaliranih jedinica geotermalnih dizalica topline. U radu je opisan način projektiranja sustava dizalice topline s plitkim geotermalnim resursom kao obnovljivim izvorom energije. Kao primjer projektiranja toplinskih i rashladnih potreba u zgradarstvu poslužila je obiteljska kuća u izgradnji na području grada Zagreba. Pomoću programskih paketa KI Expert i T*SOL proračunate su energetske potrebe objekta te mjesečne potrebe za potrošnom toplom vodom i korištenje bazenske tehnike uz korištenje sunčevih kolektora.

Ključne riječi: geotermalne dizalice topline, projektiranje sustava dizalice topline, podzemne vode kao izvor energije, tlo kao izvor energije, faktor oblika zgrade

Diplomski rad sadrži: 83 stranice, 4 tablice, 37 slika, 1 prilog i 25 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Tomislav Kurevija, docent
Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Tomislav Kurevija, docent
2. Dr. sc. Domagoj Vulin, docent
3. Dr. sc. Igor Dekanić, redoviti profesor

Datum obrane: 24. rujna 2015.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

COMPARISON OF SEASONAL THERMAL MULTIPLIER FOR DIFFERENT HEAT PUMP SYSTEMS WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE CITY OF ZAGREB

AMALIA LEKIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Petroleum Engineering
Pierotti street 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The European Union is the leading region in the world for the development and the number of installed geothermal heat pumps units. This thesis describes a method of designing the system heat pumps with shallow geothermal resources as a renewable energy source. As an example for the design of heat and cooling needs of the building served a family house under construction in Zagreb. Energy and facility needs and also energy needs and facility needs for the domestic hot water and use of pool equipment with solar collectors were calculated with software packages KI Expert and T*SOL.

Keywords: geothermal heat pump, heat pump system design, ground water as a source of energy, the soil as a source of energy, building shape factor

Thesis contains: 83 pages, 4 tables, 37 figures, 1 enclosure and 25 references

Original in: Croatian

Thesis deposted in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Pierotti street 6, Zagreb

Supervisor: PhD Tomislav Kurevija, assistant professor
Reviewers: 1. PhD Tomislav Kurevija, assistant professor
2. PhD Domagoj Vulin, assistant professor
3. PhD Igor Dekanić, full professor

Date of defense: September 24th, 2015

SADRŽAJ

POPIS TABLICA I

POPIS SLIKA II

1. UVOD 1

2. DIZALICE TOPLINE S TLOM KAO OBNOVLJIVIM IZVOROM TOPLINE 3

3. TEHNIČKI ASPEKTI GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE 5

4. PROJEKTIRANJE SUSTAVA DIZALICE TOPLINE S PLITKIM GEOTERMALNIM RESURSOM KAO OBNOVLJIVIM IZVOROM ENERGIJE 11

5. PODZEMNE VODE KAO IZVOR ENERGIJE TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA DIZALICE TOPLINE 14

6. TLO KAO IZVOR ENERGIJE TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA DIZALICE TOPLINE 18

7. BUŠENJE I OPREMANJE BUŠOTINSKOG IZMJENJIVAČA TOPLINE 23

7.1. Bušenje vertikalnog izmjenjivača topline 23

7.2. Cementacija kanala bušotine 25

7.3. Ugradnja i dijelovi bušotinskog izmjenjivača topline 27

7.3.1. Polietilenske U-cijevi 27

7.3.2. Suosne (koaksijalne, koncentrične) cijevi 28

7.4. Radni fluid bušotinskog izmjenjivača za prijenos toplinske energije 31

7.4.1.Rasoline 31

7.4.2 Glikoli 32

8. SIMULACIJA SUSTAVA DIZALICE TOPLINE S BUŠOTINSKIM IZMJENJIVAČEM TOPLINE KAO OBNOVLJIVIM IZVOROM ENERGIJE 33

9. PROJEKTIRANJE TOPLINSKIH I RASHLADNIH POTREBA U ZGRADARSTVU I ZAKONODAVNI OKVIR U REPUBLICI HRVATSKOJ 36

10. TEHNIČKI OPIS OBJEKTA I ENERGETSKA ANALIZA 41

10.1. Proračun energetskih potreba objekta po satnim temperaturama 43

10.2. Opravdanost korištenja monoenergetskog bivalentnog sustava 45

10.3. Korištenje bazenske tehnike 49

11. REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE 55

12. ZAKLJUČAK 60

13. LITERATURA 61

POPIS TABLICA

Tablica 1-1. Instalirane dizalice topline u zemljama Europske Unije u 2012. i 2013. godini 2
Tablica 3-1. Oznake korištene na slikama 3-3. i 3-4. 8
Tablica 7-1. Usporedba troškova pri ugradnji U-cijevi i suosnih izmjenjivača za dubinu od 100 m 30
Tablica 9-1. Energetski razredi zgrada 40

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Osnovni sustavi dizalica topline s tlom i vodom kao izvorom topline 3
Slika 2-2. Režimi rada dizalice topline 4
Slika 3-1. Dizalica topline Ecoforest ecoGEO C3 - sastavni dijelovi 6
Slika 3-2. Dizalica topline Ecoforest ecoGEO C3 sa spajanjem 1 zone i PTV 7
Slika 3-3. Dizalica topline Ecoforest ecoGEO B3 sa spajanjem 2 zone i vanjskim PTV u slučaju veće potražnje od 170 l dnevno 7
Slika 3-4. Dizalica toplina Ecoforest ecoGEO B3 sa spajanjem 1 zone, vanjskog PTV spremnika kod potrošnje veće od 170 l i vanjskog ogrjevnog međuspremnika za slučaj korištenja solarnih kolektora i grijanja bazenske tehnike 8
Slika 3-5. Radni uvjeti dizalica topline Ecoforest B3 9
Slika 3-6. Promjena SCOP pri različitim temperaturama toplinskog izvora i vrtnji kompresora 10
Slika 3-7. Promjena kapaciteta dizalice topline u funkciji smanjenja temperature izvora 10
Slika 4-1. Shematski prikaz cilindričnog prijelaza topline u beskonačnom mediju 12
Slika 5-1. Opća geološka karta lokacije objekta 15
Slika 5-2. Hidrauličke vodljivosti vodonosnika za lokaciju objekta 15
Slika 5-3. Analiza granice vodonosnika i objekta 16
Slika 5-4. Litološki stup obližnjeg pijezometra SA-2-P-189 17
Slika 5-5. Razina podzemnih voda na pijezometru SA-2-P-189 17
Slika 6-1. Amplitude temperature tla do 100 cm - Zagreb 18
Slika 6-2. Raspodjela temperatura tla po mjesecima do dubine od 10 m 20
Slika 6-3. Princip ugradnje energetskih spirala 21
Slika 7-1. Prikaz mehaničkih metoda bušenja 23
Slika 7-2. Optimalni načini bušenja i grafički prikaz različitih načina bušenja 25
Slika 7-3. Presjek izmjenjivača s jednim i dva para U- cijevi 27
Slika 7-4. Izmjenjivač s dva para U-cijevi te smještaj držača u bušotini s i bez držača razmaka 28
Slika 7-5. Jednostavan suosni izmjenjivač 29
Slika 7-6. Ledište rasoline natrij-klorida i kalcij-klorida u zavisnosti o gustoći, temperaturi i koncentraciji 31
Slika 7-7. Ledište etilen glikola i propilen glikola u zavisnosti o gustoći, temperaturi i koncentraciji 32

Slika 8-1. Faktori koji utječu na projektiranje i ekonomiku geotermalne dizalice topline . 33
Slika 10-1. Energetske potrebe objekta 43
Slika 10-2. Analiza temperaturnih razreda za lokaciju..... 44
Slika 10-3. Godišnje potrebna energija i snaga za grijanje objekta po temperaturnim razredima 46
Slika 10-4. Omjeri toplinske snage i energije po temperaturnim razredima 47
Slika 10-5. Udio potrebne energije prema točki bivalencije za paralelni režim rada..... 48
Slika 10-6. Funkcionalna shema za analizu solarnih kolektora u programu T*SOL 51
Slika 10-7. Analiza energetskih bilanci solarne energije i ukupnih gubitaka kod bazenskog sustava prema programu T*SOL 52
Slika 10-8. Analiza temperature površine solara na godišnjoj bazi (T*SOL)..... 52
Slika 10-9. Energetski tok za sustav grijanja objekta dizalicom topline i solarnim kolektorima 53
Slika 10-10. Potrebe za PTV i analiza raspodjele proizvodnje - dizalica topline/solar..... 54
Slika 11-1. Grafički prikaz rezultata proračuna godišnjih troškova grijanja obiteljske kuće s bazenom i PTV - uz solarne kolektore 59

POPIS GRAFIČKIH PRILOGA

Prilog 1. Energetska analiza primjene različitih oblika dizalica topline……64

1. UVOD

Europska unija vodeća je regija u svijetu po razvoju i broju instaliranih jedinica geotermalnih dizalica topline. Krajem 2013. godine broj instaliranih jedinica u EU iznosio je oko 21 606 700, a iste godine prodano je oko 770 000 jedinica što je porast od 3% u odnosu na godinu ranije. Najveći porast primjene dogodio se u razdoblju od 2003. do 2007. godine kao direktna posljedica naglog rasta cijena sirove nafte uslijed političkih zbivanja u svijetu (napad na SAD, terorizam, invazija na Irak). U to vrijeme Europska Unija donijela je i niz direktiva vezanih uz promoviranje i povećanje udjela obnovljivih izvora u općoj energetskoj potrošnji, a kako bi se smanjila ovisnost o plinu iz Rusije i uvoznoj nafti iz nestabilnih političkih područja. Od početka ovog naglog porasta tijekom 2003. godine do 2007. godine broj instaliranih jedinica je više nego udvostručen s 310 000 na 720 000 jedinica. U zemljama članicama EU-27, u tom vremenskom razdoblju, ukupna instalirana snaga uvećana je s 3,78 GW_t na 8,76 GW_t. Ovakav porast potaknut je i državnim direktnim poticajima pri ugradnji geotermalnih dizalica topline, pri čemu nije postojala univerzalna regulativa subvencioniranja već je svaka zemlja članica EU, u skladu sa svojim specifičnostima i mogućnostima, propisivala iznose državnih davanja (Kurevija, 2010).

U 2013. godini ukupna instalirana snaga iznosila je oko 24 GW_t. Sve instalirane dizalice topline proizvode 120,8 TWh korisne energije (European Heat Pump Market and Statistics Report, 2014).

Italija prednjači s ukupno instaliranih oko 16 911 530 instaliranih jedinica, a slijede Francuska (1 038 376 instaliranih jedinica) i Švedska (993 841 instaliranih jedinica) (tablica 1-1.).

Tablica 1-1. Instalirane dizalice topline u zemljama Europske Unije u 2012. i 2013. godini (The State of Renewable Energies in Europe, 2014)

	2012.			2013.		
	Zračne dizalice topline	Dizalice topline s tlom kao izvorom topline	Ukupno	Zračne dizalice topline	Dizalice topline s tlom kao izvorom topline	Ukupno
Italija	15 972 000	10 500	15 982 500	16 900 000	11 530	16 911 530
Francuska	777 259	123 045	900 304	910 407	127 969	1 038 376
Švedska	654 233	243 058	897 291	725 883	367 958	993 841
Njemačka	223 000	272 200	495 200	261 000	297 191	558 191
Finska	445 787	72 420	518 207	466 463	83 677	550 140
Danska	308 119	36 335	344 454	332 808	42 824	352 816
Španjolska	195 989	898	196 887	247 727	1 144	248 871
Nizozemska	147 815	41 257	189 072	174 515	43 882	218 397
Bugarska	149 962	3 749	153 711	149 962	3 749	153 711
Portugal	111 374	691	112 065	120 571	715	121 286
Ujedinjeno Kraljevstvo	68 645	17 760	86 405	84 301	19 736	104 037
Austrija	34 044	55 805	89 849	42 593	55 805	98 398
Estonija	59 097	5 955	65 052	72 357	7 355	79 712
Češka	24 234	25 766	50 000	28 604	30 667	59 271
Poljska	5 445	20 621	26 066	6 699	25 763	32 462
Belgija	12 595	4 046	16 641	16 762	5 382	22 144
Slovenija	7 473	4 669	12 142	13 624	5 110	18 734
Slovačka	4 590	2 215	6 805	5 238	2 527	7 765
Irska	2 532	2 303	4 835	3 722	2 608	6 330
Mađarska	2 207	1 049	3 256	2 480	1 559	4 039
Litva	690	1 623	2 313	920	2 093	3 013
Luksemburg	742	106	848	742	106	848
UKUPNO EU	19 207 832	946 071	20 153 903	20 567 378	1 039 350	21 606 728
UKUPNO EU bez Italije	3 235 832	935 571	4 171 403	3 667 378	1 027 820	4 695 198

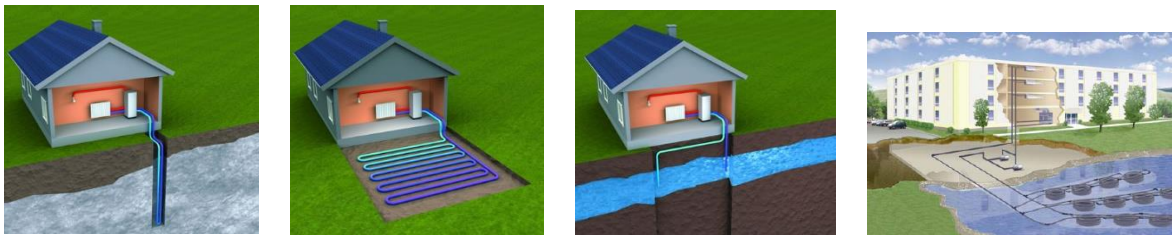
2. DIZALICE TOPLINE S TLOM KAO OBNOVLJIVIM IZVOROM TOPLINE

Polovica Sunčevog zračenja koju Zemlja prima apsorbira se na površini zbog čega do određene dubine temperatura sezonski varira, ovisno o klimatološkim prilikama. Najviša odstupanja javljaju se do dubine od tri metara, a nakon približno 15 metara temperatura postaje konstantna, otprilike jednaka srednjoj godišnjoj temperaturi zraka, te se mijenja s dubinom samo u funkciji geotermalnog gradijenta. Geotermalna energija u ovom površinskom sloju predstavlja samo manji dio ukupno pohranjene energije te iznosi otprilike 0,06-0,1 W/m^2 te se u proračunima može zanemariti, uzimajući u obzir da je prosječno Sunčevo zračenje na površinu oko 200 W/m^2. Stoga, geotermalnu energiju možemo definirati kao svu energiju pohranjenu u Zemlji na dubinama većim od 15 do 20 metara.

Obzirom da dizalice topline s tlom kao izvorom topline mogu biti različitih izvedbi, te čak i s proizvodnjom podzemnih voda, nameće se pitanje klasifikacije. Najčešće se klasificira kao (slika 2-1.):

1) Sustav sa zatvorenim krugom (GSHP): (engl. *Ground Source Heat Pumps*)
   a) vertikalan (geotermalne, GHP)
   b) horizontalan

2) Sustav s otvorenim krugom (GWHP): (engl. *Ground Water Heat Pumps*)
   c) zatvoreni sustav s površinskom vodom
   d) dvije bušotine (proizvodna i utisna, ili izljev u površinske vodotokove)

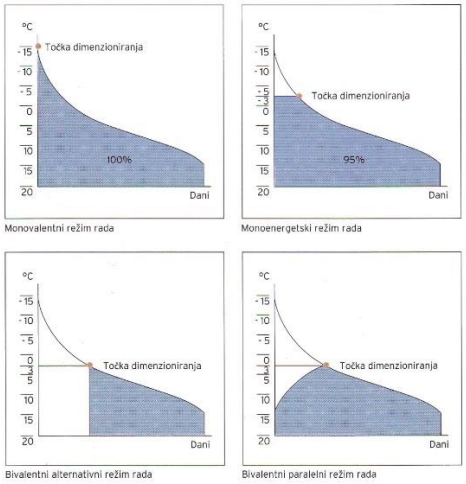


a) b) c) d)

Slika 2-1. Osnovni sustavi dizalica topline s tlom i vodom kao izvorom topline (ZieloneDomy, 2015)

Režimi rada dizalice topline mogu se podijeliti na sljedeće grupe (slika 2-2.):

- *monovalentni režim rada*: Dizalica topline je jedini proizvođač topline za grijanje i pripremu potrošne tople vode (PTV). Izvor topline mora biti sposoban za rad tijekom cijele godine.
- *monoenergetski režim rada*: Opskrba toplinom realizira se putem dva proizvođača topline koji se opskrbljuju s jednim te istim izvorom energije. Dizalica topline se zbog pokrivanja promjenjivog vršnog opterećenja kombinira s dodatnim električnim grijanjem. Dodatno električno grijanje je instalirano u polaznom vodu instalacije te ga regulator uključuje u slučaju potrebe. Udio potrebe za toplinom koje pokriva dodatno električno grijanje ne bi smjelo biti više od 15%.
- *bivalentni alternativni režim rada:* Pored dizalice topline instaliran je i proizvođač topline koji koristi drugu vrstu energenta sa svrhom pokrivanja toplinskih gubitaka. Pri tom dizalica topline radi samo dok ne postigne točku bivalencije (npr. vanjska temperatura 0 °C), kako bi pri nižim vanjskim temperaturama toplinsku opskrbu prepustila drugom proizvođaču topline (npr. plinski ili uljni kotao). Ovaj režim rada čestu primjenu nalazi kod dizalica topline s visokim temperaturama polaznog voda. Pri tom dizalica topline može pokriti 60-70% ukupne godišnje potrebne energije za grijanje.
- *bivalentni paralelni režim rada*: Pored dizalica topline instaliran je i drugi proizvođač topline koji koristi drugu vrstu energenta sa svrhom pokrivanja toplinskih gubitaka. Pri dosezanju određene vanjske temperature uključuje se drugi proizvođač topline radi pokrivanja toplinskih gubitaka. Pretpostavka ovog režima rada je da toplinska crpka može ostati u pogonu i do najniže vanjske temperature (Kurevija, 2010).



Slika 2-2. Režimi rada dizalice topline

3. TEHNIČKI ASPEKTI GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE

Korištenje dizalica topline s inverterskim kompresorom ima značajne tehnoekonomske prednosti u odnosu na klasične start-stop kompresore. Obzirom da je kompresor elektronski upravljan, čime mijenja broj okretaja, a time i tlakove na kojima radi, inverterski način rada ostvaruje značajnu uštedu energije, ovisno o uvjetima rada, čak i do 30% u odnosu na klasične uređaje. Ako je temperatura prostorije puno niža od željene temperature, dizalica topline će raditi punom snagom do postizanja željene temperature. Kada postigne željenu temperaturu inverterski uređaj će prilagoditi brzinu vrtnje kompresora, odnosno smanjiti svoj učinak, tako da bude dovoljan za ravnomjerno održavanje željene temperature, za razliku od paljenja i gašenja kompresora kod start-stop uređaja. Obzirom da nema čestog paljenja i gašenja uređaja ne opterećuje se strujna mreža, te se povećava trajnost samog kompresora, čak i do 20 godina projektnog rada.

Uz primjenu dizalice topline s inverterskim kompresorom anulira se upotreba ogrjevnog/rashladnog međuspremnika za pohranjivanje energije. Na ovaj način ne samo da se značajno smanjuje kapitalna investicija već se i poboljšava sezonski toplinski množitelj (SCOP) obzirom da međuspremnik neovisno o toplinskoj izolaciji ipak gubi toplinsku energiju. Na primjer, međuspremnik od 500 l s dobrom toplinskom izolacijom godišnje će izgubiti između 400-600 kWh toplinske energije, ovisno o klimatskom podneblju i broju radnih sati grijanja. Ukoliko se primjenjuju obnovljivi izvori energije kao nadopuna geotermalnoj dizalici topline (solarni kolektori) tada je potrebno koristiti međuspremnik obzirom na neravnomjernu proizvodnju toplinske energije solarnih kolektora (dan/noć, oblačno/sunčano, godišnje doba). Na slikama od 3-1. do 3-4. prikazane su osnovne tehničke sheme instalacije inverterske dizalice topline.

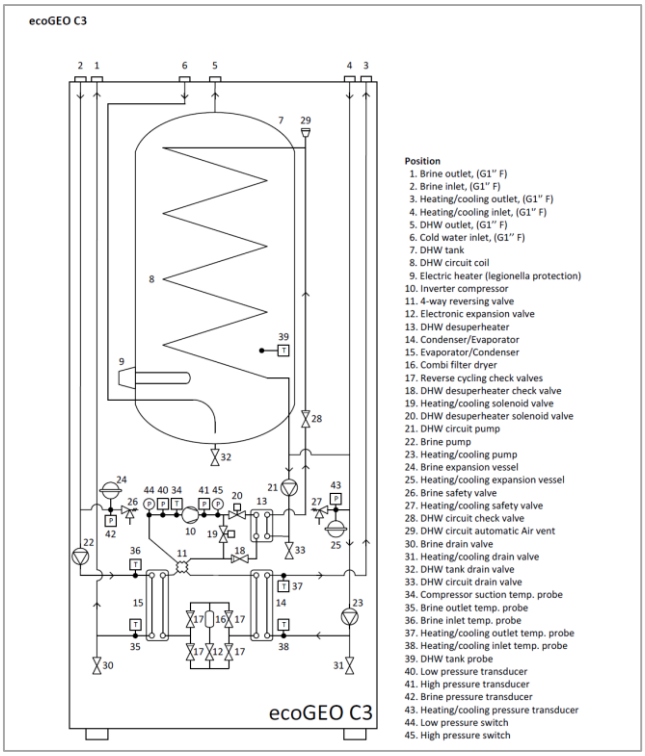
Slika 3-1. prikazuje unutrašnji razvod dizalice topline (modul s grijanjem, aktivnim hlađenjem i pripremom PTV). Potrebno je naglasiti da su ekspanzijski lonci unutar samog uređaja čime se smanjuje potrebna površina strojarnice i pojednostavljuje montaža.

Slika 3-2. prikazuje najjednostavniji oblik (no i najučinkovitiji obzirom na nepostojanje međuspremnika) spajanja dizalice topline s unutrašnjim spremnikom za PTV na distribucijski sustav. Sustav radi na jednoj zoni što znači da se unutrašnji zidni termostat postavlja u dnevni boravak, a u ostatku kuće temperatura se regulira termostatskim ventilima na radijatorima ili podnom grijanju. Također, sustav regulacije unutar dizalice

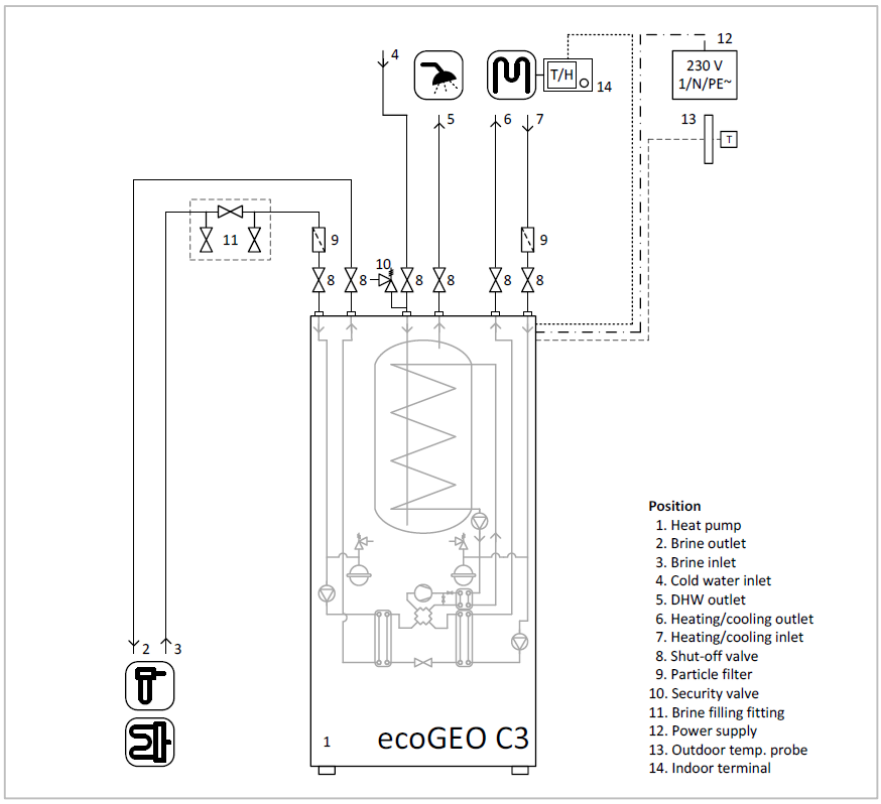
topline podržava dvije zone, no s primjenom vanjske automatike moguće je upravljati temperaturom u svakoj prostoriji zasebno.

Slika 3-3. prikazuje upravljanje s dvije zone grijanja regulacijom preko dizalice topline, no s izdvojenim PTV vanjskim spremnikom. Ovakvo projektno rješenje koristi se u slučajevima kad postoje potrebe za potrošnom toplom vodom premašuju 170 l dnevno (veličina spremnika u samoj dizalici topline za prosječnu četveročlanu obitelj), a učestalo se koristi kod rekreativnih objekata ili hotela.

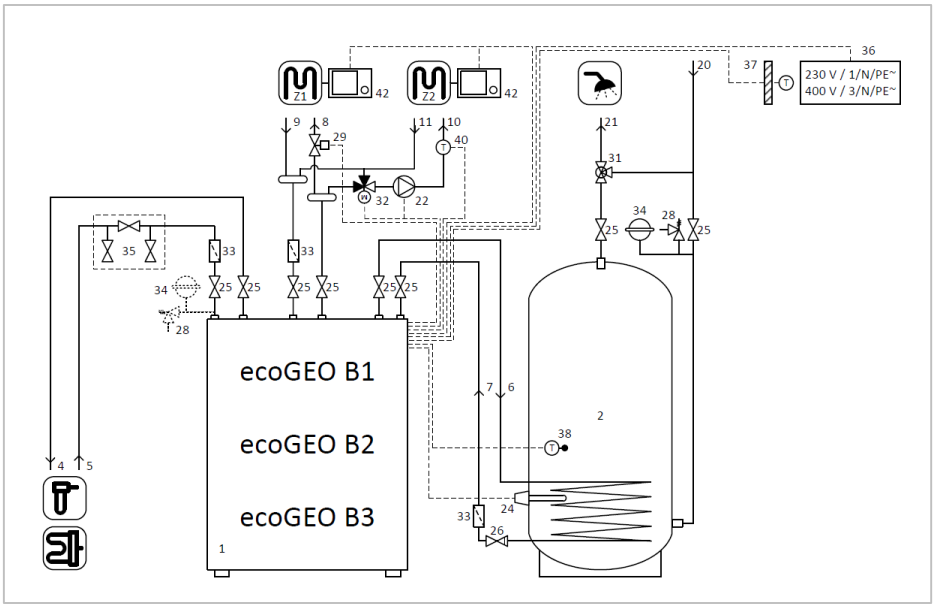
Slika 3-4. prikazuje složeniji oblik instalacije dizalice topline s izdvojenim PTV spremnikom i vanjskim ogrjevnim međuspremnikom. Ovakav oblik instalacije mora se upotrijebiti kod primjene solarnih kolektora obzirom na količinu pohrane energije i nestalan izvor Sunčeve energije, te ukoliko postoji i sekundarni potrošač toplinske energije kao poseban cirkulacijski krug, kao na primjer vanjski ili unutrašnji bazen. Na slici je vidljivo da automatika dizalice topline nadzire samo temperaturu međuspremnika i PTV spremnika preko termoosjetnika, a cijeli ostatak sustava vodi se vanjskom automatikom i regulacijom. Dodatni krug bazena na slici 3-4. spojen je preko pločastog izmjenjivača topline na ogrjevni međuspremnik, kao i distribucijski sustav grijanja objekta.



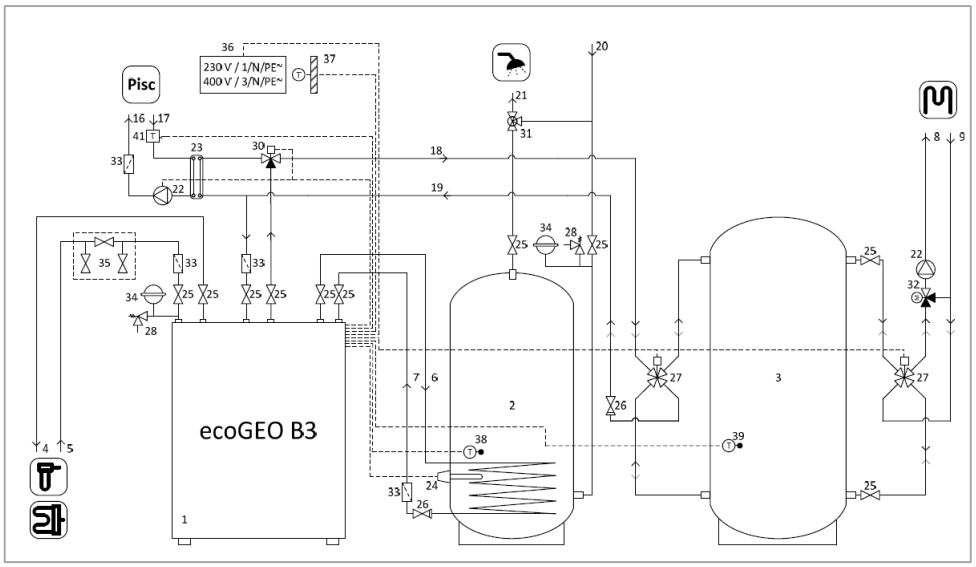
Slika 3-1. Dizalica topline Ecoforest ecoGEO C3 - sastavni dijelovi (Ecoforest ecoGEO C, 2013)



Slika 3-2. Dizalica topline Ecoforest ecoGEO C3 sa spajanjem 1 zone i PTV (Ecoforest ecoGEO C, 2013)



Slika 3-3. Dizalica topline Ecoforest ecoGEO B3 sa spajanjem 2 zone i vanjskim PTV u slučaju veće potražnje od 170 l dnevno (Ecoforest ecoGEO B, 2013)



Slika 3-4. Dizalica toplina Ecoforest ecoGEO B3 sa spajanjem 1 zone, vanjskog PTV spremnika kod potrošnje veće od 170 l i vanjskog ogrjevnog međuspremnika za slučaj korištenja solarnih kolektora i grijanja bazenske tehnike (Ecoforest ecoGEO B, 2013)

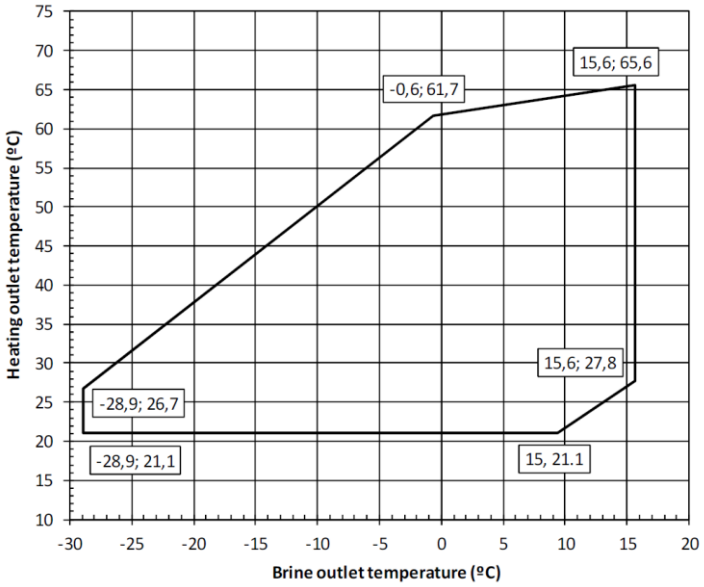
Tablica 3-1. Oznake korištene na slikama 3-3. i 3-4. (Ecoforest ecoGEO B, 2013)

N°	Description	N°	Description
1	Heat pump	22	Circulation pump
2	DHW tank	23	Pool heat exchanger
3	Buffer tank	24	Legionella protection electric heater
4	Brine outlet	25	Shut-off valve
5	Brine inlet	26	Check valve
6	DHW tank coil outlet	27	4-way valve On/Off
7	DHW tank coil inlet	28	Safety valve
8	Zone 1 outlet	29	2-way zone valve On/Off
9	Zone 1 inlet	30	3-way zone valve On/Off
10	Zone 2 outlet	31	Thermostatic mixing valve
11	Zone 2 inlet	32	3-way modulating valve
12	Heating system outlet	33	Strainer
13	Heating system inlet	34	Expansion vessel
14	Cooling system outlet	35	Brine filling fitting
15	Cooling system inlet	36	Power supply
16	Pool heat exchanger outlet	37	Outdoor temperature probe
17	Pool heat exchanger inlet	38	DHW tank temperature probe
18	Supply for Buffer tank	39	Buffer tank temperature probe
19	Return from Buffer tank	40	Outlet temperature probe Zone 2
20	Cold wate inlet	41	Pool chrono-thermostat
21	DHW outlet	42	Indoor terminal

Obzirom da se temperatura glikola na izlazu iz geotermalnog izvora vrlo malo mijenja tijekom sezone grijanja (od 0 °C do 10 °C ovisno o mjesecu) kod bušotinskih izmjenjivača i geospirala, a kod direktnog korištenja podzemnih voda temperature su

gotovo konstantne (12-14 °C) za zagrebački vodonosnik, potrebno je sagledati termodinamičke radne uvjete dizalice topline s izvorom toplinske energije iz zraka.

Na slici 3-5. prikazana su radna ograničenja u funkciji ulazne temperature radnog fluida i temperature distribucije. Kod podnog grijanja temperatura distribucije ili polaza kreće se u rasponu 35-40 °C, kod primjene ventilokonvektora 40-45 °C te niskotemperaturnih radijatora 45-60 °C. Iz slike 3-5. vidljivo je da maksimalna temperatura koju može isporučiti dizalica topline iznosi cca 65 °C, za slučaj toplinskog izvora višeg od 10 °C. Kod minimalnih temperatura, u slučaju korištenja vanjskog zraka, i temperature -15 °C dizalica topline može isporučiti maksimalno 43 °C. Ova veličina direktno ovisi o kompresijskim svojstvima radne tvari i termodinamičkom ciklusu i bez unošenja dodatne energije u sustav (u vidu električnog grijača) ne može se poboljšati. Stoga, vidljivo je da nije preporučljivo koristiti radijatorsko grijanje u zračnim dizalicama topline zbog vrlo malog toplinskog množitelja za vrijeme nepovoljnih razdoblja s minimalnim temperaturama.

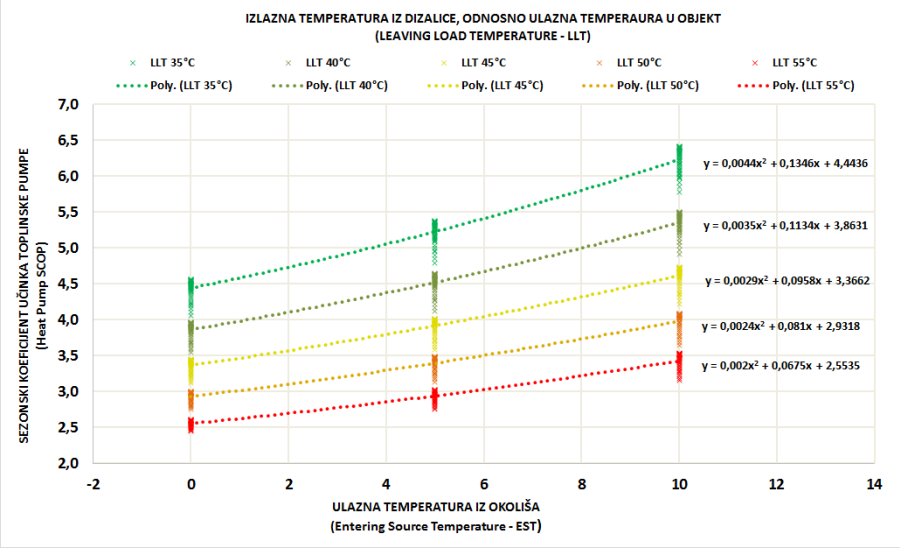


Slika 3-5. Radni uvjeti dizalica topline Ecoforest B3 (Ecoforest ecoGEO B, 2013)

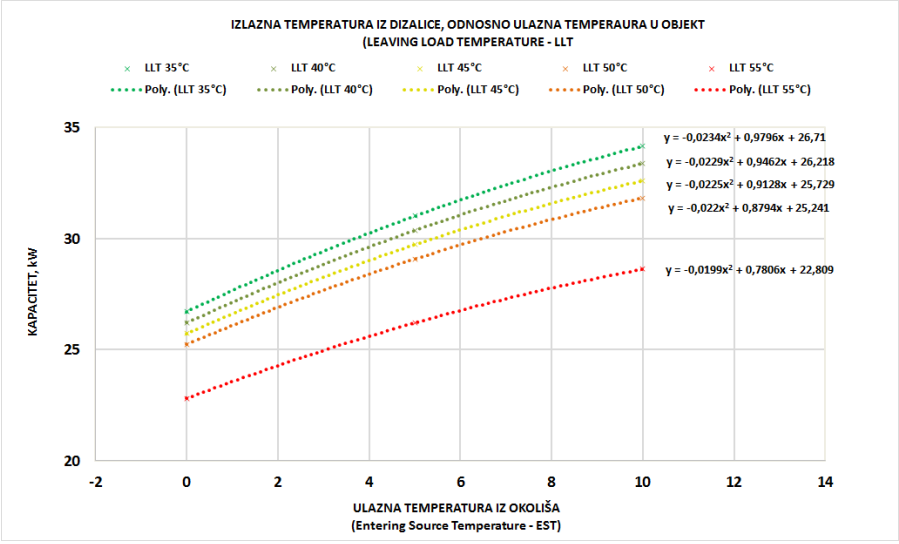
Za izradu godišnjeg utroška električne energije dizalice topline i tehno-ekonomsko uspoređivanje različitih projektnih rješenja, potrebno je sagledati promjenu toplinskog množitelja u funkciji temperatura na kondenzatoru i isparivaču, odnosno temperatura ulaza i izlaza sustava. Također, moguće je učiniti interpolaciju polinomom drugog stupnja kako

bi se smanjenje toplinskog množitelja prikazalo jednadžbom (slika 3-6.). Obzirom na inverterski kompresor u dijagram su uneseni svi toplinski množitelji od minimalne do maksimalne brzine vrtnje kompresora, a iz predočenih jednadžbi moguće je računati isplativost dizalica topline s različitim izvorima energije (zrak, tlo i podzemne vode).

Na slici 3-7. prikazano je smanjenje kapaciteta dizalice topline u grijanju u funkciji promjene ulazne temperature te su također interpolacijom dobivene jednadžbe koje se mogu koristiti pri tehno-ekonomskoj analizi sustava.



Slika 3-6. Promjena SCOP pri različitim temperaturama toplinskog izvora i vrtnji kompresora



Slika 3-7. Promjena kapaciteta dizalice topline u funkciji smanjenja temperature izvora

4. PROJEKTIRANJE SUSTAVA DIZALICE TOPLINE S PLITKIM GEOTERMALNIM RESURSOM KAO OBNOVLJIVIM IZVOROM ENERGIJE

Jedan od najvažnijih zadataka u projektiranju sustava geotermalnih dizalica topline je ispravno dimenzioniranje bušotinskog izmjenjivača topline (dubina i promjer). Uslijed eksponencijalnog rasta broja instaliranih geotermalnih dizalica topline zadnjih godina, dostupan je niz programskih paketa namijenjenih projektiranju ovih sustava, a većina je bazirana na principu provođenja topline ili kondukcije, odnosno određivanju koeficijenta toplinske vodljivosti stijena te volumetrijske specifične topline.

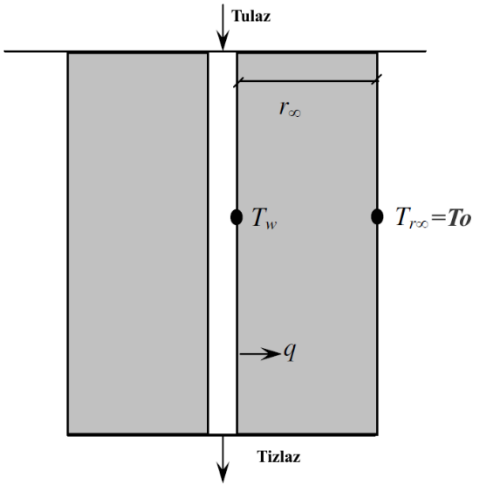
Trenutni načini pridobivanja ovih vrijednosti su metodom analogije, prema kataloški publiciranim podatcima za pojedine vrste stijena, laboratorijskim ispitivanjem uzoraka tla/stijena te in-situ ispitivanja bušotinskog izmjenjivača topline. Podatci pridobiveni na terenu in-situ ispitivanjem bušotine, najprecizniji su obzirom na specifičnost karakteristika svake lokacije te mogućnosti promatranja veće količine uzoraka pod realnim uvjetima nego što je to moguće u laboratoriju. Koeficijent toplinske vodljivosti tla i stijena najvažniji je faktor prilikom dimenzioniranja bušotinskih izmjenjivača topline, funkcionalno je ovisan o gustoći i udjelu vode, a samo poznavanje vrste tla ili stijene nedovoljno je za određivanje njegove vrijednosti. Pravilno izvedena mjerenja na izrađenoj bušotini omogućavaju projektantu izbjegavanje postupka predimenzioniranja bušotinskog izmjenjivača kako bi se otklonile moguće varijacije u toplinskoj vodljivosti na nekoj lokaciji, a test toplinske vodljivosti određuje i statičku temperaturu tla.

Karakterističan postupak in-situ ispitivanja toplinske vodljivosti sastoji se u promatranju promjene temperature radnog fluida pri protjecanju unutar bušotinskog izmjenjivača topline, a sastoji se od izrade bušotine na lokaciji predviđenog projekta, instaliranja polietilenskog izmjenjivača topline i cementacije, povezivanja toplinskog izvora na fluid koji cirkulira unutar U-izmjenivača te mjerenja energije i ulazne/izlazne temperature fluida.

Obzirom da toplinska svojstva tla i stijena direktno utječu na potrebnu duljinu izmjenjivača, a time i na ekonomsku konkurentnost projekta u odnosu na konvencionalne sustave grijanja i hlađenja, kako bi se što bolje optimizirali kapitalni troškovi uobičajeno je napraviti mjerenja toplinske vodljivosti tla za projekte snage veće od 30 kW. Obnovljivost i

održivost bušotinskog izmjenjivača topline ovisi o učinkovitosti i ravnoteži između oduzimanja topline stijeni pri prijelazu topline na izmjenjivač topline u režimu grijanja i pohranjivanju topline u stijenu s izmjenjivača tijekom režima hlađenja, tijekom niza godina rada dizalice topline. Svaki model primijenjen za projektiranje bušotinskog izmjenjivača mora biti dovoljno proračunski učinkovit kako bi mogao simulirati tranzijentne utjecaje kroz duži niz godina operativnog rada dizalice topline. Uporaba analitičkog modela projektiranja bušotinskog izmjenjivača matematički je relativno jednostavna i približno točna, no glavni problem je što instalirane cijevi U-izmjenjivača u stvarnosti nisu koaksijalne s bušotinom te što se upotrebljava niz materijala različitih termičkih svojstava.

Unatoč ovim praktičnim ograničenjima razvijen je niz analitičkih pristupa projektiranju bušotinskog izmjenjivača koji unose u proračun određena pojednostavljenja, a najvažnije od njih je pretpostavka tzv. ekvivalentnog promjera pri čemu se dvije cijevi U-izmjenjivača razmatraju kao jedna cijev koaksijalna s bušotinom. Interpretaciju rezultata toplinske vodljivosti tla/stijena iz podataka o promjeni temperature u funkciji vremena te dimenzioniranje bušotinskog izmjenjivača moguće je učiniti pomoću nekoliko postojećih analitičkih i numeričkih metoda koje uključuju analitičko rješenje cilindričnog prijelaza topline (Carslaw i Jaeger, 1946), analitičko rješenje linijskog prijelaza topline (Ingersoll 1954), numerička rješenja (Kavanough 1984, Eskilson 1987, Muraya 1996, Rottmayer 1997 itd.) te numerička rješenja s procjenom parametara (Shonder i Beck 1999, Austin 2000 itd.). Svaka od ovih metoda temeljena je na Fourierovom zakonu provođenja topline i zasniva se na procjeni toplinske vodljivosti tla ukoliko ista nije poznata.



Slika 4-1. Shematski prikaz cilindričnog prijelaza topline u beskonačnom mediju (Deng, 1996)

Slika 4-1. prikazuje cilindrični izvor topline u beskonačnom mediju, odnosno stijeni. U najjednostavnijem slučaju, u bušotini se odvija konstantan prijelaz topline sa stijena na bušotinu u režima rada grijanja dizalice topline ili s bušotine na stijenu u režima rada hlađenja (Kurevija, 2010).

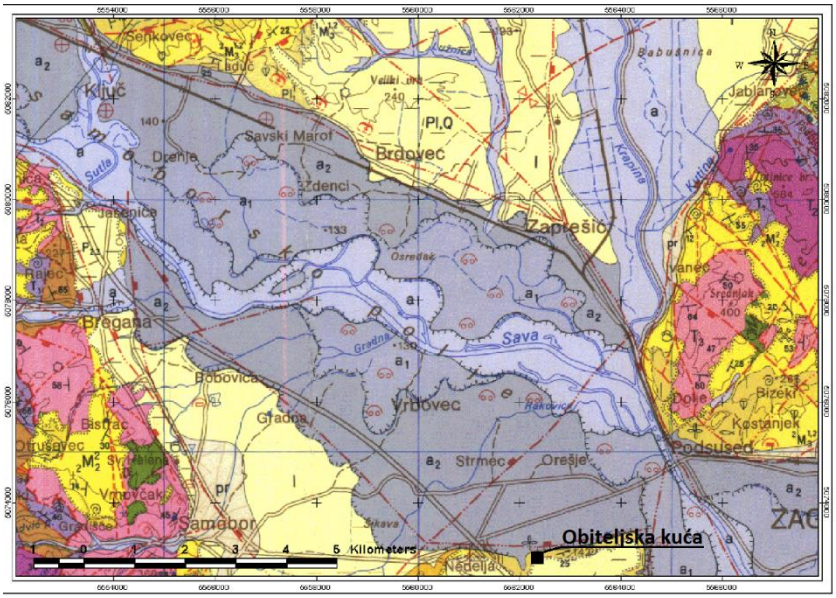
5. PODZEMNE VODE KAO IZVOR ENERGIJE TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA DIZALICE TOPLINE

Korištenje podzemnih voda u energetske svrhe grijanja i hlađenja podrazumijeva izgradnju proizvodno-utisnog zdenca dubine dovoljne da raskrije vodonosni sloj. Izgradnja utisnog zdenca nužna je prema *Pravilniku o izdavanju vodopravnih akata* (NN 78/10) nadležnog za dobivanje vodopravnih uvjeta pri Hrvatskim vodama. Obzirom na veličinu objekta, primjenu dizalice topline i toplinske potrebe od oko 20 kW, toplinski izvor podzemnih voda mora zadovoljiti toplinsku snagu od 16 kW (u slučaju niskotemperaturnog grijanja i COP=5 za režim 10/35 °C). Količina podzemne vode prema kojoj se dimenzionira potopna pumpa i parametri zdenca (naravno uz uvjet povoljnih hidrogeoloških parametara) iznosila bi u tom slučaju 0,75 l/s, odnosno 2,7 m^3/h; za pad temperature od 5 °C na pločastom izmjenjivaču topline.

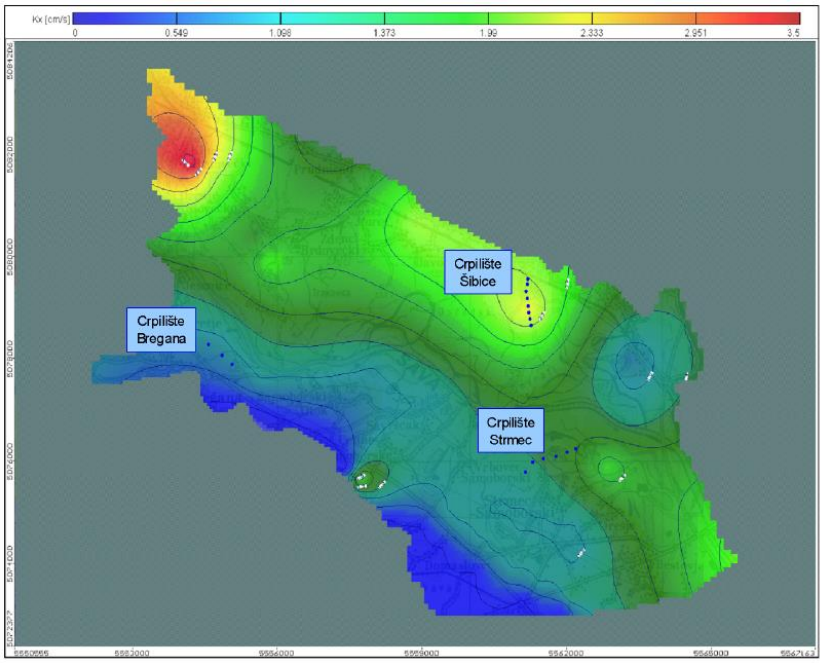
Samoborski aluvijalni vodonosnik je vodonosnik otvorenog tipa. Prostire se na području od oko 75 km^2, pravcem sjeverozapad-jugoistok, dužine oko 15 km i širine oko 5 km. Nalazi se između Marijagoričkih brda na sjeveru, Bregane na zapadu, Podsuseda na istoku te Žumberačko-samoborskog gorja na jugu. Rijeka Sava dijeli vodonosnik na lijevo i desno zaobalje. Osim rijeke Save koja prihranjuje vodonosnik, na sjeveroistočnoj granici nalazi se i rijeka Krapina, a na zapadnoj rijeka Sutla. Za razmatrani objekt potrebno je naglasiti da na jugu samoborski vodonosnik dolazi u kontakt s nepropusnim naslagama Samoborskog gorja.

Iz geološke karte dijela Samoborskog vodonosnika i lokacije razmatranog objekta (slika 5-1.) vidljivo je da se nalazi na samoj granici aluvijalnog dijela srednje terase; a2 - šljunci i pijesci. Prema slici 5-2. koja prikazuje rasprostranjivanje hidrauličke vodljivosti vidljivo je da se objekt nalazi u dijelu gdje vladaju najnepovoljniji uvjeti, odnosno 0-5 cm/s hidrauličke vodljivosti. Potrebno je sagledati i kartu nadmorskih visina za što je korišten program Google Earth obzirom da blizu objekta mogu uočiti nagle promjene u nadmorskoj visini. Na slici 5-3. prikazan je objekt, te sjeverno od njega pijezometar SM_4_3 Hrvatskih voda kojim se stalno prati razina podzemnih voda. Pijezometar se nalazi na nadmorskoj visini od 129 m dok je objekt smješten na nadmorskoj visini od 141 m, iako je udaljenost između dvije točke svega 400 m. Obzirom da se cijeli nizinski dio samoborskog vodonosnika kreće između 120-130 m nadmorske visine moguće je zaključiti da je upravo blizu objekta i

granica samog vodonosnika te njegovo isklinjavanje. Nagla promjena nadmorske visine na slici 5-3. prikazana je crvenom crtom.



Slika 5-1. Opća geološka karta lokacije objekta (Šikić et al., 1978)



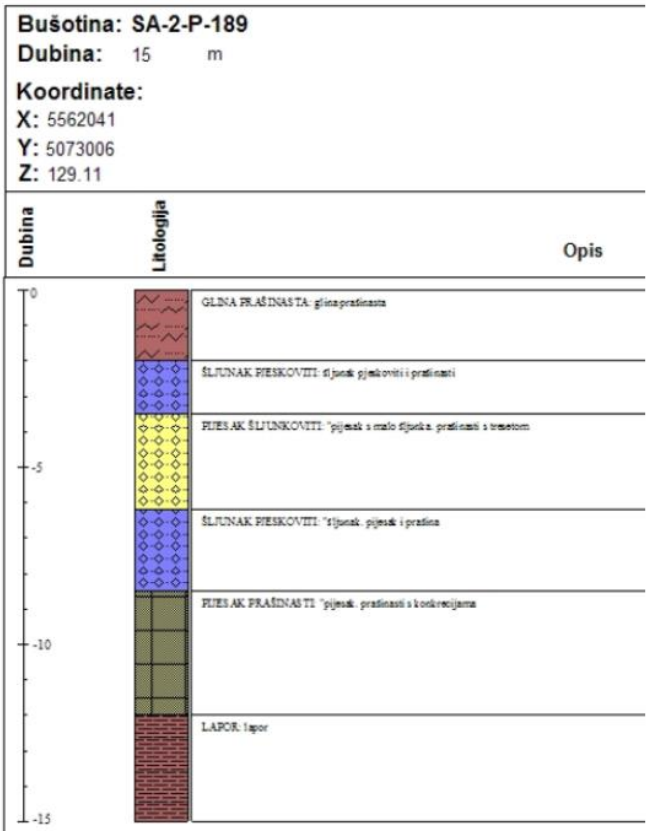
Slika 5-2. Hidrauličke vodljivosti vodonosnika za lokaciju objekta (Vlahović et al., 2009)



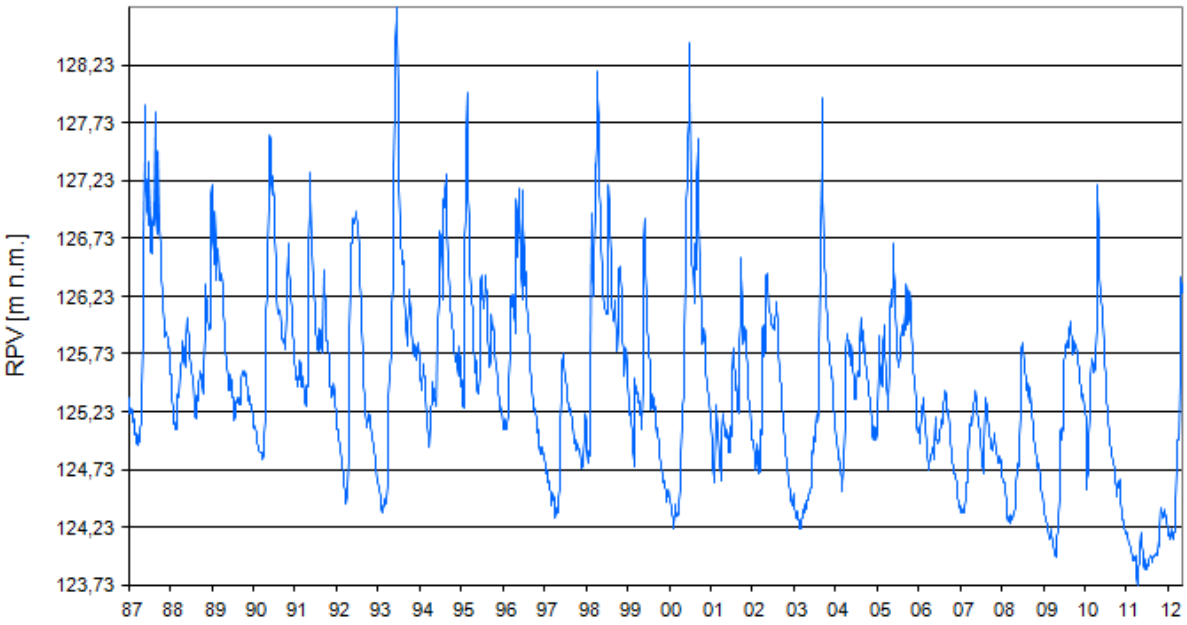
Slika 5-3. Analiza granice vodonosnika i objekta (Google Earth)

Pomoću prikazanih slika moguće je zaključiti da je energetsko korištenje podzemnih voda dvojbeno na lokaciji, obzirom na isklinjavanje vodonosnika na južnoj granici. No, obzirom da su potrebne količine podzemne vode izrazito male (0,75 l/s u najgorem slučaju tijekom zime i najhladnijih dana pri projektnih -17 °C) ne može se sa sigurnošću odbaciti ovaj vid iskorištavanja obnovljive energije. Za dokazivanje potpunog isklinjavanja vodonosnika na lokaciji objekta ili postojanje tankog sloja iz kojeg bi se još uvijek mogla proizvoditi tražena količina potrebno je napraviti istražne hidrogeološke radove, te hidrodinamičke testove koji će determinirati potencijal, ukoliko isti postoji, te odrediti jednadžba zdenca (snižavanje vodnog lica u funkciji narinutog protoka).

Na slici 5-4. prikazana je litologija, a na slici 5-5. razina podzemne vode za pijezometar SM_4_3 Hrvatskih voda (oznaka SA-2-P-189), udaljen 400 m sjeverno od razmatranog objekta. Vidljivo je da propusni aluvijalni dio vodonosnog sloja započinje već na 2 m i završava na 12 m dubine, gdje započinje nepropusna podina lapora.



Slika 5-4. Litološki stup obližnjeg pijezometra SA-2-P-189 (Hrvatske vode, 2015)



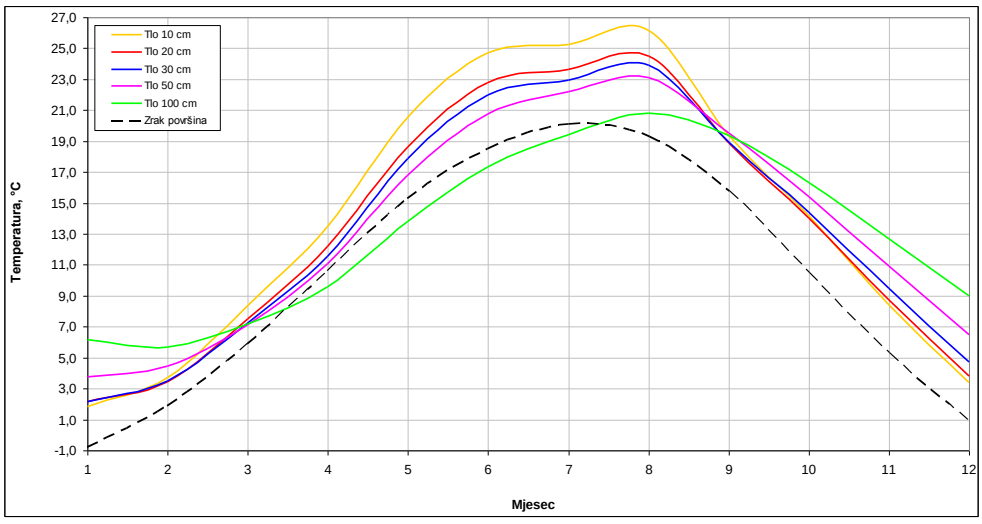
Slika 5-5. Razina podzemnih voda na pijezometru SA-2-P-189 (Hrvatske vode, 2015)

6. TLO KAO IZVOR ENERGIJE TERMOTEHNIČKOG SUSTAVA DIZALICE TOPLINE

Modeliranje sustava dizalica topline s tlom kao obnovljivim izvorom topline funkcionalno je vezano na pet osnovnih varijabli koje je nužno determinirati pri razvoju projekta:

1) Geološke i termogeološke značajke tla i stijena (vrsta stijene, statička temperatura tla, toplinska provodljivost, toplinski kapacitet i gustoća, toplinska difuzivnost);
2) Hidrogeološke karakteristike tla i stijena (prisutnost vode i hidrauličke karakteristike podzemnih vodonosnika);
3) Geotermalni gradijenti i toplinski tok;
4) Tehnoekonomski parametri bušotine (način bušenja i opremanja izmjenjivača topline, toplinske karakteristike cementa za ispunu bušotine, cijena i vrsta ugrađene opreme);
5) Klimatski uvjeti iz kojih proizlazi režim rada dizalice topline i omjer potrebne energije za grijanje i hlađenje određenog objekta.

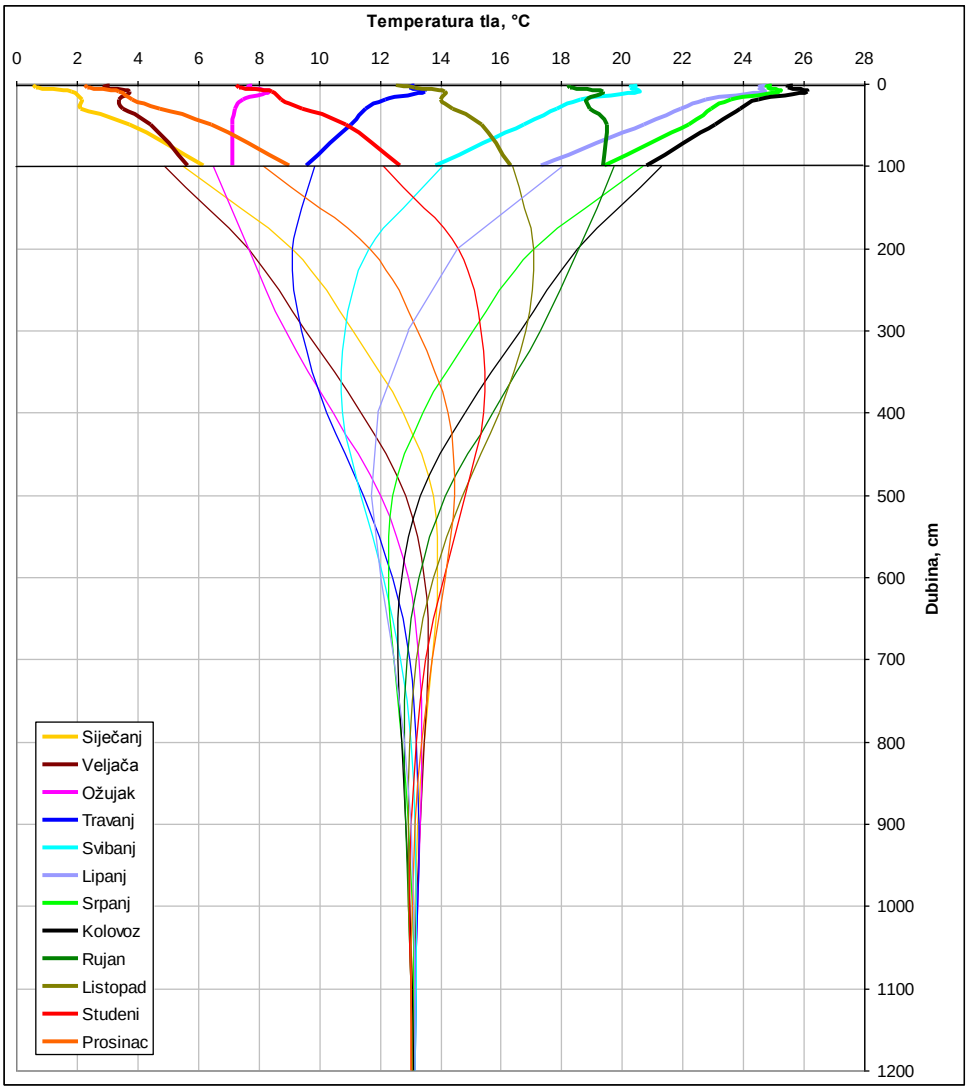
S površine tla dozračena energija Sunca prenosi se do određene dubine, a ovisi o intenzitetu zračenja koji primarno ovisi o geografskom položaju, morfologiji i količini biljnog pokrova. Temperatura tla funkcija je količine prenošene topline zračenjem, konvekcijom i kondukcijom. Mjerenja temperature tla od dubine 2 cm do 100 cm obavljaju se na teritoriju Republike Hrvatske pomoću meteoroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).



Slika 6-1. Amplitude temperature tla do 100 cm - Zagreb (Kurevija, 2010)

Na slici 6-1. prikazana je usporedba mjerenih srednjih mjesečnih temperatura tla određene dubine, prema statističkim podacima DHMZ-a Zagreb-Maksimir za razdoblje od 1990. do 2005. godine, i temperature zraka na površini. Vidljivo je da su maksimalne srednje godišnje temperature tla do dubine od 100 cm veće od temperature zraka. Razlog je što se mjerenja temperatûra zraka obavljaju u hladu tijekom dana, dok se kod mjerenja temperature tla toplina direktnim Sunčevim zračenjem na površinu apsorbira u tlu te dalje prenosi putem kondukcije. Maksimalne temperaturne amplitude tla javljaju se na površini kod dubine od 2 cm i iznose 25,1 °C te se smanjuju dubinom do vrijednosti od 15,1 °C pri 100 cm. Pomoću amplituda temperatûra tla mjerenih na određenim dubinama, i poznavanjem geološke građe, moguće je numerički proračunati i ekstrapolirati vrijednosti temperature tla s porastom dubine. Kao vrijednost statičke temperature tla, odnosno dubine pri kojoj Sunčevo zračenje i godišnje varijacije temperature nemaju više značajnog utjecaja uzima se vrijednost amplitude temperature od 0,1 °C (Jelic, 1989).

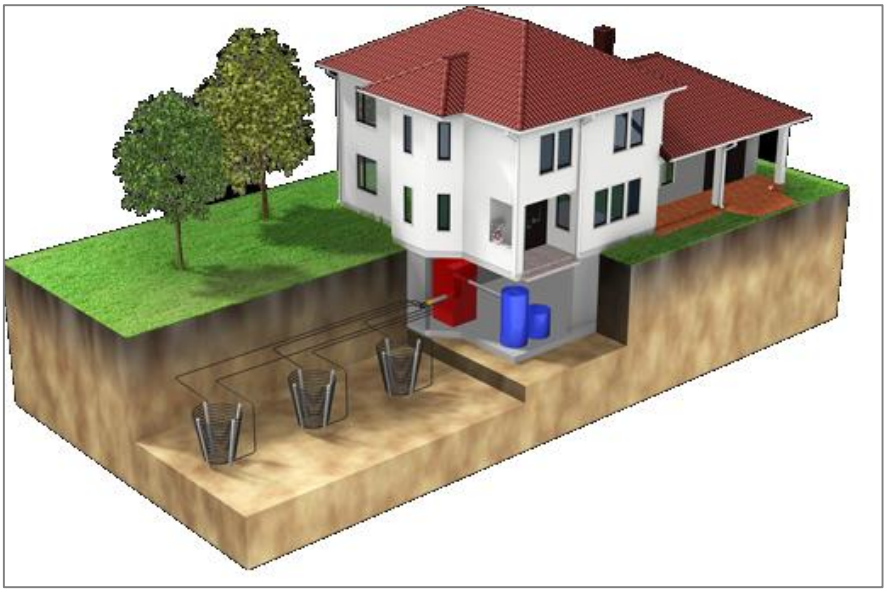
Na slici 6-2. prikazane su proračunate oscilacije mjesečnih temperatura tla pomoću sinusne funkcije, do dubine od 1200 cm. Obzirom da na lokaciji Zagreb postoje mjereni podatci do dubine od 100 cm proračun je napravljen metodom iteracije za vrijednost od 100 cm pretpostavljanjem vrijednosti toplinskog difuziviteta kako bi se dobila što bolja korelacija s mjerenim podatcima pri toj dubini. U Zagrebu pokrovno tlo pri navedenoj dubini najčešće se sastoji od kombinacije rastresitog materijala humusa, šljunka, pijeska i gline, a karakteristike toplinske vodljivosti i difuziviteta mijenjaju se tijekom godine u ovisnosti o količini padalina i vlage u samom tlu. Za srednju godišnju vrijednost toplinskog difuziviteta od 0,03 m^2/d, izračunatu pomoću promjene amplituda na dubinama od 2 cm i 100 cm, korelacija se dobro podudara s mjerenim podacima DHMZ-a pri dubini od 100 cm. Mjereni i proračunati podaci najbolje su usklađeni u proljeće i jesen zbog veće vlažnosti tla uslijed oborina (Kurevija, 2010).



Slika 6-2. Raspodjela temperatura tla po mjesecima do dubine od 10 m (Kurevija, 2010)

Poznavanje ovakvih karakteristika temperaturnog režima tla u funkciji dubine bitno je za projektiranje sustava dizalica topline s plitkim izmjenjivačima topline ukopanim u tlo. Najčešći oblik koji se primjenjuje jest polaganje horizontalne mreže cijevi u rovove, različitih oblika motanja cijevi i gustoći rasporeda rovova. Za ovakva rješenja nužna je simulacija rada izmjenjivača na sezonskoj bazi pomoću programskih paketa (kao na primjer GroundLoopDesigner) koji obuhvaćaju sve termogeološke parametre tla, kao i tražene toplinske množitelje na dizalici topline, obzirom da pristup analogije preko kataloških podataka o prosječnim toplinskim prinosima može dovesti do značajno poddimenzionirane mreže što dovodi do problema sa smrzavanjem zemlje i radnog fluida.

Geotermalne energetske košare i spirale novitet su u projektima podizanja energetske učinkovitosti u rezidencijalnom sektoru (slika 6-3.). Namijenjene su vlasnicima kuća, urbanih vila i manjih poslovnih objekata koji žele u svrhu grijanja i hlađenja pomoću voda-voda dizalice topline iskoristiti plitku geotermalnu energiju pohranjenu u tlu. U odnosu na ostale oblike iskorištavanja ove energije nudi se znatno smanjenje kapitalne investicije i smanjenje potrebne površine za ugradnju. Uspoređujući s bušotinskim izmjenjivačima topline, koji se instaliraju do dubina od 100 m, nudi se otprilike dvostruko jeftinije rješenje po promatranoj jedinici potrebne snage. Uspoređujući s horizontalnim izmjenjivačima nudi se znatno veća iskoristivost površine zemljišta, odnosno po jedinici površine moguće je dobiti veću instaliranu toplinsku snagu. Energetske košare projektirane su za iskorištavanje energije tla između dubine od 1,5 m do 4,5 m, a sama instalacija sastoji se od građevinskog iskopa zemlje i ugradnje, te zatrpavanja iskopanim materijalom. Osnovna prednost energetskih košara jest u jednostavnosti planiranja, izbjegavanju skupog i dugotrajnijeg bušenja te u maksimalnoj učinkovitosti.



Slika 6-3. Princip ugradnje energetskih spirala (BetaTherm, 2009)

Modularni dizajn i jednostavno paralelno povezivanje velikog broja košara omogućava pokrivanje i viših toplinskih zahtjeva, tako da su primjenjive i u poslovnim i industrijskim objektima, ukoliko postoji dovoljna površina za njihovu ugradnju. Energetskim košarama moguće je u potpunosti pokriti grijanje i hlađenje objekta, kao i pripremu potrošne tople vode. Hlađenje se može izvesti kao aktivno uz upotrebu

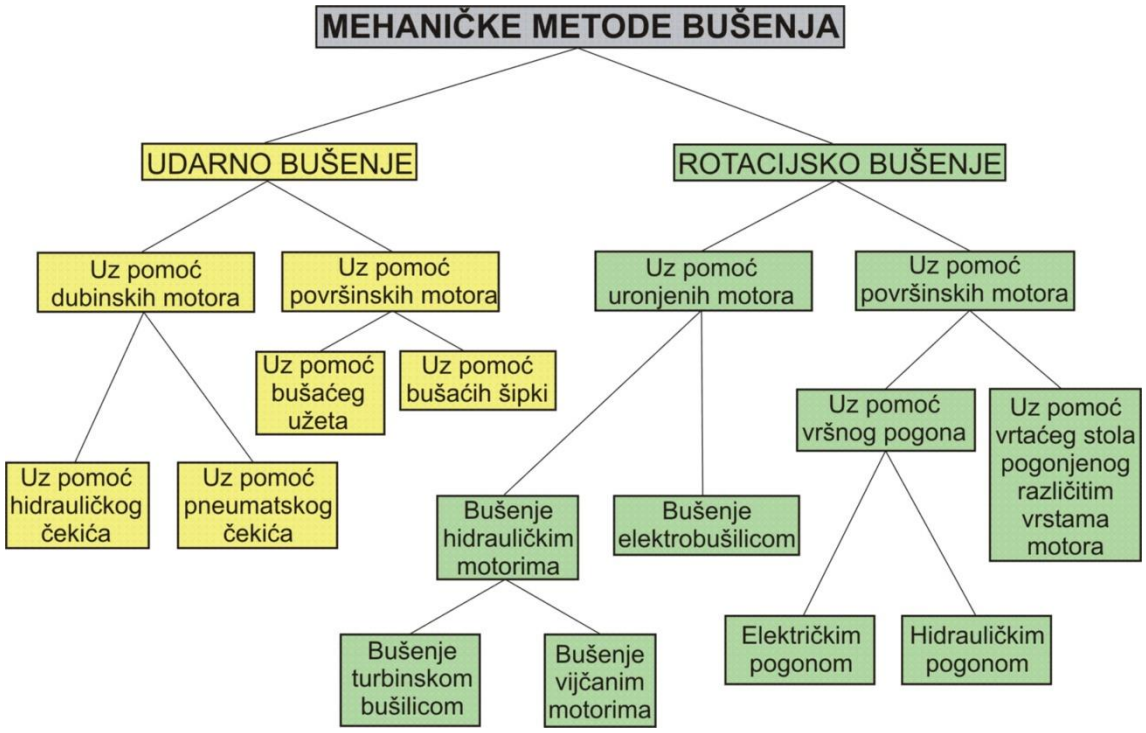
kompresora dizalice topline. Iznad polja geospirala moguće je potpuno korištenje dvorišta i sadnja niskog raslinja, no preporučljivo je izbjegavati ugradnju ispod većih asfaltiranih površina. Svako geotermalno polje se nakon ugradnje testira pomoću testa toplinskog odaziva tla (TRT), čime investitor dobiva egzaktan podatak o kapacitetu svake košare u kW toplinske snage čime se sprječava pod-dimenzioniran i neučinkovit sustav ukoliko horizontalne zemne izmjenjivače ugrađuju nestručne osobe.

7. BUŠENJE I OPREMANJE BUŠOTINSKOG IZMJENJIVAČA TOPLINE

7.1. Bušenje vertikalnog izmjenjivača topline

Ovisno o vrsti stijena postoji nekoliko načina bušenja plitkih bušotina za izmjenjivače topline koji se razlikuju po svom načinu rada, cijeni i brzini izrade bušotine, a to su:

a) Rotacijsko bušenje (engl. *Rotary Crushing*)
b) Udarno bušenje s površine pomoću bušaćeg pneumatskog čekića (engl. *Top Hammer*)
c) Dubinsko udarno bušenje pomoću bušaćeg pneumatskog čekića (engl. *DTH - Down The Hole*)



Slika 7-1. Prikaz mehaničkih metoda bušenja

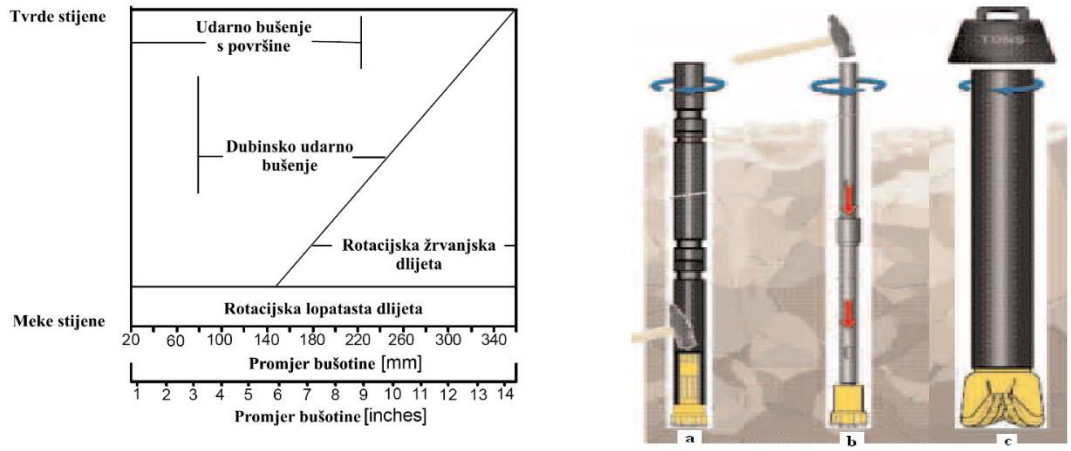
Mehaničke metode bušenja prikazane su slikom 7-1. Postoje brojni tipovi bušaćih dlijeta ovisno o metodi bušenja, vrsti bušenih stijena, materijalu izrade i konstrukciji. Prema tehnici bušenja, dlijeta se dijele na udarna i rotacijska; prema tipu bušenih stijena dijele se

na dlijeta za bušenje mekih, srednjetvrdih, tvrdih, kremenih i žilavih (viskoznih) formacija te prema načinu djelovanja na stijenu (razaranja stijene) dijele se na dlijeta režućeg tipa, drobećeg tipa, odsijecajućeg tipa i kombiniranog, strugajućerežućeg tipa (za bušenje struganjem ili abrazijom i rezanjem stijena). Najčešće se u suvremenom bušenju mekih stijena primjenjuju dlijeta za rotacijsko bušenje koja se dijele u tri glavne skupine - žrvanjska, dijamantska i lopatasta.

Za izradu plitkih bušotina (100-150 m) najčešće se koristi rotacijsko bušenje koje je prilagodljivo većini problema koji se mogu javiti pri izradi kanala bušotine. Pri rotacijskom bušenju, korištenje lopatastih dlijeta u tlu meke i srednje tvrdoće učinkovitije je u usporedbi s dlijetima koja koriste žrvnjeve, a koja zahtijevaju veće osno opterećenje na dlijeto. Za razliku od dubokih bušotina iz naftno rudarske prakse gdje sami niz bušaćih alatki ostvaruje dovoljno opterećenje na dlijeto, kod plitkih bušotina potrebno opterećenje često premašuje težinu koje postrojenje može ostvariti usprkos korištenju bušaćih cijevi veće težine.

Korištenjem udarnog bušenja u tvrdim stijenama brzina bušenja bit će veća nego kod rotacijskog, uz bolju ekonomičnost, dok problemi mogu nastati ako se u stijeni nalaze mekani i nestabilni proslojci. Kod nekonsolidiranih pokrovnih naslaga korištenje ODEX metode (engl. *Overburden Drilling Equipment*) omogućuje ugradnju zaštitnih cijevi tijekom bušenja te nastavak u tvrdim stijenama metodom dubinskog udarnog bušenja.

Problem udarnog bušenja je što se pri svakom novom dodavanju bušaćih šipki smanjuje udarna snaga dlijeta u stijenu, što je riješeno dubinskim udarnim bušenjem, no promjer bušotine tada ovisi o dostupnoj količini stlačenog zraka potrebne za rad sustava, odnosno korištenju kompresora velikih snaga. Za optimalni način bušenja moguće je koristiti dijagram Hyttia (slika 7-2.) koji pokazuje ovisnost promjera bušotine i tvrdoći stijene o načinu bušenja.



Slika 7-2. Optimalni načini bušenja i grafički prikaz različitih načina bušenja: a - Dubinsko udarno bušenje; b - Udarno bušenje s površine; c - Rotacijsko žrvanjsko bušenje) (Hytti, 1987)

Izrada istražnih bušotina za plitke geotermalne izvore u većini slučajeva vrši se rotacijskim bušenjem. Tijekom bušenja nabušeni stijenski materijal se putem isplake iznosi na površinu gdje se odvaja od nje, te se uzimaju uzorci nabušenih stijena kako bi se odredili osnovni podatci o geološkoj slici podzemlja. Mjerenjem brzine bušenja kao funkcije brzine rotacije i opterećenja na dlijeto može se približno odrediti relativna tvrdoća nabušene stijene i granice litoloških slojeva. Ako tijekom bušenja dolazi do gubitaka isplake to će ukazivati na postojanje propusnih slojeva ili pukotina, te se mjerenjem količine gubitka isplake mogu približno odrediti hidraulička svojstva stijene. Na površini se iz nabušenog materijala uzimaju uzorci stijene kako bi se na temelju njih odredila vrsta bušene stijene i njen mineralni sastav.

7.2. Cementacija kanala bušotine

U slučajevima kad područne vlasti zahtijevaju cementiranje bušotine, u svrhu zaštite podzemnih voda, koriste se smjese odgovarajućih svojstava. Smjesa za cementiranje mora podnositi sve radne temperature, te se ne smije smrzavati, a čine ju mješavine bentonit/cement/voda ili bentonit/cement/pijesak/voda. Sama mješavina bentonita i vode ima loša svojstva toplinske vodljivosti (pri 10 ºC < 0,7 W/m·K) i nije otporna na smrzavanje.

Dodavanje cementa omogućava korištenje smjese na temperaturama od oko -15 ºC, a dodavanjem granuliranjem kvarcnog pijeska ili grafita povećava se toplinska vodljivost na 1,6-2,0 W/(m·K) pri 10 ºC. Kod mješavine bentonit/cement/pijesak/voda, postotak bentonita i cementa iznosi 10%, za svaki posebno, a pijeska približno 30%. Izbjegava se korištenje prevelikih postotaka cementa ili korištenje samog cementa iz razloga kako se ne bi zaustavila toplinska dilatacija bušotine.

Uloga smjese je zapunjavanje prostora između cijevi i zida bušotine kako bi se osigurao dobar dugotrajni toplinski kontakt tla i cijevi, učvršćivanje cijevi izmjenjivača, sprječavanje vertikalnog kretanja vode u bušotini te prodiranja površinske vode, smanjenje razlike između statičkog tlaka otopine u cijevima i tlaka u bušotini što je bitno za produljenje vijeka trajanja dubokih izmjenjivača (200-400 m).

Istovremeno s ugradnjom cijevi izmjenjivača, u bušotinu se spušta cijev kroz koju će se utiskivati smjesa za cementiranje. Nakon ugradnje izmjenjivača, a prije cementiranja bušotine, mora se provesti ispitivanje cijevi na tlak i to još dok se u njima nalazi voda. Cementiranje se provodi od dna bušotine prema vrhu. Pri cementiranju, povlačenje cijevi prema površini uvijek se vrši tako da njezin kraj bude ispod razine površine smjese u bušotini, kako bi se izbjeglo stvaranje zračnih mjehura. Cementiranje bušotine smjesom mora se kvalitetno obaviti kako bi se izbjeglo stvaranje zračnih mjehura budući da je zrak prirodni izolator.

Proučavanjem utjecaja toka podzemne vode na bušotinski izmjenjivač, kod nezacementiranih bušotina, utvrđeno je značajno poboljšan prijenos topline. Ako bušotinu, koja je napunjena podzemnom vodom, presijeca jedna ili više pukotina (fraktura) to će omogućiti tok podzemne vode iz stijene u bušotinu i obrnuto. Obujamsko širenje vode, nastalo njenim zagrijavanjem, uzrokuje kretanje vode pri čemu se javlja poboljšani prijenos topline. Topla voda se, kroz pukotine, kreće prema gornjem dijelu bušotine dok voda niže temperature ulazi u bušotinu kroz pukotine na većoj dubini. Ovaj tok, nastao razlikom temperatura i tlaka, naziva se termogravimetrijski učinak i može značajno povećati prijenos topline u vodom ispunjenim bušotinama.

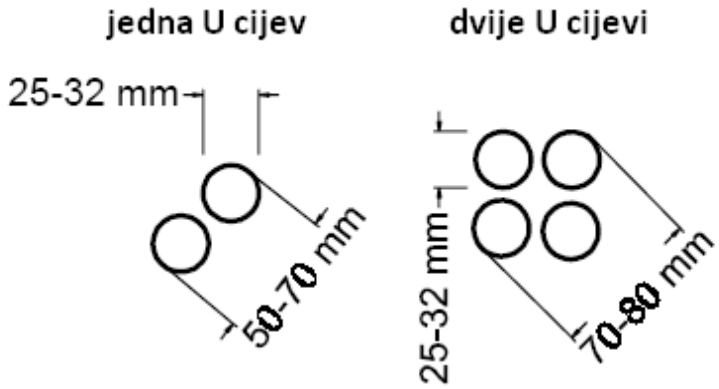
7.3. Ugradnja i dijelovi bušotinskog izmjenjivača topline

Preduvjet dobrom radu sustava su odgovarajuća ugradnja bušotinskog izmjenjivača i zapunjavanje bušotine. Vrijeme ugradnje ovisit će o stanju tla, dužini cijevi, potrebnoj opremi i vremenskim uvjetima, te obično traje 1-2 dana. Prije ugradnje izmjenjivač se napuni vodom kako bi se olakšala ugradnja te spriječilo njegovo izdizanje pri zapunjavanju bušotine smjesom. Cijevi izmjenjivača se u bušotinu uguravaju ručno ili strojno bubnjem, ali ne velikom silom jer bi to moglo dovesti do savijanja cijevi, njihovim prianjanjem uz zid bušotine, povećanom trenju cijevi od zid, odnosno do njihovog oštećivanja. Ako je potrebno, na dno niza cijevi može se dodati uteg kako bi se one lakše ugradile.

Cijevi izmjenjivača načinjene su od polietilenskog materijala, visoke gustoće, otpornog na koroziju, a sve spojnice se spajaju topljenjem što ih čini plinski nepropusnima. Općenito vrijedi da se korištenjem većeg promjera cijevi izmjenjivača smanjuje potrebna dubina bušotine. Koriste se različiti tipovi bušotinskih izmjenjivača topline s dva osnovna koncepta: polietilenske U-cijevi i suosne cijevi.

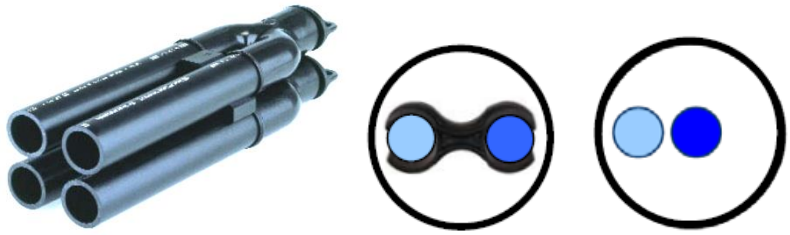
7.3.1. Polietilenske U-cijevi

Načinjene su od para uspravnih cijevi spojenih pri dnu s lukom koji zatvara kut od 180°. U bušotinu se ugrađuje jedna, dvije ili ponekad i do tri U-cijevi (slika 7-3.). Promjer cijevi je u rasponu od 20-40 mm, a vijek trajanja cijevi je dulji od 50 godina. Prednost plastičnih, najčešće polietilenskih, U-cijevi nad čeličnima je u nižoj cijeni sirovine od kojeg se izrađuju, što je rezultiralo da su danas najčešće korišteni bušotinski izmjenjivači u Europi.



Slika 7-3. Presjek izmjenjivača s jednim i dva para U- cijevi

Izmjenjivač s dva para cijevi (slika 7-4.) ima dva odvojena luka koji se nalaze zasebno, te se svaki luk može pojedinačno isključiti, ili su spojeni u obliku slova Y. U središtu dva para cijevi nalazi se peta cijev, koja služi za utiskivanje smjese za zapunjavanje bušotine. Prednosti dvostrukih U-cijevi nad jednostrukima su niži bušotinski toplinski otpor, dok su nedostatci teža ugradnja i ekonomičnost. Kako bi se smanjio međusobni toplinski utjecaj cijevi izmjenjivača, te na taj način poboljšala izmjena topline između tla i otopine u izmjenjivaču (pri grijanju i hlađenju), cijevi se osiguravaju držačem razmaka koji se postavljaju na svaka 2-3 metra.

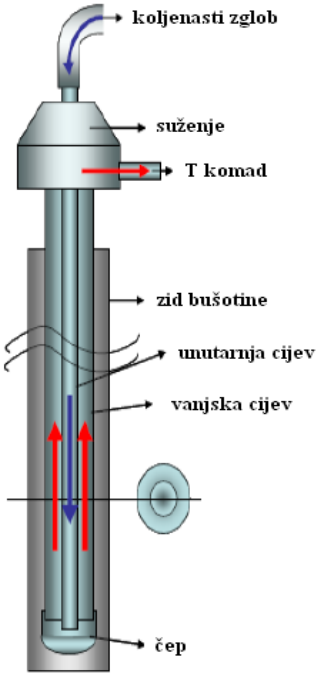


Slika 7-4. Izmjenjivač s dva para U-cijevi te smještaj držača u bušotini s i bez držača razmaka

Zbog velikih temperaturnih razlika, koje se javljaju između mješavine koja se vraća u bušotinu i izlazi iz nje, može se pojaviti veliko toplinsko međudjelovanje cijevi izmjenjivača. Kako bi se taj utjecaj smanjio, u nekim slučajevima izoliraju se cijevi kroz koje mješavina napušta bušotinu. Izoliranje cijevi vrši se samo do određene dubine, a daljnje izoliranje cijevi ne bi donijelo nikakvu korist već bi samo povećalo cijenu ugradnje.

7.3.2. Suosne (koaksijalne, koncentrične) cijevi

U najjednostavnijem slučaju postavljene su kao dvije uspravne cijevi različitog promjera, jedna u drugoj (slika 7-5.), ili u složenijoj izvedbi. Izrađuju se od polietilenskog materijala visoke gustoće.



Slika 7-5. Jednostavan suosni izmjenjivač

Jedna od prednosti suosnih cijevi je u jednom mjestu zavarivanja, odnosno na čepu dna cijevi, dok kod standardnih dvostrukih U- cijevi postoje najmanje četiri mjesta. Kod suosnih cijevi prisutan je pogodniji bušotinski toplinski otpor što rezultira malim smanjenjem potrebne dubine bušotine. Pri ugradnji u bušotinu, radi jednostavnosti, prvo se ugradi vanjska cijev, a zatim unutarnja. Nakon toga, na vrh izmjenjivača, zavaruju se T-komad i suženja kako bi se izmjenjivač mogao spojiti s dizalicom topline. Promjer vanjske cijevi mora biti dovoljno širok kako bi se osigurala dovoljno velika površina za prijenos topline, te dovoljno malen kako bi se cijev mogla, namotana u jednome komadu, dopremiti na mjesto ugradnje. Debljina stjenke cijevi mora biti takva da cijev može izdržati radni tlak. Korištenje jednog suosnog izmjenjivača većeg promjera može zamijeniti korištenje četiri U-cijevi. U tablici 7-1. prikazana je usporedba troškova pri ugradnji U-cijevi i suosnih izmjenjivača za dubinu od 100 m.

Tablica 7-1. Usporedba troškova pri ugradnji U-cijevi i suosnih izmjenjivača za dubinu od 100 m

	bušenje, €	jedna cijev, €	smjesa, €	antifriz 25%, €	ukupno, €
dvostruka U cijev 4x32	3 750	677	238	432	5 097
jednostruka U cijev 2x40	4 000	426	309	334	5 070
jednostavni suosni 63/32	3 750	439	241	362	4 792
jednostavni suosni 75/50	4 100	680	263	456	5 499

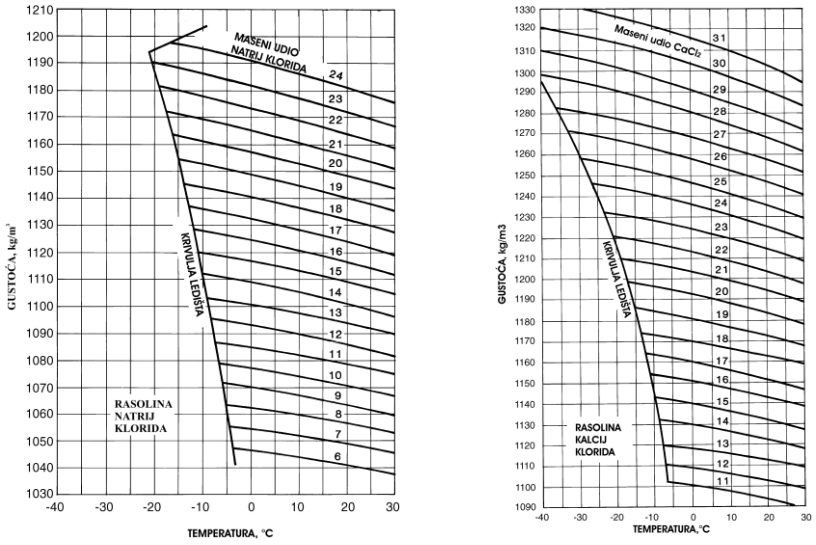
Nakon ugradnje izmjenjivača, a prije cementiranja bušotine mora se provesti ispitivanje cijevi na tlak i to dok se još u njima nalazi voda. Cijevi se ispituju pri tlaku od najmanje 6 bar, a vrijeme ispitivanja traje najmanje 1 sat pri čemu dozvoljeni pad tlaka može iznositi 0,2 bar. Nakon završetka s ugradnjom, cijevi izmjenjivača će viriti otprilike 1 m iznad površine tla što će biti dovoljno za spajanje s priključnim cijevima koje vode prema dizalici topline. Cijevi bušotinskog izmjenjivača se s dizalicom topline spajaju pomoću priključnih cijevi koje se polažu u prokop. Prokop, od bušotine do zgrade, mora biti najmanje 30 cm širok i produbljen ispod dubine zamrzavanja, te ga je ovisno o promjeru priključne cijevi potrebno dodatno produbiti. Kako se priključna cijev ne bi oštetila, mora se zasuti pijeskom ili finijom zemljom. Nakon postavljanja mora se nalaziti ispod granice smrzavanja, a ako to nije moguće, može se izolirati vodootpornim izolatorom (polietilenska pjena). Priključne cijevi spajaju bušotinske izmjenjivače s razdjelnikom koji može biti pričvršćen s vanjske strane na zid ili na držaču ili ugrađen unutar zgrade. U slučaju da se razdjelnik nalazi izvan zgrade zanemaruje se problem kondenzacije vlage, ali dolazi do malih gubitaka snage. Ovaj način ugradnje razdjelnika nepogodan je zbog smrzavanja za sustave koji koriste vodu.

U rashladnoj tehnici toplina se često prenosi na sekundarno rashladno sredstvo, odnosno kapljevinu koja ne mijenja agregatno stanje tijekom hlađenja/grijanja.

7.4. Radni fluid bušotinskog izmjenjivača za prijenos toplinske energije

7.4.1.Rasoline

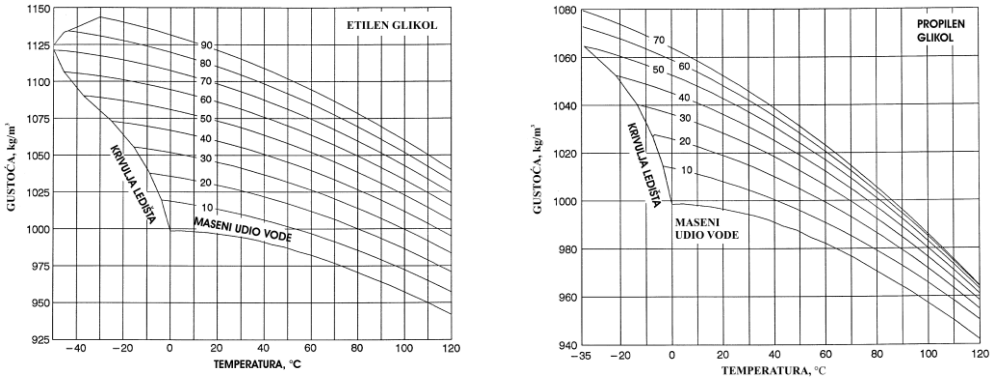
Vodene otopine kalcij-klorida i natrij-klorida najčešće su rasoline koje se upotrebljavaju u rashladnoj tehnici, odnosno sustavima dizalica topline s bušotinskim izmjenjivačem topline. Rasoline se mora tretirati kako bi se izbjegao utjecaj korozije ne sekundarni izmjenjivač topline u dizalici topline te taloženje, a najčešće se upotrebljava tretman kromom. Za rasolinu kalcij-klorida potrebno je minimalno 1800 mg/kg natrij-kromata pH vrijednosti od 6,5 do 8,5 dok je za rasolinu natrij-klorida nužno 3600 mg/kg pH vrijednosti također od 6,5 do 8,5. Prije upotrebe inhibitora potrebno je provjeriti regulative zaštite okoliša i voda, a koje se odnose na upotrebu i odlaganje kromatskih fluida. Na slici 7-6. prikazane su krivulje ledišta u zavisnosti gustoće i temperature, kako bi se pravilno odredila koncentracija rasoline u bušotinskom izmjenjivaču topline, obzirom na projektnu ulaznu i izlaznu temperaturu iz dizalice topline, te vanjsku projektnu temperaturu zraka.



Slika 7-6. Ledište rasoline natrij-klorida i kalcij-klorida u zavisnosti o gustoći, temperaturi i koncentraciji (ASHRAE, 1995)

7.4.2 Glikoli

Etilen glikol i propilen glikol, korozivno inhibirani, koriste se za snižavanje temperature ledišta vode (antifriz), kada se voda koristi kao sekundarni radni fluid u bušotinskom izmjenjivaču topline. Inhibirani etilen glikol boljih je fizikalnih karakteristika od propilen glikola, pogotovo na nižim temperaturama. Međutim, propilen glikol je manje toksičan te je pogodan za sustave gdje je moguć ljudski kontakt s fluidom. Na slici 7-7. prikazana je krivulja ledišta u zavisnosti gustoće i projektne temperature za etilen glikol i propilen glikol.



Slika 7-7. Ledište etilen glikola i propilen glikola u zavisnosti o gustoći, temperaturi i koncentraciji (ASHRAE, 1995)

8. SIMULACIJA SUSTAVA DIZALICE TOPLINE S BUŠOTINSKIM IZMJENJIVAČEM TOPLINE KAO OBNOVLJIVIM IZVOROM ENERGIJE

Prilikom projektiranja i simulacije rada geotermalne dizalice topline potrebno je uzeti u obzir više faktora koji u određenoj mjeri utječu na učinkovitost i ekonomiku sustava (slika 8-1.). Pravilno određivanje potrebne duljine bušotinskog izmjenjivača najzahtjevniji je inženjerski zadatak, a moguće predimenzioniranje ili poddimenzioniranje izmjenjivača nepovratno će negativno utjecati na ostatak sustava. Stoga, svaki projekt primjene geotermalne dizalice topline je unikatan sustav i zahtjeva individualan pristup prilikom projektiranja.



Slika 8-1. Faktori koji utječu na projektiranje i ekonomiku geotermalne dizalice topline

Ukoliko je izmjenjivač topline poddimenzioniran prilikom proračuna, direktno će utjecati na smanjenu termodinamičku učinkovitost dizalice topline i normalan režim rada (štetno djelovanje i automatska isključenja dizalice topline). Pravilno dimenzioniranje mora uravnotežiti toplinsku bilancu između višegodišnje promjene temperature tla uzrokovane korištenjem i pohranjivanjem topline prilikom dvorežimskog rada (grijanje i hlađenje) te sposobnosti regeneracije topline u podzemlju. Statička temperatura tla ne bi se smjela promijeniti za više od 1 °C unutar 30-godišnjeg planiranog rada. Kod poddimenzioniranog sustava postoji značajan rizik neispunjenja toplinskih potreba objekta te je nužno naknadno primijeniti sustav za pokrivanje vršne potrošnje (najčešće baziran na električnoj energiji kao izvoru, ukoliko se radi o monoenergetskom sustavu), što uvećava kapitalni trošak i

isplativost samog sustava, smanjuje učinkovitost, a time i prednost u odnosu na konvencionalne energente čime se povećava emisija stakleničkih plinova. Ako dizalica topline služi samo za grijanje objekta, u poddimenzioniranom sustavu, ukoliko toplinski balans u podzemlju nije u potpunosti obnovljen između dviju sezona, temperatura tla će se postepeno kroz par godina smanjivati do neprihvatljive vrijednosti temperature radnog fluida (npr. propilen glikola) te u konačnici uzrokovati prekid rada. Povećana viskoznost radnog fluida pri nižim temperaturama može uzrokovati laminarni tok u U-cijevima te na taj način neadekvatan prijelaz topline.

Kod predimenzioniranog izmjenjivača topline povećava se kapacitet sustava, što negativno utječe na isplativost obzirom na veću kapitalnu intenzivnost od konvencionalnih sustava na fosilna goriva. Posljedica prekapacitiranosti sustava je rad dizalice topline pri djelomičnom opterećenju, no kod tehnološki modernih dizalica topline rad pri djelomičnom opterećenju najčešće ima istu termodinamičku učinkovitost kao i kod rada s punim opterećenjem, obzirom na ugrađeni invertni kompresor. Neučinkovit sustav, u tom slučaju, se manifestira kroz potrebu centrifugalne pumpe veće snage za cirkuliranje radnog fluida u izmjenjivaču, a što negativno utječe na sezonski stupanj učinkovitosti cjelokupnog sustava dizalice topline.

Idealno projektiranje sustava i izmjenjivača topline zasniva se na dimenzioniranju dizalice topline za pokrivanje vršne potrošnje objekta te preuzimanju onoliko topline iz zemlje koliko je njena obnovljivost na sezonskoj bazi, odnosno postizanje toplinskog ekvilibrijuma. Kako je u praksi to teško postići zbog velikog broja čimbenika koji su međusobno funkcionalno povezani, sustavi su gotovo uvijek sigurnosno predimenzionirani u realnim okvirima da bi se što manje štetno djelovalo na isplativost projekta. Svi sustavi snage veće od 30 kW trebali bi uključiti mjerenje toplinske vodljivosti na prvoj izbušenoj bušotini te tek tada projektirati bušotinsko polje. Poznavanje geoloških i hidroloških karakteristika podzemlja na određenom lokalitetu može znatno sniziti kapitalne troškove i uvećati isplativost samog sustava.

Kako bi se procijenio energetski potencijal plitkih geotermalnih resursa Republike Hrvatske potrebno je utvrditi specifičnost pojedinih regija u ovisnosti o klimatološkim, geološkim, ekonomskim i tehničkim parametrima, a što je nužna premisa za definiranje regionalnih planova razvoja gospodarskog i energetskog sektora u budućnosti, isplativosti ulaganja za pojedine regije te prijedlog konkretnih zakonodavnih okvira i ekoloških normi

za postupak izgradnje bušotinskih izmjenjivača topline. Za razvoj i implementaciju tehnologije geotermalnih toplinskih pumpi u Republici Hrvatskoj trenutno postoji nužna tehnička i distributivna infrastruktura, ali ne i konkretna zakonska regulativa te ekološki i sigurnosni propisi koji se odnose na izgradnju bušotinskih izmjenjivača topline.

9. PROJEKTIRANJE TOPLINSKIH I RASHLADNIH POTREBA U ZGRADARSTVU I ZAKONODAVNI OKVIR U REPUBLICI HRVATSKOJ

Kako bi se procijenio plitki geotermalni potencijal i ekonomičnost njegova iskorištavanja primjenom dizalica topline na određenim lokacijama Republike Hrvatske, nužno je osim geoloških i hidroloških karakteristika tla poznavati i nadzemni dio sustava. Projektiranje i dimenzioniranje sustava geotermalnih dizalica topline prvenstveno se zasniva na potrebama potrošača u vidu utrošene toplinske i rashladne energije. Osnovni proračuni energetskih potreba zgrade zasnivaju se na toplinskoj bilanci, a varijable koje utječu na sam proračun mnogobrojne su, često teško precizno odredive i gotovo uvijek međusobno povezane. Većina komponenti, koje se kao ulazni podatci uvode u kompjutersku simulaciju toplinskih i rashladnih potreba, promjenjive su tijekom vremenskog perioda od 24 sata te se svaka od njih mora posebno analizirati kako bi se dobilo što točnije vršno opterećenje. Prilikom dizajniranja toplinskog i rashladnog sustava zgrade, potrebno je razlikovati četiri stupnja toplinskog toka funkcionalno zavisnih o vremenu:

- Toplinski dobitci i gubitci zgrade
- Vršna potrebna toplinska i rashladna snaga
- Stupanj odvođenja i dovođenja topline
- Toplinski i rashladni učin opreme

Toplinski dobitci zgrade su zbroj veličina prolaza topline iz vanjskog okoliša te topline generirane u samoj zgradi (rasvjeta, oprema, ljudi), a definirani su načinom prijelaza topline te vrstom topline (osjetilna/latentna toplina). Načini prijelaza topline mogu biti Sunčevo zračenje kroz staklene površine, kondukcija kroz vanjske zidove i krov, kondukcija kroz unutrašnje pregradne zidove i stropove, konvektivna toplina prenesena unutar interijera od ljudi, rasvjete i opreme, konvekcija uslijed ventilacije i infiltracije vanjskog zraka.

Osjetna toplina je izravno prenesena na unutarnji prostor pomoću prijelaza topline konvekcije, kondukcije i zračenja, dok se latentna toplina povećava obzirom na vlažnost prostora (uslijed isparavanja vode od strane ljudi i opreme). Za održavanje konstantne vlažnosti prostora, stupanj kondenzacije vodene pare na klimatizacijskom uređaju mora biti jednak stupnju isparavanja vode unutar prostora, a potrebna energija kako bi se odvodila latentna toplina odgovara samoj toplini kondenzacije vodene pare. Toplinski dobitci

Sunčevim zračenjem ne računaju se direktno u potrebnu bilancu rashladne snage. Energija zračenja prvo se apsorbira u zidovima i objektima unutar zgrade, a tek nakon što im temperatura postane veća od temperature prostorije, dio njihove topline se prenosi konvekcijom na zrak unutar zgrade.

Procjena i proračun potrebne toplinske i rashladne snage za pojedinu zgradu zasniva se ne principu toplinske bilance kondukcije, konvekcije i zračenja za svaki zid te konvektivnog prijenosa topline zrakom u svakoj od prostorija.

Stambena zgrada za koju je grijanje predviđeno na temperaturu 18 °C ili višu mora biti projektirana i izgrađena na način da godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²·a)], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0, nije veća od vrijednosti:

- za $f_0 < 0,20 \;\; Q"_{H,nd} = 51,31 kWh/\left(m^2 a\right)$,
- za $0,20 < f_0 < 1,05 \;\; Q"_{H,nd} = \left(41,03 + 51,41 f_0\right) kWh/\left(m^2 a\right)$,
- za $f_0 > 1,05 \;\; Q"_{H,nd} = 95,01 kWh/\left(m^2 a\right)$

Nestambena zgrada za koju je grijanje predviđeno na temperaturu 18 °C ili višu mora biti projektirana i izgrađena na način da godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade, $Q"_{H,nd}$ Q''_{nsz} [(kWh/(m³·a)], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0, nije veća od vrijednosti:

- za $f_0 \le 0,20 \;\; Q'_{H,nd} = 16,42 kWh/\left(m^3 a\right)$,
- za $0,20 < f_0 < 1,05 \;\; Q'_{H,nd} = \left(13,13 + 16,45 f_0\right) kWh/\left(m^3 a\right)$,
- za $f_0 \ge 1,05 \;\; Q'_{H,nd} = 30,40 kWh/\left(m^3 a\right)$

Faktor oblika zgrade, $f_0 = A/V_e$ (m^{-1}), jest količnik oplošja, A (m²), i obujma, V_e (m³), grijanog dijela zgrade. Ograničenja godišnje potrebne toplinske energije za grijanje ne primjenjuju se na zgrade koje najmanje 70% potrebne toplinske energije za grijanje podmiruju iz individualnih obnovljivih izvora energije te zgrade kod koje se više od polovice toplinskih gubitaka nadoknađuje unutarnjim izvorima topline iz tehnološkog procesa.

Stambena zgrada mora biti projektirana i izgrađena na način da koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade, $H'_{tr,adj} = H_{tr,adj} / A$ [W/(m² K)], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0, nije veći od vrijednosti utvrđene jednadžbom:

- $H'_{tr,adj} = 0,45 + 0,15 / f_0$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest > 3 °C, odnosno
- $H'_{tr,adj} = 0,30 + 0,15 / f_0$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest ≤ 3 °C.

Vrijednost $H'_{tr,adj}$ koja se prema jednadžbama dobije za f_0 = 0,20 m^{-1} primjenjuje se i za f_0 < 0,20 m^{-1}. Vrijednost $H'_{tr,adj}$ koja se prema jednadžbama dobije za f_0 = 1,05 m^{-1} primjenjuje se i za f_0 > 1,05 m^{-1}. Ove jednadžbe primjenjuju se i na nestambene zgrade kod kojih je udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja $f \leq 30\%$.

Nestambena zgrada kod koje je udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja f > 30%, mora biti projektirana i izgrađena na način da koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade, $H'_{tr,adj} = H_{tr,adj} / A$ [W/(m² K)], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0, nije veći od vrijednosti utvrđene jednadžbom:

- $H'_{tr,adj} = 0,45 + 0,24 / f_0$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest > 3 °C, odnosno
- $H'_{tr,adj} = 0,35 + 0,24 / f_0$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest ≤ 3 °C.

Vrijednost $H'_{tr,adj}$ koja se prema dobije za f_0 = 0,20 m^{-1} primjenjuje se i za f_0 < 0,20 m^{-1}, a vrijednost $H'_{tr,adj}$ koja se prema jednadžbama dobije za f_0 = 1,05 m^{-1} primjenjuje se i za f_0 > 1,05 m^{-1}.

Glavni projekt zgrade u dijelu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu sadrži tehnički opis, proračun fizikalnih svojstava zgrade glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje zgrade za stvarne klimatske podatke, proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje za zgradu s instaliranim sustavom za hlađenje za stvarne klimatske podatke,

program kontrole i osiguranja kvalitete, nacrte, te Iskaznicu potrebne toplinske energije za grijanje i potrebne toplinske energije za hlađenje, ako posebnim propisom nije drukčije određeno.

Tehnički opis sadrži podatke o:

- lokaciji i namjeni zgrade,
- korištenim meteorološkim parametrima,
- podjeli zgrade u toplinske zone ako je zgrada podijeljena u toplinske zone,
- geometrijskim karakteristikama zgrade/zone (oplošje i obujam grijanog dijela zgrade, faktor oblika zgrade, ploština korisne površine zgrade, udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja),
- vrsti izvora energije za grijanje i hlađenje te sustavu grijanja odnosno hlađenja,
- vrsti, načinu uporabe i učešću obnovljivih izvora energije u podmirenju potrebne topline za grijanje ako je predviđena uporaba obnovljive energije za grijanje,
- predviđenim tehničkim rješenjima za sprječavanje pregrijavanja prostora zgrade tijekom ljeta,
- uvjetima i načinu skladištenja i ugradnje građevnih proizvoda koji su od utjecaja na toplinska svojstva,
- sastavu pojedinih građevnih dijelova zgrade,
- ugrađenoj opremi i instalacijama, koji su u funkciji racionalne uporabe energije za grijanje i hlađenje te toplinske zaštite zgrade.

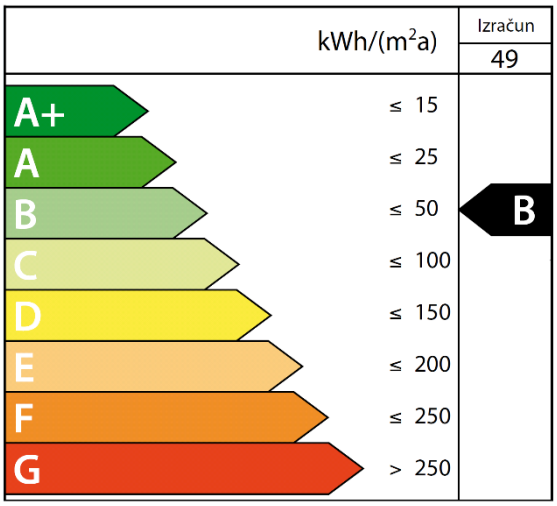
Za zgrade s ploštinom korisne površine većom od 1000 m², zahtjevu za izdavanje građevinske dozvole, odnosno potvrdi glavnog projekta obvezno se prilaže elaborat tehničke, ekološke i ekonomske izvedivosti alternativnih sustava za opskrbu energijom, naročito decentraliziranih sustava opskrbe energijom korištenjem obnovljivih izvora energije, kogeneracijskih sustava, daljinskog ili blokovskog grijanja, sustava s dizalicama topline te sustava s gorivim ćelijama. Elaborat se izrađuje na temelju podataka iz studije primjenjivosti alternativnih sustava, a podaci iz elaborata služe za izradu glavnog projekta grijanja i hlađenja zgrade.

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske

podatke. Energetski razredi zgrada iz članka 7. stavka 2. *Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada*, NN 113/08 utvrđeni su prema tablici 9-1.:

Tablica 9-1. Energetski razredi zgrada (Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada)

Energetski razred	**Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje kWh/(m² a)**
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250



Energetski certifikat zgrade uključuje određivanje energetskog razreda zgrade prema njezinim energetskim svojstvima određenim na osnovu izračunate potrebne godišnje specifične toplinske energije za grijanje te referentne klimatske podatke i omogućuje usporedbu zgrada u odnosu na njihova energetska svojstva, učinkovitost njihovih energetskih sustava, te kvalitetu i svojstava ovojnice zgrade.

Certifikat sadrži i opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade, podatke o osobi koja je izdala energetski certifikat, podatke o termo-tehničkim sustavima, klimatske podatke, podatke o potrebnoj energiji i referentne vrijednosti, objašnjenja tehničkih pojmova, opis primijenjenih propisa i normi, te preporuke za ekonomski povoljno poboljšanje energetskih svojstava zgrade, ako ovim propisom nije što drugo određeno (Kurevija, 2010).

10. TEHNIČKI OPIS OBJEKTA I ENERGETSKA ANALIZA

U proračunima se kao primjer uzima obiteljska kuća u izgradnji koja se nalazi na području grada Zagreba, u nizinskom dijelu, na rubnom južnom dijelu samoborskog vodonosnika. Obzirom na razmatranje korištenja obnovljivih izvora energije putem dizalica topline, potrebno je razmotriti potencijal pojedinih izvora energije: zrak, tlo i podzemna voda.

Geometrijske karakteristike zgrade su:

- Obujam grijanog dijela, Ve (m^3): 871,65
- Neto obujam, V (m^3): 754,94
- Korisna površina, AK (m^2): 239,48
- Bruto podna površina, Af (m^2): 280,70
- Vanjska površina grijanog dijela, A (m^2): 860,47
- Faktor oblika, fo (m^{-1}): 0,99

Proračun energetskih potreba prema geometrijskim karakteristikama objekta izrađen je za meteorološku postaju Grič koja, obzirom da se nalazi u centru grada, bilježi i do 2 °C više temperature u siječnju nego li meteorološka postaja Maksimir, a koja bi obzirom na lokaciju objekta točnije opisivala temperaturne razrede. Cijeli proračun energetskih potreba bit će prikazan za satna opterećenja objekta (srednje satne temperature za desetogodišnje razdoblje 2001-2010.; izvor DHMZ-Maksimir). Energetski proračun prema satnim vrijednostima temperature nužan je obzirom da se razmatra sustav dizalice topline zrak-voda čija učinkovitost i toplinski kapacitet ovise o varijabilnoj temperaturi zraka.

Potrebno je napomenuti da je *Energetska iskaznica* rađena za propisanu projektnu temperaturu grijanja od 20 °C, što je nužno za službenu zakonodavnu klasifikaciju objekta prema energetskom razredu. No, pri razradi geotermalnih projekata praktično nema značenje, obzirom da se geotermalni sustavi moraju projektirati na što točniju procjenu godišnje utrošene toplinske energije zbog uravnoteženja prijenosa toplinske energije iz tla, odnosno kako ne bi došlo do trajnog pothlađivanja okoliša. Upravo dimenzioniranje mreže, bila ona sastavljena od horizontalnih kolektora ili bušotinskih izmjenjivača, funkcionalno je zavisno o veličini pridobivanja i pohranjivanja toplinske energije iz tla. Stoga će proračun geotermalnih izmjenjivača biti učinjen za srednju temperaturu interijera od 22 °C

(23 °C u dnevnim satima te 21 °C u noćnim satima) što se pokazalo kao realna vrijednost komfora grijanja za većinu kućanstava.

Kako bi se ispravno dimenzionirao termo-tehnički sustav dizalice topline, kao ulazni parametri uzeti su iz *Projekta racionalne uporabe energije i toplinske zaštite zgrade* sljedeći parametri:

- Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka $H_{tr,adj}$ (W/K) = **369,6**:
  - direktni toplinski gubitci kroz neprozirne plohe, H_{Dn} (W/K) = 136,6
  - direktni toplinski gubitci kroz prozirne plohe, H_{Dp} (W/K) = 133,4
  - koeficijent toplinskog gubitka kroz tlo, H_g (W/K) = 99,7
- Koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka, $H_{ve,adj}$ (W/K) = **125,9**

(a)+(b) Koeficijent ukupnih toplinskih gubitaka za objekt, H (W/K) = 495,5

Za projektnu temperaturu od -17 °C, kao minimalne zabilježene vanjske temperature na lokaciji objekta, odnosno projektnu temperaturu za grad Zagreb, te unutrašnju projektnu temperaturu od 23 °C, snaga termo-tehničkog sustava da zadovolji vršnu potrošnju mora iznositi **19,8 kW.**

Iz *Projekta racionalne uporabe energije i toplinske zaštite zgrade* vidljivo je da godišnja potreba za energijom iznosi 15.377 kWh, odnosno 64,2 kWh/m^2/god što objekt svrstava u gornji C energetski razred (slika 10-1.). Po mjesečnom opterećenju vidljivo je da sezona grijanja traje u periodu listopad-travanj, uz aktivaciju grijanja kada vanjska temperatura pada ispod 15 °C.

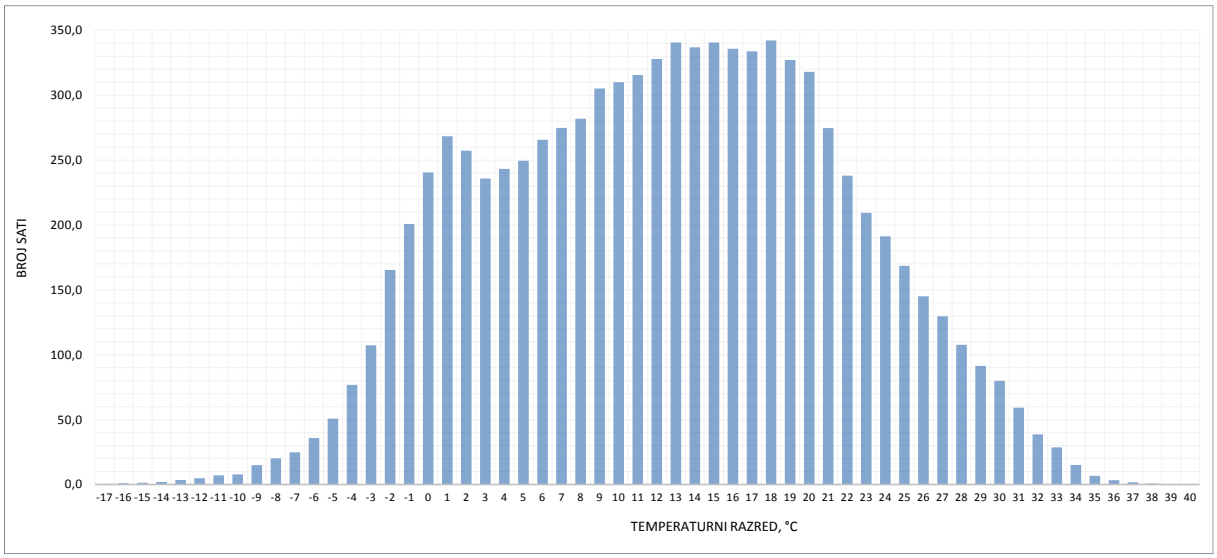
	mjesec	vanj. temp. Θe (°C)	transmisijski gubici Qtr (kWh)	ventilacijski gubici Qve (kWh)	ukup. gubici Qls= Qtr+Qve (kWh)	unutrašnji dobici Qint (kWh)	solarni dobici Qsol (kWh)	ukup. dobici Qgn =Qint+Qsol (kWh)	omjer dob/gub γ=Qgn/Qls	iskor. dobit. ηH,gn (-)	faktor umanj. αH,red (-)	**potrebna topl. za grijanje Qnd,H (kWh)**
1	siječanj	2,2	3.976	1.667	5.643	891	706	1.597	0,28	1,000	1,00	**4.047**
2	veljača	4,3	3.221	1.328	4.549	805	1.000	1.805	0,40	0,999	1,00	**2.746**
3	ožujak	8,3	2.838	1.096	3.933	891	1.818	2.709	0,69	0,975	1,00	**1.293**
4	travanj	12,9	1.913	643	2.557	862	2.225	3.087	1,21	0,778	1,00	**156**
5	svibanj	17,6	1.031	225	1.256	891	2.670	3.561	2,84	0,352	1,00	**1**
6	lipanj	20,9	290	-82	209	862	2.739	3.601	17,25	0,058	1,00	**0**
7	srpanj	22,7	-137	-253	-390	891	2.944	3.835	-9,84	0,000	1,00	**0**
8	kolovoz	22,3	-72	-215	-288	891	2.649	3.540	-12,31	0,000	1,00	**0**
9	rujan	17,2	1.012	254	1.266	862	2.262	3.124	2,47	0,405	1,00	**1**
10	listopad	12,4	2.077	712	2.789	891	1.598	2.489	0,89	0,917	1,00	**507**
11	studeni	7,5	2.961	1.133	4.094	862	816	1.678	0,41	0,999	1,00	**2.418**
12	prosinac	2,5	3.981	1.639	5.620	891	521	1.412	0,25	1,000	1,00	**4.208**
Ukupno:			23.091	8.147	31.238	10.489	21.948	32.437				**15.377**

Energetski razredi	$Q''_{H,nd,ref}$ – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke u kWh/(m²a)
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Slika 10-1. Energetske potrebe objekta (proračunato programskim paketom KI Expert 2013)

10.1. Proračun energetskih potreba objekta po satnim temperaturama

Obzirom na proračun učinkovitosti dizalice topline s izvorom energije iz zraka, nužno je napraviti precizniji izračun toplinskih potreba objekta na temelju satnih temperatura za lokaciju. Satni podaci dostupni za analizu odnose se na razdoblje 2001-2010. (DHMZ). Slika 10-2. prikazuje distribuciju temperatura za Zagreb, u rasponu od -17 °C do 40 °C na godišnjoj razini prosjeka analiziranih deset godina. Obzirom da većina geotermalnih dizalica topline na godišnjoj bazi u području grada Zagreba radi sa srednjim temperaturama u rasponu od 5 °C (zemljani izmjenjivači i bušotinski izmjenjivači) do 13 °C (podzemne vode), upravo broj sati ispod ovih temperatura determinira usporedbu učinkovitosti dizalica topline na zrak i geotermalnog izvora.



Slika 10-2. Analiza temperaturnih razreda za lokaciju

Prema analizi satnih temperatura, srednje temperature interijera od 22 °C i fizike zgrade proračunata godišnje potrebna toplinska energija za grijanje objekta iznosi 16.414 kWh. Grijanje je pretpostavljeno u razdoblju listopad-travanj, odnosno termo-tehnički sustav se uključuje ispod srednjih temperatura zraka od 15 °C. Programskim paketom T*SOL Pro v.5.5. proračunate su mjesečne potrebe za potrošnom toplom vodom (PTV), obzirom da dizalica topline pokriva sve navedene energetske potrebe (tablica 10-1.). Po mjesecima energetske potrebe iznose:

Tablica 10-1. Ukupno potrebna toplinska energija za grijanje objekta i potrošnja tople vode

kWh	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
Qh_{nd} ukupno **16414** kWht	4432,8	3104,3	1452,7	100,7	0	0	0	0	0	401,7	2443,6	4478,8
PTV ukupno **2399 kWht**	238,9	220,3	229,3	207,7	183,9	171,9	153,3	169,7	168,2	195,8	222,6	238,2

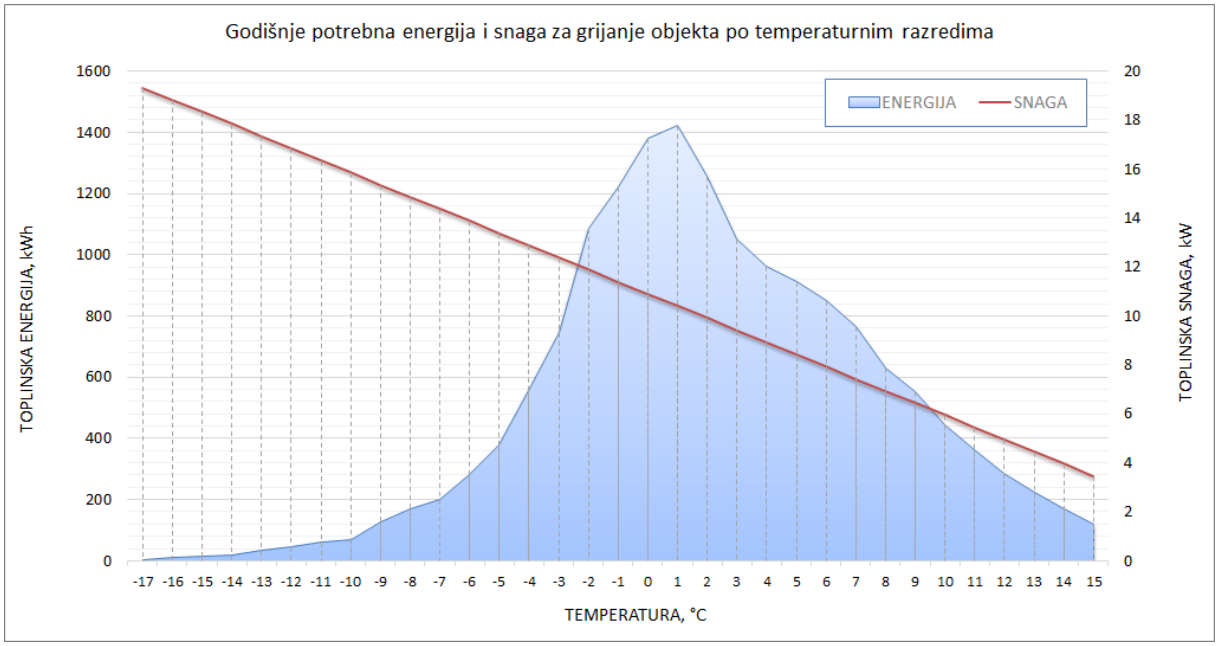
Obzirom da toplinski gubitci objekta ovise o vanjskoj temperaturi, uz poznate parametre fizike zgrade (koeficijent ukupnih toplinskih gubitaka) i godišnje satne temperature iz kojih je proračunata toplinska energija, moguće je dijagramom prikazati zavisnost satnih temperaturnih razreda, potrebne toplinske energije i potrebnog toplinskog kapaciteta dizalice topline. Ovakva analiza nužna je iz razloga što se padom vanjske temperature smanjuje i toplinski kapacitet dizalice topline zrak/voda obzirom na sve veći raspon izotermi kondenzatora i isparivača. Uz smanjenje toplinskog kapaciteta smanjuje se i toplinski množitelj rada same dizalice topline (COP). Stoga, kod dimenzioniranja dizalice topline zrak/voda preporučljivo je odabrati model koji po kapacitetu pri normi EN14511 i uvjetima 0 °C/35 °C zadovoljava cjelokupni toplinski kapacitet objekta (obzirom na srednju temperaturu siječnja u Zagrebu od -0,8 °C). Ispod ovih temperatura dizalica topline zrak/voda polako gubi na normiranom toplinskom kapacitetu i učinkovitosti. Stoga, kod svake dizalice topline zrak/voda potrebno je osigurati i dopunski izvor energije (obično električni grijač kako bi sustav bio monoenergetski) koji nadomješta kapacitet dizalice topline pri nižim temperaturama. Obzirom da električni grijač radi s toplinskim množiteljem COP=1 (1kWh električne energije pretvara se u 1 kWh toplinske energije) ukupnu sezonsku učinkovitost dizalice topline (SCOP) definira broj sati godišnje s temperaturama ispod 0 °C.

10.2. Opravdanost korištenja monoenergetskog bivalentnog sustava

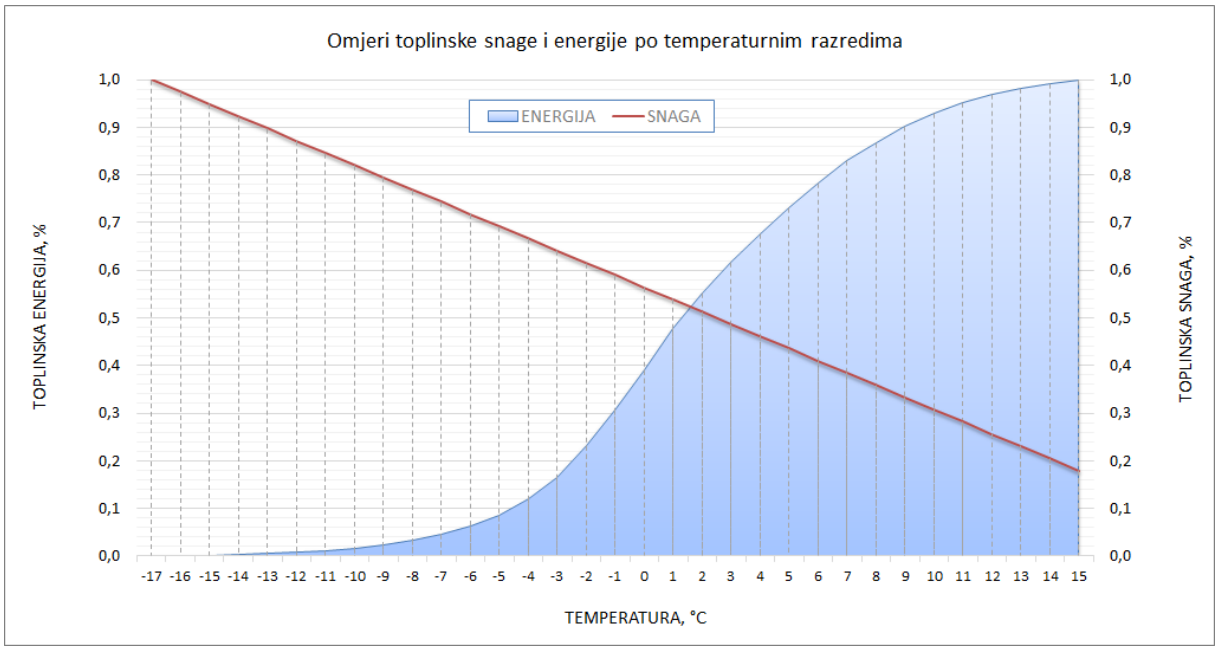
Ovakav pristup nadopunskog sustava moguće je postaviti i za geotermalne dizalice topline, gdje pomoćni električni grijač radi samo za vrijeme najhladnijih sati tijekom godine, te na taj način smanjuje ulaganje u opremu vanjskog izmjenjivača i samu dizalicu topline (uvođenje ekonomičnijeg modela manje snage). No, taj pristup dovodi do smanjenog SCOP, obzirom da dio energije godišnje preuzima električni grijač s najnepovoljnijim režimom rada (COP=1).

Na slici 10-3. vidljiv je omjer toplinskih gubitaka objekta i potrebne godišnje energije, u funkciji vanjske temperature, a na slici 10-4. postotni omjer promjene toplinskog kapaciteta dizalice topline i pripadajuće pokrivene toplinske energije, što je bitno kod projektiranja hibridnih sustava dizalice topline i dopunskog izvora energije.

Na primjer, ukoliko se termo-tehnički sustav ograniči na 0 °C tada će njegov potreban kapacitet biti 10,9 kW, a tijekom godine isporučit će 10.014 kWh energije odnosno 61% od ukupnih potreba. Ostatak se mora pokriti iz drugog energetskog izvora (prirodni plin ili električna energija), a u ovom slučaju dizalica se isključuje ispod navedene temperature te cjelokupnu potrošnju preuzima pomoćni sustav. Ovakav, rječi, pristup naziva se i bivalentni alternativni režim rada te se upotrebljava jedino ukoliko se mijenja temperaturni režim distribucije (na primjer povećanje temperature visokotemperaturnih radijatora koja je izvan mogućnosti isporuke dizalice topline, odnosno > 55 °C). U slučaju postavljanja bivalentne točke na -5 °C tada bi potrebna toplinska snaga dizalice topline morala biti 13,4 kW, odnosno isporučivala bi 91,4% od ukupne godišnje energije, a ostatak od 8,6% ili 1416 kWh morao bi pokriti dopunski sustav snage 6 kW ili 30% od ukupnog vršnog opterećenja.

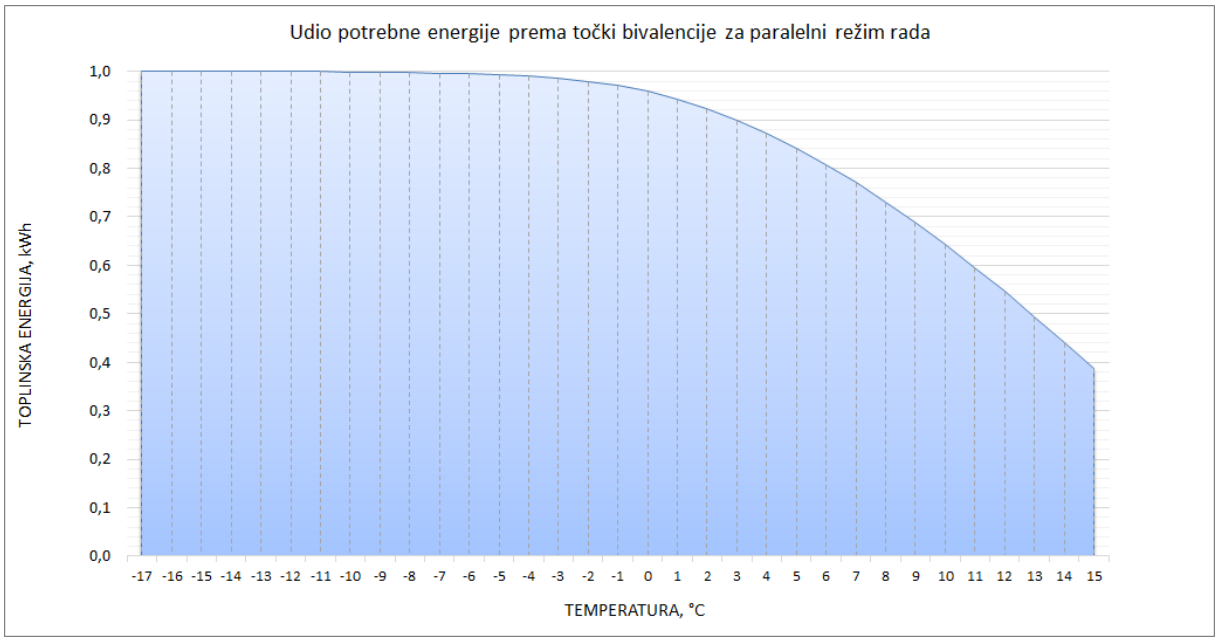


Slika 10-3. Godišnje potrebna energija i snaga za grijanje objekta po temperaturnim razredima



Slika 10-4. Omjeri toplinske snage i energije po temperaturnim razredima

U praksi češće se upotrebljava monovalentni paralelni režim rada gdje se zadržava originalni temperaturni režim dizalice topline, a sama dizalica topline radi cijelo vrijeme na maksimalnom kapacitetu ispod točke bivalencije, ali uz pomoć dopunskog sustava (45 °C = ventilokonvektori ili 35 °C = podno grijanje, te 50-55 °C = niskotemperaturni radijatori). Kod takvog režima nadopunjava se, dakle, samo dio energije ispod temperature bivalencije (uključenjem pomoćnog sustava), a takvim pristupom moguće je tehno-ekonomski poboljšati cjelokupni sustav, te smanjiti kapitalnu investiciju u dizalicu topline, uz vrlo malo smanjenje SCOP-a. No, potrebno je obratiti pozornost na projektiranje vanjske geotermalne mreže, obzirom da linearno smanjenje toplinskog snage dizalice topline ne znači i linearno smanjenje kapaciteta geotermalne mreže (uz manju toplinsku snagu dizalice topline raste njezin broj radnih sati pri punom opterećenju obzirom da se i dalje vrlo visok udio toplinske energije pridobiva iz geotermalnog izvora).



Slika 10-5. Udio potrebne energije prema točki bivalencije za paralelni režim rada

Za analizirani objekt ovakva krivulja potrošnje energije prikazana je slikom 10-5. Ako se, na primjer, kao točka bivalencije uzima temperatura 0 °C (srednja temperatura zraka u siječnju) tada potrebna toplinska snaga dizalice iznosi 10,9 kW, a snaga električnog grijača kako bi se zadovoljilo maksimalnih projektnih -17 °C mora iznositi minimalno 8,4 kW (19,3 minus 10,9 kW). Iz slike 10-5. vidljivo je da unatoč skoro dvostruko manjem potrebnom kapacitetu dizalice topline i dalje se isporučuje gotovo 96% ukupne energije iz geotermalnog izvora, a svega 4% energije direktno elektro-grijačem. Dakle, 670 kWh energije bi se isporučilo s najlošijim toplinskim učinkom od COP=1, odnosno električni grijač bi prosječno radio 80 sati godišnje punom snagom. Gledano s primarne strane sustava, geotermalni izmjenjivač bi morao ostati istog obujma obzirom na vrlo malo smanjenje energije iz geotermalnog izvora.

No, ovakav pristup projektiranju ima i određenih nedostataka. Kod većeg modela inverterske dizalice topline (model 5-22 kW) u vršnoj potrošnji pri najnižim temperaturama od -17 °C (koje se iznimno rijetko pojavljuju na godišnjoj bazi) maksimalna snaga kompresora pri radu s 7000 rpm iznosi 5,8 kW_e (režim 0/-3°C na primaru i 35/30 °C na sekundaru). Osim vlastite potrošnje električne energije za opću potrošnju kućanstva, a koja se zakupljuje preko opskrbljivača električne energije (učestalo najviše 7 kW) potrebno je još dodatno zakupiti i navedenih 6 kW za pogon dizalice topline (pretpostavlja se da cirkulacijske pumpe bez problema ulaze u opću potrošnju do 7 kW limitatora). Cijena na

području grada Zagreba za dokup dodatnog kW električne snage iznosi otprilike 2.100 kn s uključenim PDV-om. Za rad inverterske dizalice topline 5-22 kW_t potrebno je stoga zakupiti dodatne snage u vrijednosti od 12.600 kn.

Ukoliko se razmatra pristup bivalentne točke od 0 °C potrebni je manji model inverterske dizalice topline 3-12 kW, gdje je maksimalna snaga kompresora 3,4 kW_e. Uz potreban grijač od 8,4 kW, ukupan zakup električne snage bio bi stoga 12 kW, što iznosi 25.200 kn, odnosno dodatni trošak od 12.600 kn, plus otprilike dodatnih 700 kn godišnje na povećanju cijene električne energije uslijed trošenja elektro-grijača kao nadopunskog izvora energije. Potrebno je otprilike dodatnih 3.500 kn investicije u elektro-grijač, što za prvu godinu iznosi kumulativno 16.800 kn, plus dodatnih 700 kn svake iduće godine.

Razlika u cijeni modela inverterske dizalice topline 3-12 kW i 5-22 kW iznosi oko 6.000 kn što ukazuje da nije opravdano koristiti hibridni sustav s elektro grijačem i točkom bivalencije na 0 °C.

Ako se uzme maksimalni kapacitet dizalice topline 3-12 kW koji za režim 0/-3 °C i 35/30 °C iznosi 14,5 kW, uz potrošnju kompresora od 3,5 kW, tada bi odgovarajuća bivalentna točka bila na -7 °C što odgovara toplinskim gubitcima objekta od 14,5 kW. U tom slučaju potreban je dodatni električni grijač od 5 kW što iznosi 10.500 kn povećanja investicije, te ne opravdava upotrebu bivalentnog sustava, obzirom na razliku u cijeni dizalica topline.

10.3. Korištenje bazenske tehnike

Na navedenom objektu razmatra se i izgradnja vanjskog bazena, čime se povećava broj radnih sati dizalice topline, obzirom da se cjelokupna energija planira dobivati iz obnovljivog izvora. Cjelokupan proračun toplinskih zahtjeva bazenske tehnike napravljen je programskim paketom T*SOL Pro 5.5.

Oblik planiranog bazena je pravokutni, duljine 10 m, širine 4,5 m i prosječne dubine 1,25 m. Pretpostavlja se upotreba navlake od ekspandirane plastike kada bazen nije u funkciji, a radi smanjenja toplinskih gubitaka uslijed evaporacije. Pretpostavljena sezona upotrebe bazena je u razdoblju od 15. svibnja do 15. rujna, a voda u bazenu se mijenja svake

godine, 10 dana prije sezone, kako bi se do navedenog roka bazen ugrijao na projektiranu temperaturu. Prema ASHRAE smjernicama optimalna temperatura bazena za rekreacijsko plivanje iznosi između 24 i 29 °C. Obzirom da je ovaj raspon u funkciji osobnih preferencija korisnika i osjećaja ugode, za potrebe energetskog proračuna odabrana je srednja godišnja temperatura bazena od 26 °C s maksimalnom dozvoljenom temperaturom od 28 °C (obzirom na mogućnost uporabe solarnih panela i pohrane solarne toplinske energije u bazen tijekom najtoplijih dana i dnevne maksimalne dozračene energije).

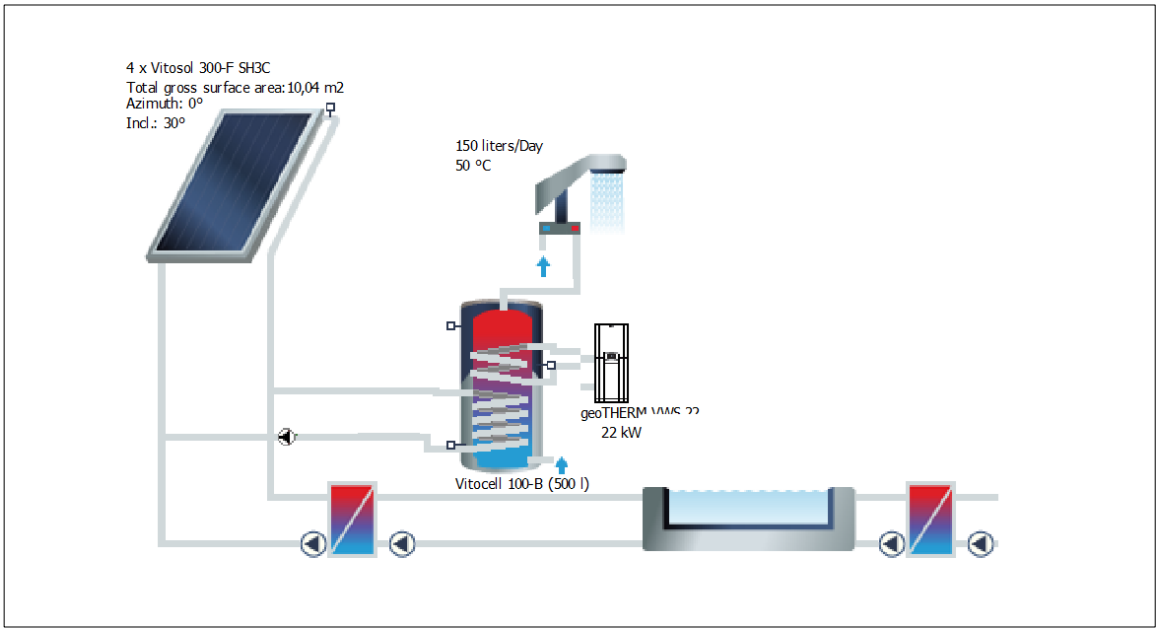
Većini vanjskih bazena izgrađenih prema standardnim smjernicama ASHRAE, gubitak toplinske energije direktno ovisi o upotrebi navlake za vrijeme nekorištenja. U prosjeku 70% svih toplinskih gubitaka bazena otpada na evaporaciju, 20% na isijavanje te 10% u prosjeku na gubitke kroz tlo.

Pretpostavljeno vrijeme korištenja bazena iznosi u vremenu od 14 do 21 sat svakog radnog dana u tjednu te od 10 do 21 sat vikendom. Pretpostavljena je djelomična uporaba vjetrobrana uokolo bazena te natkrivena terasa iznad bazena s djelomičnom zaštitom od sunčevog zračenja. Dnevna potreba za svježom vodom iznosi 50 l (dnevni gubitci vode bazena).

Obzirom na visoku količinu potrebne energije za održavanje bazenske vode na projektnoj temperaturi tijekom sezone bit će razmotrena i opcija korištenja sunčevih kolektora za nadopunu toplinske energije bazena, uz korištenje dizalice topline kao baznog sustava. Višak toplinske energije sa sunčevih kolektora bit će preusmjeren na zagrijavanje potrošne tople vode (PTV), uporabom spremnika s dvije zavojnice (dizalica topline + solar). Shematski prikaz spajanja sustava prikazan je slikom 10-6., kao jedno od varijantnih rješenja iz programa T*SOL 5.5.

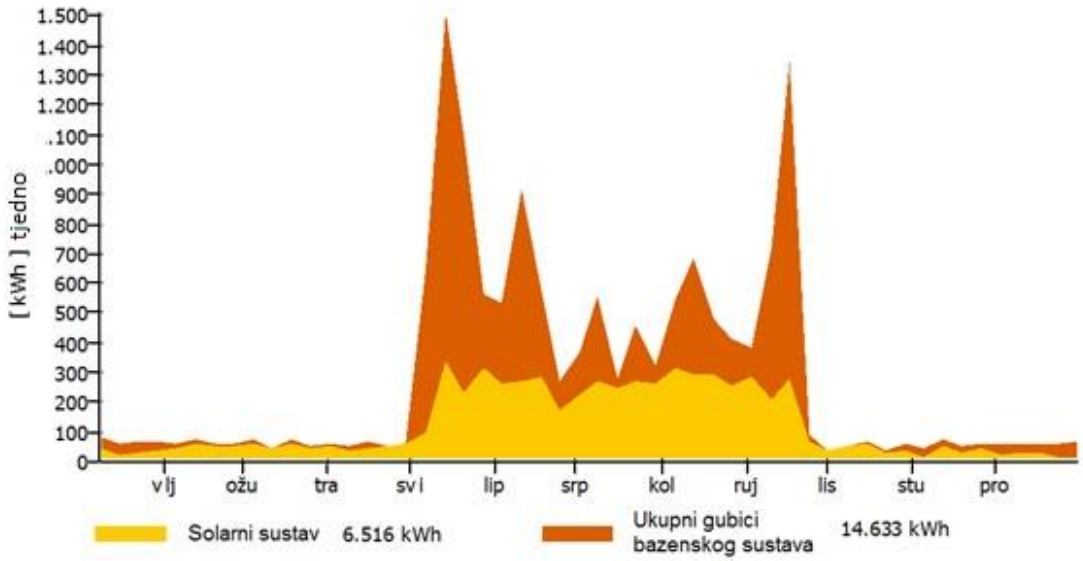
Za potrebe varijantnog rješenja sa solarnim panelima odabrana su 4 pločasta kolektora. Ukupna površina četiri kolektora iznosi 10,04 m^2 bruto, odnosno 9,32 m^2 aktivne površine. Specifični toplinski kapacitet solarnog kolektora iznosi 6570 Ws/m^2K. Koeficijent prijelaza toplinske energije za kolektor iznosi 3,143 W/m^2K, a optički gubitci iznose 86,2%. Kolektori su okrenuti na jug, s nagibom od 30°. Godišnje dozračena energija na lokaciji iznosi 1.331 kWh/m^2, odnosno 1.003 kWh/m^2 s optičkim gubicima, a kumulativna efektivna dozračena energija na ukupnu površinu kolektora iznosi godišnje 9,4 MWh. Pretpostavlja se dužina cjevovoda od solarnih kolektora do međuspremnika u duljini od 6 m, od čega 5 m

otpada na unutrašnjost objekta te 1 m izvan objekta. Preporuča se korištenje toplinske izolacije za cijevi u iznosu koeficijenta toplinske vodljivosti od 0,035 W/m K. Kao cirkulirajući medij predviđena je mješavina propilen glikola (40%) i vode (60%). Rezultirajući specifični toplinski kapacitet cirkulirajućeg fluida iznosi 3588 J/kg K.

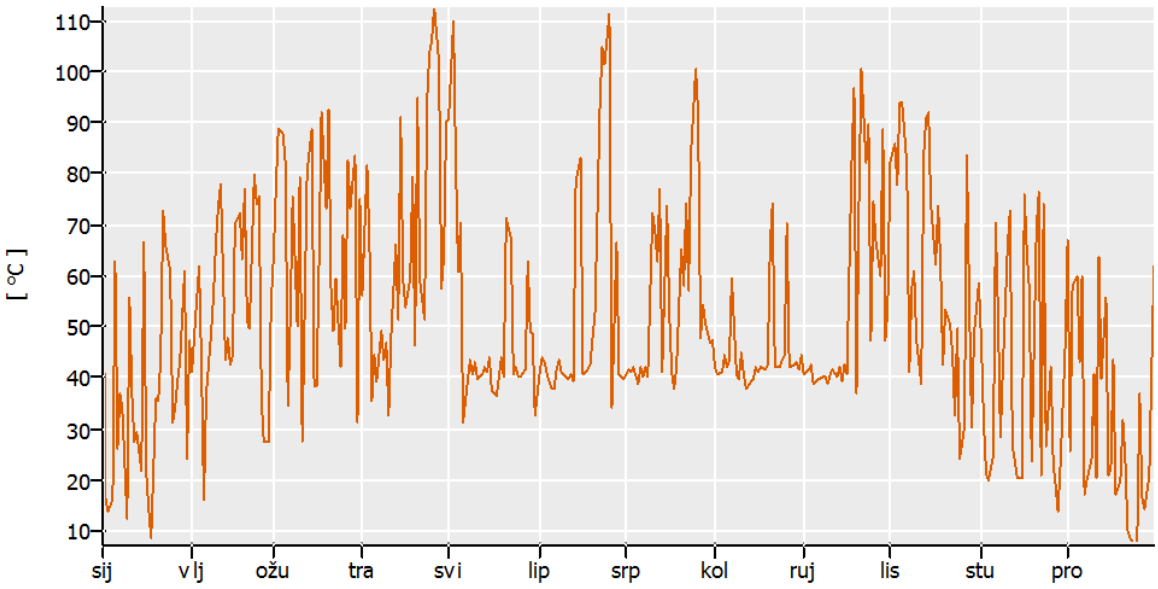


Slika 10-6. Funkcionalna shema za analizu solarnih kolektora u programu T*SOL

Na slici 10-7. prikazan je udio isporučene solarne energije u odnosu na ukupno potrebnu toplinsku energiju za grijanje bazena. Od ukupne toplinske energije od 14.633 kWh, solarni pločasti kolektori isporučuju 6.516 kWh odnosno 44%. Količina pločastih kolektora koja se može primijeniti direktno je određena potrebom za vrijeme ljetnih mjeseci, uključujući PTV i bazen. Stavljanjem u funkciju veće površine kolektora od pretpostavljenih 10 m^2 dolazi do problema distribucije viška toplinske energije, obzirom da je projektna temperatura bazena 26 °C tolerirajući porast do maksimalno 28 °C.



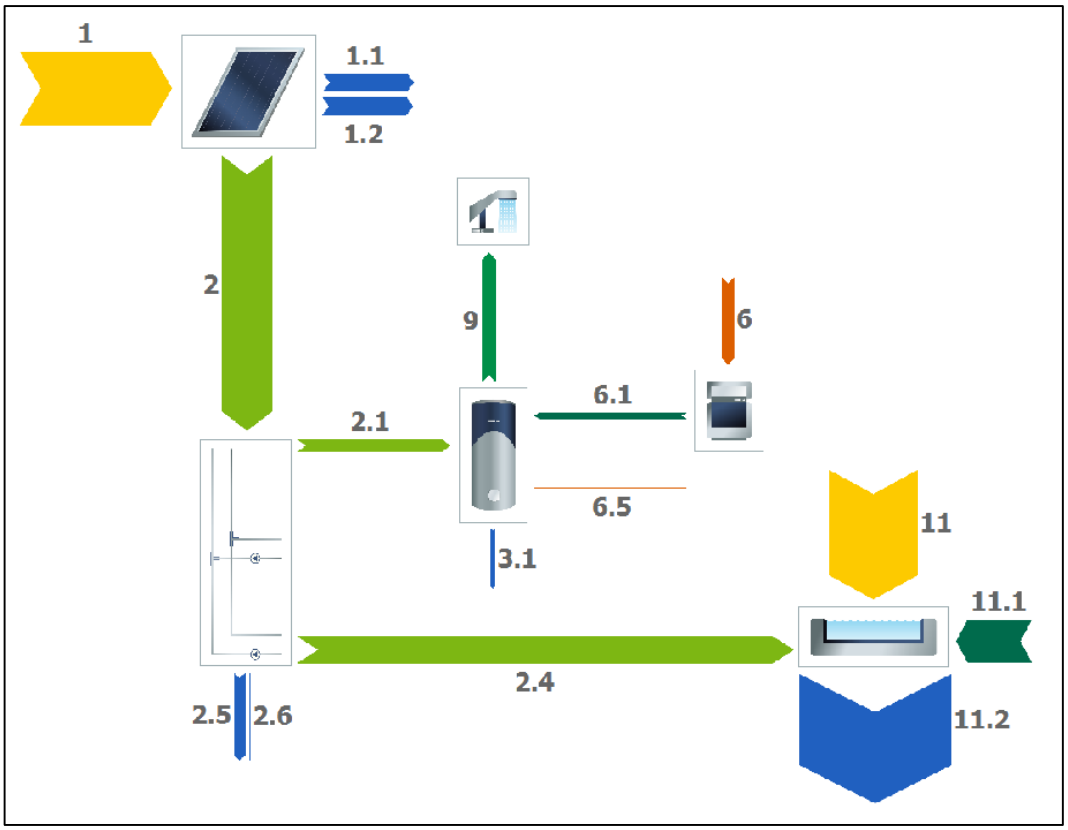
Slika 10-7. Analiza energetskih bilanci solarne energije i ukupnih gubitaka kod bazenskog sustava prema programu T*SOL



Slika 10-8. Analiza temperature površine solara na godišnjoj bazi (T*SOL)

Na slici 10-8. prikazana je analiza temperatura pločastih kolektora tijekom cijele godine, na temelju 6-minutnih intervala matematičkog modela. Potrebno je naglasiti da s porastom temperature pločastih kolektora drastično pada i njihov stupanj iskorištenja.

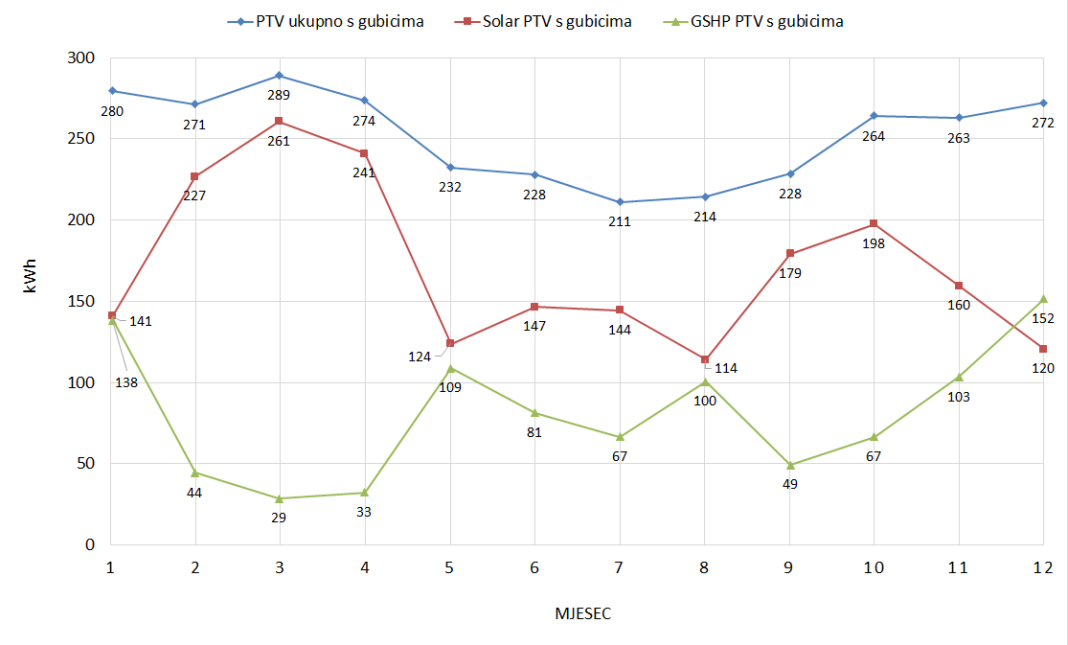
Na slici 10-9. prikazan je energetski tok za sustav grijanja objekta dizalicom topline i solarnim kolektorima.



Slika 10-9. Energetski tok za sustav grijanja objekta dizalicom topline i solarnim kolektorima

1. Dozračenost na površinu pločastih koletora (aktivno)	12.409 kWh
1.1. Optički gubitci kolektora	3.059 kWh
1.2. Toplinski gubitci kolektora	3.196 kWh
2. Ukupna energija iz solarnih kolektora	8.558 kWh
2.1. Solarna energija za grijanje PTV	2.055 kWh
2.4. Solarna energija za dogrijavanje bazena	4.619 kWh
2.5. Gubitci toplinske energije u cjevovodu unutar objekta	1.836 kWh
2.6. Gubitci toplinske energije u cjevovodu van objekta	58 kWh
3.1. Gubitci međuspremnika	616 kWh
6. Finalna energija (električna energija dizalice topline PTV+bazen)	1.930 kWh
6.1. Suplementarna energija iz dizalice topline za grijanje PTV	981 kWh
9. PTV energija prema krajnjem korisniku	2.411 kWh
11. Sunčevo zračenje prema vanjskom bazenu	15.361 kWh
11.1. Suplementarna energija za grijanje bazena (dizalica topline)	7.136 kWh
11.2. Ukupni toplinski gubitci bazena	26.054 kWh

Gornji proračun obavljen je za potrebe PTV od 150 l/dan (rezidencijalni objekt - četveročlana obitelj) te temperaturu od 50 °C. Iz proračuna je vidljivo da dobar dio potreba za PTV pokriva solarna energija (bazen ima pravo prvenstva u solarnoj energiji), a tijekom zimskih mjeseci podjednaki udio PTV dobavlja se iz dizalice topline. Obzirom da godišnji gubitci iz toplinskog spremnika iznose 616 kWh, u prikazanu analizu na slici 10-10. uneseni su kumulativni podatci. Tako, na primjer, ukupna potreba za PTV do krajnjeg korisnika iznosi 2411 kWh/god, no s uključenim gubitcima spremnika ukupna energija za PTV iznosi 3027 kWh.



Slika 10-10. Potrebe za PTV i analiza raspodjele proizvodnje - dizalica topline/solar

11. REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE

Kompletan proračun i energetska analiza izrađena je za tri varijante; A, B i C, kojima su se iskazale energetske učinkovitosti različitih tipova distribucije toplinske energije unutar objekta. Kako je ranije prikazano, toplinski množitelj dizalice topline direktno je u funkciji temperature distribucije; što se voda u sustavu zagrijava na višu vrijednost temperature, toplinski množitelj se smanjuje i obrnuto. Bitno je naglasiti da se uvijek komparira jednaka količina energije koju je potrebno unijeti u sustav, a koja je prikazana u prilogu 1., nužna za ispunjavanje toplinskih zahtjeva objekta tijekom cijele godine, no i za zagrijavanje vanjskog bazena. U proračunu su korištene trenutne cijene električne energije distributera HEP-a, narančasti model, s dvije tarife. Iako je proračun temeljen na usporedbi različitih sustava dizalica topline, uveden je i dodatan energent u analizu - prirodni plin. Pri razradi geotermalnih projekata i dizalica topline prirodni plin je učestalo energent s kojim se ovi sustavi uspoređuju, te na temelju godišnjih ušteda u energiji odlučuje se o primjeni samog sustava. Cijene prirodnog plina u jedinici kWh uzete su od distributera Gradska plinara Zagreb.

Varijanta A proračuna podrazumijeva korištenje podnog grijanja za distribuciju toplinske energije unutar objekta. Ovakvo tehničko rješenje podrazumijeva najnižu temperaturu distribucije i najveću moguću uštedu energije, obzirom da je temperatura na izlazu iz dizalice topline učestalo iznosi 35 °C (LLT).

Varijanta B proračuna uključivala je klasičan sustav ventilokonvektora, gdje zagrijana voda kao primarni nositelj toplinske energije pomoću ventilatora u samoj jedinici ventilokonvektora direktno zagrijava zrak interijera. Uobičajene temperature polaza vode s dizalice topline (LLT) iznose 45 °C.

Varijantom C proračuna analiziralo se klasično grijanje radijatorima. Obzirom da dizalica topline maksimalno može isporučiti temperaturu vode blizu 60 °C (prema slici 3-5.) pretpostavljeno je korištenje niskotemperaturnih radijatora pri temperaturama od 55 °C.

Za svaku varijantu izračunat je godišnji trošak energije, a sama analiza uobičajena je stručna podloga pri izradi kompleksnijih tehno-ekonomskih analiza u kojima se definira ukupna kapitalna investicija pojedinih varijanti, te povrat investicije na temelju godišnjih ušteda i razlike u početnim cijenama ulaganja.

Varijantni rezultati proračuna grijanja obiteljske kuće s bazenom i PTV - uz pomoć solarnih kolektora

A) Podno grijanje 35 °C LLT + PTV

A1) *Prirodni plin*
Sezonski stupanj iskorištenja - 94%
Godišnje utrošena količina energenta - 4.191 m^3
Godišnji trošak energije - 14.282 kn

A2) *Dizalica topline - podzemna voda (GWHP)*
Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 6,94
Godišnje utrošena količina električne energije - 3.786 kWhe
Godišnji trošak energije - 3.293 kn

A3) *Dizalica topline - zrak (ASHP)*
Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 4,41
Godišnje utrošena količina električne energije - 5.951 kWhe
Godišnji trošak energije - 5.177 kn

A4) *Dizalica topline - tlo (GSHP 3*100m BHE ili 16*100 GEOspirala)*
Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 5,78
Godišnje utrošena količina električne energije - 4.541 kWhe
Godišnji trošak energije - 3.950 kn

A5) *Dizalica topline - tlo (GSHP 2*100m BHE)*
Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 5,28
Godišnje utrošena količina električne energije - 4.974 kWhe
Godišnji trošak energije - 4.327 kn

A6) *Dizalica topline - zrak+tlo (Geospirale 600m predgrijanje)*
Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 4,59
Godišnje utrošena količina električne energije - 5.718 kWhe
Godišnji trošak energije - 4.975 kn

B) Ventilokonvektori 45 °C LLT + PTV

B1) *Prirodni plin*

Sezonski stupanj iskorištenja - 92%

Godišnje utrošena količina energenta - 4.281 m^3

Godišnji trošak energije - 14589 kn

B2) *Dizalica topline - podzemna voda (GWHP)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 5,10

Godišnje utrošena količina električne energije - 5.148 kWhe

Godišnji trošak energije - 4.478 kn

B3) *Dizalica topline - zrak (ASHP)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 3,67

Godišnje utrošena količina električne energije - 7.165 kWhe

Godišnji trošak energije - 6.234 kn

B4) *Dizalica topline - tlo (GSHP 3*100m BHE ili 16*100 GEOspirala)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 4,43

Godišnje utrošena količina električne energije - 5.923 kWhe

Godišnji trošak energije - 5.248 kn

B5) *Dizalica topline - tlo (GSHP 2*100m BHE)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 4,10

Godišnje utrošena količina električne energije - 6.409 kWhe

Godišnji trošak energije - 5.576 kn

B6) *Dizalica topline - zrak+tlo (Geospirale 600m predgrijanje)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 3,79

Godišnje utrošena količina električne energije - 6.925 kWhe

Godišnji trošak energije - 6.024 kn

C) Niskotemperaturni radijatori 55 °C LLT + PTV

C1) *Prirodni plin*

Sezonski stupanj iskorištenja - 86%

Godišnje utrošena količina energenta - 4.577 m^3

Godišnji trošak energije - 15.597 kn

C2) *Dizalica topline - podzemna voda (GWHP)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 3,77

Godišnje utrošena količina električne energije - 6.968 kWhe

Godišnji trošak energije - 6.062 kn

C3) *Dizalica topline - zrak (ASHP)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 2,98

Godišnje utrošena količina električne energije - 8.818 kWhe

Godišnji trošak energije - 8.044 kn

C4) *Dizalica topline - tlo (GSHP 3*100m BHE ili 16*100 GEOspirala)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 3,34

Godišnje utrošena količina električne energije - 7.861 kWhe

Godišnji trošak energije - 6.968 kn

C5) *Dizalica topline - tlo (GSHP 2*100m BHE)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 2,86

Godišnje utrošena količina električne energije - 9.174 kWhe

Godišnji trošak energije - 7.982 kn

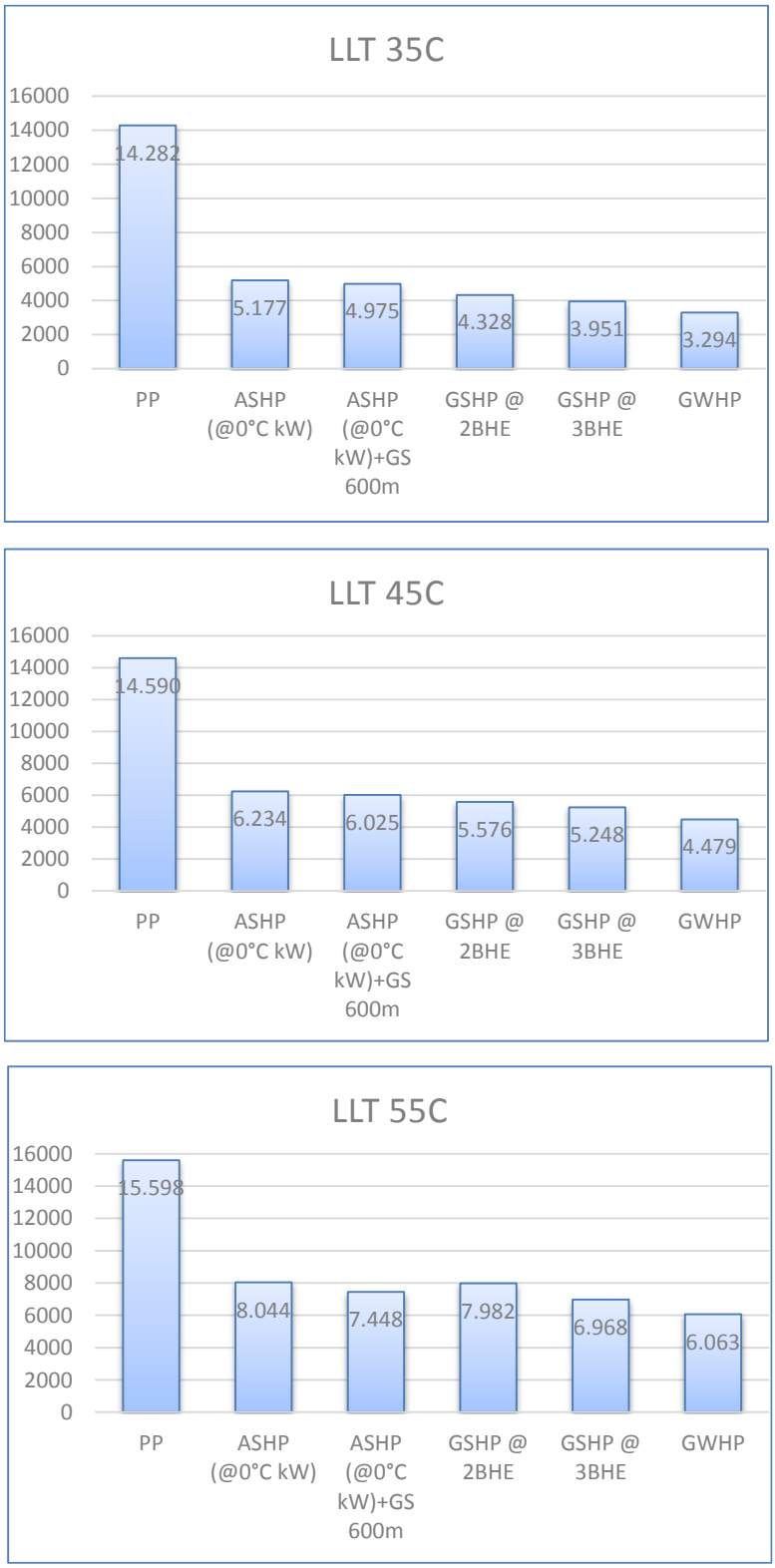
C6) *Dizalica topline - zrak+tlo (Geospirale 600m predgrijanje)*

Sezonski toplinski množitelj (SCOP) - 3,06

Godišnje utrošena količina električne energije - 8.561 kWhe

Godišnji trošak energije - 7.448 kn

Slika 11-1. Grafički prikaz rezultata proračuna godišnjih troškova grijanja obiteljske kuće s bazenom i PTV - uz solarne kolektore



12. ZAKLJUČAK

Vrijednosti geotermalnog gradijenta i toplinskog toka za područje sjeverne Hrvatske više su od europskog prosjeka što je osnovni preduvjet i pokazatelj potencijala plitkih geotermalnih resursa, a koji zasad u Republici Hrvatskoj nisu odgovarajuće iskorišteni niti valorizirani, dok u Europskoj Uniji (EU) ova tehnologija ima gotovo eksponencijalni godišnji porast u instaliranim kapacitetima. Činjenica je da Hrvatska koristi dva do tri puta više energije po jedinici bruto nacionalnog proizvoda nego većina zemalja članica EU, što dovodi do prekomjernog uvoza energetskih mineralnih sirovina, veće proizvodne cijene, problema kompetitivnosti proizvoda i usluga na europskom i svjetskom tržištu, kao i negativnog utjecaja na okoliš. Upravo prikazana energetska analiza dokazuje koliko je pozitivan utjecaj primjene dizalice topline na smanjenje korištenja primarne energije u rezidencijalnim objektima za procese grijanja i hlađenja.

Korištenjem podnog grijanja kao termodinamički i ekonomski najpovoljnijeg sustava, te korištenjem podzemnih voda kao izvora toplinske energije, postižu se uštede u odnosu na prirodni plin od čak 75% na godišnjoj bazi. Čak i korištenje zraka i tla kao izvora energije nudi još uvijek 60% uštede, iako je termodinamički nepovoljniji slučaj. U ovaj postotak uračunate su i uštede pri grijanju bazena kao značajnog potrošača toplinske energije.

Za slučaj radijatorskog grijanja koje je još uvijek dominantan oblik u kućanstvima uštede su još uvijek značajne za razvoj ovakvih projekata, no prihvatljiv rok povrata investicije je upitan. Uštede u godišnjim troškovima grijanja za ovaj slučaj iznose otprilike 45-60%, ovisno o primijenjenom obliku dizalice topline.

Za potpuniju analizu i komparaciju pojedinih modela moguće je uvesti i analizu kapitalnih troškova svakog pojedinog sustava, no zbog velike razlike u cijenama pojedinih proizvođača opreme i usluga bušaćih kompanija, kao i raznolikih projektnih strojarskih rješenja, to prelazi okvire ovog diplomskog rada koji se primarno temeljio na analizi godišnjih troškova grijanja.

13. LITERATURA

1) ASHRAE, 1995. *ASHRAE Handbook, HVAC Applications*, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA.

2) Austin, W.; Yavuzturk, C.; Spitler, J.D. 2000. Development of an in-situ system for measuring ground thermal properties. ASHRAE Transactions, 106(1): 365-379

3) BetaTherm, Geothermal Energy Basket Manual, 2009. url: file:///C:/Users/Amalia-PC/Downloads/EWK_EN_02.pdf (05. 09. 2015.)

4) Carslaw, H. S.; Jaeger J. C. 1946. *Conduction of Heat in Solids*, Oxford, U.K.: Claremore Press

5) Deng, Z., 1996. *Modeling Of Standing Column Wells In Ground Source Heat Pump Systems*, Shenyang Architectural and Civil Engineering Institute, Shenyang, P. R. China, pp.326

6) Ecoforest ecoGEO B Installation and User Manual, 2013. url: https://www.ecoforest.nl/files/filemanager/Manual%20ecoGEO%20B%20202%20Ingl%C3%A9s.pdf (07.09.2015.)

7) Ecoforest ecoGEO C Installation and User Manual, 2013. url: http://ecoforest.su/wp-content/uploads/2013/08/EcoGeo-C-27.03.2013-English-Manual.pdf (07.09.2015.)

8) Eskilson, P. 1987. *Thermal Analysis of Heat Extraction Boreholes.* Doctoral Thesis, University of Lund, Department of Mathematical Physics. Lund, Sweden

9) European Heat Pump Market and Statistics Report, 2014. url: http://www.ehpa.org/about/news/article/european-heat-pump-market-and-statistics-report-soon-available/ (05.09.2015.)

10) Hrvatske vode, 2015. Interna dokumentacija

11) Hytti P. 1987. *Improved drilling performance with hydraulic top-hammer trackdrills*. - Proc. DRILLEX 87, pp. 65-73, IMM, London

12) Ingersoll, L.R.; Zobel, O.J.; Ingersoll, A.C. 1954. *Heat Conduction with Engineering, Geological and Other Applications.* Madison, WI: The University of Wisconsin Press

13) Jelic, K.; Lukacevic, M. 1989. *Solar Heat Energy in the Soil of the Pannonian Basin in the Socialst Republic of Croatia*, Zbornik radova skupa Solar energy, IUC Dubrovnik, pp 1-12.

14) Kavanaugh, S. P. 1984. *Simulation and experimental verification of vertical groundcoupled heat pump systems.* doctoral thesis. Stillwater, Oklahoma: Oklahoma State University

15) Kurevija, T. 2010. *Energetsko vrednovanje plitkih geotermalnih potencijala Republike Hrvatske*, Doktorska disertacija, RGN-fakultet Sveučilišta u Zagrebu

16) Muraya, N. K.; O'Neal, D.L.; Heffington, W.M. 1996. *Thermal Interference of Adjacent Legs in a Vertical U-Tube Heat Exchanger for a Ground-Coupled Heat Pump* ASHRAE Trans. 102(2):12-21

17) Narodne novine, *Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada*, NN 113/08. url: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/342062.html (05.09.2015.)

18) Narodne novine, *Pravilniku o izdavanju vodopravnih akata*, NN 78/10. url: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_06_78_2256.html (05.09.2015.)

19) Projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite zgrade, 2014. url: http://www.mgipu.hr/doc/EnergetskaUcinkovitost/Algoritam-HRN-EN-ISO-13790.pdf (05.09.2015.)

20) Rottmayer, S. P.; Beckman, W. A.; Mitchell. J. W. 1997. *Simulation of a Single Vertical U-Tube Ground Heat Exchanger in an Infinite Medium*, ASHRAE Transactions, 103(2):651-658

21) Shonder, J. A.; Beck. J. V. 1999. *Determining Effective Soil Formation Thermal Properties From Field Data Using a Parameter Estimation Technique*. ASHRAE Transactions, 105(1)

22) Šikić, K.; Basch, O.; Šimunić, A. 1978. *Osnovna geološka karta SFRJ*, Hrvatski geološki institut, Zagreb

23) The State of Renewable Energies in Europe, 2014. url: http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/barobilan/barobilan14_EN.pdf (08. 09. 2015.)

24) Vlahović, T.; Bačani, A.; Posavec, K. 2009. Hydrogeological stratification of the unconfined Samobor aquifer (Zagreb, Croatia), *Environmental Geology*, vol 57, pp. 1707-1724

25) ZieloneDomy, 2015. url: http://www.zielonedomy.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=32 (07.09.2015.)

PRILOG 1. ENERGETSKA ANALIZA PRIMJENE RAZLIČITIH OBLIKA DIZALICA TOPLINE

Proračun satnih toplinskih potreba po mjesecima za rezidencijalni objekt

Qhnd + bazen+dhw-solar kWht	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
26264,4	4571,8	3148,3	1480,7	133,7	3438,0	1571,0	887,0	1500,0	1889,0	467,7	2546,6	4630,8
	2,3	2,9	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0
	0,0	4,8	0,0	0,0						0,0	0,0	5,8
	3,2	2,8	0,0	0,0						0,0	0,0	9,0
	5,2	9,0	0,0	0,0						0,0	0,0	5,5
	20,4	6,1	0,0	0,0						0,0	0,0	8,5
	19,8	7,7	3,4	0,0						0,0	0,0	13,4
	27,8	13,2	4,2	0,0						0,0	0,0	17,0
	32,6	14,4	2,7	0,0						0,0	0,0	18,4
	72,2	17,8	5,7	0,0						0,0	0,0	31,0
	88,2	25,5	6,0	0,0						0,0	0,0	48,2
	107,2	29,7	5,8	0,0						0,0	0,0	58,0
	147,5	45,5	5,2	0,0						0,0	0,0	84,1
	193,3	66,9	11,9	0,0						0,0	2,6	104,0
	224,7	97,6	13,3	0,0						0,5	14,3	204,4
	261,9	153,8	13,1	0,0						0,6	29,3	286,2
	388,3	192,7	29,0	0,4						0,9	65,6	408,9
	409,6	238,1	61,2	0,3						2,5	105,9	401,8
	451,3	275,0	83,3	0,6						3,3	114,1	451,4
	432,0	340,2	98,4	1,3						6,0	141,9	404,3
	362,0	272,0	108,0	1,9						8,6	157,9	346,3
	235,5	226,1	100,5	2,3						13,9	164,8	306,6
	199,5	211,9	125,9	3,3						16,0	166,4	239,6
	158,8	158,4	104,5	3,9						22,9	194,4	269,0
	152,2	146,7	111,5	5,5						28,7	177,4	229,4
	105,2	118,0	92,8	7,5						32,0	221,3	188,7
	82,7	98,6	85,9	10,6						34,4	195,1	122,8
	77,5	88,9	82,0	12,1						40,3	177,8	72,8
	49,9	69,2	66,7	11,4						42,2	157,6	48,5
	42,9	62,8	61,2	10,6						35,5	118,8	32,4
	32,6	45,1	58,0	9,5						35,0	80,4	26,4
	24,6	29,6	48,8	7,9						30,3	62,0	19,1
	12,6	22,1	37,0	6,7						27,0	54,3	11,6
	9,4	11,0	26,7	4,9						21,1	41,7	5,6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DHW ukupna potreba	280,0	271,0	289,0	274,0	232,0	228,0	211,0	214,0	228,0	264,0	263,0	272,0	3026
Bazen ukupno HP+solar	0	0	0	0	4320,0	2540,0	2050,0	2560,0	2290,0	0	0	0	13760
Solar input DHW	141	227	261	241	124,0	147,0	144,0	114,0	179,0	198	160	120	2056
Solar input bazen	0	0	0	0	990,0	1050,0	1230,0	1160,0	450,0	0	0	0	4880
Bazen HP neto	0	0	0	0	3330,0	1490,0	820,0	1400,0	1840,0	0	0	0	8880
DHW HP neto	139,0	44,0	28,0	33,0	108,0	81,0	67,0	100,0	49,0	66,0	103,0	152,0	970
Kuća	4047,0	2746,0	1293,0	156,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	507,0	2418,0	4208,0	15375

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

PP (kn)	14282,4	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
		1801,8	1244,5	591,7	64,3	1357,9	627,0	359,3	599,2	751,5	195,1	1009,0	1824,9
TM2 kn/kWh	0,3680	0,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TM3 kn/kWh	0,3585	0,0	1,9	0,0	0,0						0,0	0,0	2,3
Ts2 kn/mj	12,0	1,3	1,1	0,0	0,0						0,0	0,0	3,5
m3->9,26 kWh	9,26	2,1	3,5	0,0	0,0						0,0	0,0	2,1
AFUE 35	0,94	8,0	2,4	0,0	0,0						0,0	0,0	3,3
		7,7	3,0	1,3	0,0						0,0	0,0	5,2
potrošnja kWh	38810,9	10,9	5,2	1,6	0,0						0,0	0,0	6,7
potrošnja m^3	4191,2	12,8	5,6	1,1	0,0						0,0	0,0	7,2
		28,3	7,0	2,2	0,0						0,0	0,0	12,1
		34,5	10,0	2,3	0,0						0,0	0,0	18,9
		42,0	11,6	2,3	0,0						0,0	0,0	22,7
		57,7	17,8	2,0	0,0						0,0	0,0	32,9
		75,7	26,2	4,7	0,0						0,0	1,0	40,7
		88,0	38,2	5,2	0,0						0,2	5,6	80,0
		102,5	60,2	5,1	0,0						0,2	11,5	112,0
		152,0	75,4	11,4	0,2						0,3	25,7	160,1
		160,3	93,2	24,0	0,1						1,0	41,5	157,3
		176,7	107,7	32,6	0,3						1,3	44,7	176,7
		169,1	133,2	38,5	0,5						2,3	55,5	158,3
		141,7	106,5	42,3	0,8						3,4	61,8	135,6
		92,2	88,5	39,4	0,9						5,4	64,5	120,0
		78,1	82,9	49,3	1,3						6,3	65,1	93,8
		62,2	62,0	40,9	1,5						9,0	76,1	105,3
		59,6	57,4	43,6	2,2						11,3	69,5	89,8
		41,2	46,2	36,3	2,9						12,5	86,6	73,9
		32,4	38,6	33,6	4,2						13,5	76,4	48,1
		30,4	34,8	32,1	4,7						15,8	69,6	28,5
		19,5	27,1	26,1	4,5						16,5	61,7	19,0
		16,8	24,6	24,0	4,2						13,9	46,5	12,7
		12,8	17,7	22,7	3,7						13,7	31,5	10,4
		9,6	11,6	19,1	3,1						11,9	24,3	7,5
		4,9	8,7	14,5	2,6						10,6	21,3	4,6
		3,7	4,3	10,5	1,9						8,3	16,3	2,2

VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV

PP (kn)	14589,8	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
		1840,7	1271,3	604,3	65,5	1387,2	640,4	366,8	612,0	767,6	199,1	1030,6	1864,3
TM2 kn/kWh	0,3680	0,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TM3 kn/kWh	0,3585	0,0	1,9	0,0	0,0						0,0	0,0	2,3
Ts2 kn/mj	12,0	1,3	1,1	0,0	0,0						0,0	0,0	3,6
m3->9,26 kWh	9,26	2,1	3,6	0,0	0,0						0,0	0,0	2,2
AFUE 45	**0,92**	8,1	2,5	0,0	0,0						0,0	0,0	3,4
		7,9	3,1	1,3	0,0						0,0	0,0	5,4
potrošnja kWh	39646,1	11,1	5,3	1,7	0,0						0,0	0,0	6,8
potrošnja m^3	4281,4	13,0	5,8	1,1	0,0						0,0	0,0	7,4
		28,9	7,1	2,3	0,0						0,0	0,0	12,4
		35,3	10,2	2,4	0,0						0,0	0,0	19,3
		42,9	11,9	2,3	0,0						0,0	0,0	23,2
		59,0	18,2	2,1	0,0						0,0	0,0	33,6
		77,3	26,7	4,8	0,0						0,0	1,0	41,6
		89,9	39,0	5,3	0,0						0,2	5,7	81,8
		104,8	61,5	5,3	0,0						0,2	11,7	114,5
		155,3	77,1	11,6	0,2						0,3	26,2	163,6
		163,8	95,2	24,5	0,1						1,0	42,4	160,7
		180,5	110,0	33,3	0,3						1,3	45,6	180,6
		172,8	136,1	39,4	0,5						2,4	56,7	161,7
		144,8	108,8	43,2	0,8						3,5	63,2	138,5
		94,2	90,4	40,2	0,9						5,5	65,9	122,6
		79,8	84,8	50,4	1,3						6,4	66,5	95,8
		63,5	63,4	41,8	1,5						9,2	77,7	107,6
		60,9	58,7	44,6	2,2						11,5	71,0	91,8
		42,1	47,2	37,1	3,0						12,8	88,5	75,5
		33,1	39,4	34,4	4,3						13,7	78,0	49,1
		31,0	35,6	32,8	4,8						16,1	71,1	29,1
		20,0	27,7	26,7	4,6						16,9	63,0	19,4
		17,2	25,1	24,5	4,2						14,2	47,5	13,0
		13,0	18,1	23,2	3,8						14,0	32,1	10,6
		9,8	11,8	19,5	3,1						12,1	24,8	7,7
		5,0	8,8	14,8	2,7						10,8	21,7	4,6
		3,7	4,4	10,7	2,0						8,4	16,7	2,3

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LLT + PTV

PP (kn)	15597,6	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
		1968,3	1359,2	645,6	69,2	1483,1	684,2	391,6	653,9	820,3	212,1	1101,7	1993,5
TM2 kn/kWh	0,3680	1,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TM3 kn/kWh	0,3585	0,0	2,0	0,0	0,0						0,0	0,0	2,5
Ts2 kn/mj	12,0	1,4	1,2	0,0	0,0						0,0	0,0	3,8
m3->9,26 kWh	9,26	2,2	3,9	0,0	0,0						0,0	0,0	2,3
AFUE 55	**0,86**	8,7	2,6	0,0	0,0						0,0	0,0	3,6
		8,5	3,3	1,4	0,0						0,0	0,0	5,7
potrošnja kWh	42384,8	11,9	5,7	1,8	0,0						0,0	0,0	7,3
potrošnja m^3	4577,2	13,9	6,2	1,2	0,0						0,0	0,0	7,9
		30,9	7,6	2,4	0,0						0,0	0,0	13,3
		37,7	10,9	2,5	0,0						0,0	0,0	20,6
		45,9	12,7	2,5	0,0						0,0	0,0	24,8
		63,1	19,5	2,2	0,0						0,0	0,0	36,0
		82,7	28,6	5,1	0,0						0,0	1,1	44,5
		96,2	41,7	5,7	0,0						0,2	6,1	87,5
		112,1	65,8	5,6	0,0						0,3	12,6	122,4
		166,2	82,4	12,4	0,2						0,4	28,1	175,0
		175,3	101,9	26,2	0,1						1,1	45,3	171,9
		193,1	117,7	35,6	0,3						1,4	48,8	193,2
		184,9	145,6	42,1	0,6						2,6	60,7	173,0
		154,9	116,4	46,2	0,8						3,7	67,6	148,2
		100,8	96,7	43,0	1,0						5,9	70,5	131,2
		85,4	90,7	53,9	1,4						6,8	71,2	102,5
		67,9	67,8	44,7	1,7						9,8	83,2	115,1
		65,1	62,8	47,7	2,4						12,3	75,9	98,2
		45,0	50,5	39,7	3,2						13,7	94,7	80,7
		35,4	42,2	36,8	4,5						14,7	83,5	52,6
		33,2	38,1	35,1	5,2						17,3	76,1	31,2
		21,4	29,6	28,5	4,9						18,0	67,4	20,8
		18,3	26,9	26,2	4,5						15,2	50,8	13,9
		13,9	19,3	24,8	4,1						15,0	34,4	11,3
		10,5	12,7	20,9	3,4						13,0	26,5	8,2
		5,4	9,5	15,9	2,9						11,5	23,2	5,0
		4,0	4,7	11,4	2,1						9,0	17,9	2,4

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV													
GWHP kWhe	3786,1	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
LST °C	13,0	659,0	453,8	213,4	19,3	495,6	226,5	127,9	216,2	272,3	67,4	367,1	667,5
SCOP	6,94	0,3	0,4	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0
35°C		0,0	0,7	0,0	0,0						0,0	0,0	0,8
		0,5	0,4	0,0	0,0						0,0	0,0	1,3
		0,8	1,3	0,0	0,0						0,0	0,0	0,8
		2,9	0,9	0,0	0,0						0,0	0,0	1,2
		2,9	1,1	0,5	0,0						0,0	0,0	1,9
		4,0	1,9	0,6	0,0						0,0	0,0	2,5
		4,7	2,1	0,4	0,0						0,0	0,0	2,7
		10,4	2,6	0,8	0,0						0,0	0,0	4,5
		12,7	3,7	0,9	0,0						0,0	0,0	6,9
		15,4	4,3	0,8	0,0						0,0	0,0	8,4
		21,3	6,6	0,7	0,0						0,0	0,0	12,1
		27,9	9,6	1,7	0,0						0,0	0,4	15,0
		32,4	14,1	1,9	0,0						0,1	2,1	29,5
		37,8	22,2	1,9	0,0						0,1	4,2	41,3
		56,0	27,8	4,2	0,1						0,1	9,5	58,9
		59,0	34,3	8,8	0,0						0,4	15,3	57,9
		65,1	39,6	12,0	0,1						0,5	16,5	65,1
		62,3	49,0	14,2	0,2						0,9	20,4	58,3
		52,2	39,2	15,6	0,3						1,2	22,8	49,9
		34,0	32,6	14,5	0,3						2,0	23,8	44,2
		28,8	30,5	18,2	0,5						2,3	24,0	34,5
		22,9	22,8	15,1	0,6						3,3	28,0	38,8
		21,9	21,1	16,1	0,8						4,1	25,6	33,1
		15,2	17,0	13,4	1,1						4,6	31,9	27,2
		11,9	14,2	12,4	1,5						5,0	28,1	17,7
		11,2	12,8	11,8	1,7						5,8	25,6	10,5
		7,2	10,0	9,6	1,6						6,1	22,7	7,0
		6,2	9,1	8,8	1,5						5,1	17,1	4,7
		4,7	6,5	8,4	1,4						5,1	11,6	3,8
		3,5	4,3	7,0	1,1						4,4	8,9	2,8
		1,8	3,2	5,3	1,0						3,9	7,8	1,7
		1,4	1,6	3,9	0,7						3,0	6,0	0,8
	SCOP	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV													
GWHP kn	3293,9	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
		573,4	394,8	185,7	16,8	431,2	197,0	111,2	188,1	236,9	58,7	319,4	580,8
35°C		0,28	0,37	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	0,60	0,00	0,00						0,00	0,00	0,72
		0,41	0,35	0,00	0,00						0,00	0,00	1,12
		0,66	1,13	0,00	0,00						0,00	0,00	0,68
		2,55	0,77	0,00	0,00						0,00	0,00	1,06
		2,48	0,96	0,42	0,00						0,00	0,00	1,68
		3,49	1,66	0,53	0,00						0,00	0,00	2,13
		4,09	1,81	0,34	0,00						0,00	0,00	2,31
		9,05	2,24	0,72	0,00						0,00	0,00	3,89
		11,06	3,20	0,75	0,00						0,00	0,00	6,05
		13,44	3,73	0,72	0,00						0,00	0,00	7,28
		18,50	5,71	0,65	0,00						0,00	0,00	10,55
		24,24	8,39	1,49	0,00						0,00	0,32	13,05
		28,18	12,23	1,67	0,00						0,06	1,79	25,63
		32,84	19,29	1,65	0,00						0,08	3,68	35,89
		48,70	24,16	3,64	0,05						0,11	8,22	51,29
		51,37	29,86	7,67	0,04						0,31	13,29	50,40
		56,60	34,50	10,45	0,08						0,42	14,31	56,61
		54,18	42,67	12,34	0,17						0,75	17,79	50,70
		45,40	34,11	13,55	0,24						1,08	19,80	43,43
		29,54	28,35	12,61	0,28						1,74	20,67	38,45
		25,03	26,57	15,79	0,41						2,01	20,86	30,05
		19,91	19,87	13,10	0,49						2,87	24,37	33,73
		19,09	18,40	13,98	0,69						3,61	22,25	28,77
		13,19	14,80	11,64	0,94						4,01	27,75	23,67
		10,37	12,36	10,78	1,33						4,31	24,47	15,40
		9,72	11,15	10,28	1,52						5,06	22,30	9,13
		6,26	8,68	8,36	1,43						5,29	19,77	6,09
		5,38	7,88	7,68	1,33						4,45	14,90	4,06
		4,09	5,66	7,27	1,19						4,39	10,08	3,32
		3,09	3,71	6,12	0,99						3,80	7,78	2,40
		1,58	2,77	4,65	0,84						3,38	6,81	1,46
		1,17	1,38	3,35	0,61						2,65	5,23	0,71

VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV													
GWHP kWhe	5148,2	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
LST °C	13,0	896,1	617,1	290,2	26,2	673,9	307,9	173,9	294,0	370,3	91,7	499,2	907,7
SCOP	5,10	0,4	0,6	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0
45°C		0,0	0,9	0,0	0,0						0,0	0,0	1,1
		0,6	0,5	0,0	0,0						0,0	0,0	1,8
		1,0	1,8	0,0	0,0						0,0	0,0	1,1
		4,0	1,2	0,0	0,0						0,0	0,0	1,7
		3,9	1,5	0,7	0,0						0,0	0,0	2,6
		5,5	2,6	0,8	0,0						0,0	0,0	3,3
		6,4	2,8	0,5	0,0						0,0	0,0	3,6
		14,1	3,5	1,1	0,0						0,0	0,0	6,1
		17,3	5,0	1,2	0,0						0,0	0,0	9,4
		21,0	5,8	1,1	0,0						0,0	0,0	11,4
		28,9	8,9	1,0	0,0						0,0	0,0	16,5
		37,9	13,1	2,3	0,0						0,0	0,5	20,4
		44,0	19,1	2,6	0,0						0,1	2,8	40,1
		51,3	30,2	2,6	0,0						0,1	5,8	56,1
		76,1	37,8	5,7	0,1						0,2	12,9	80,2
		80,3	46,7	12,0	0,1						0,5	20,8	78,8
		88,5	53,9	16,3	0,1						0,7	22,4	88,5
		84,7	66,7	19,3	0,3						1,2	27,8	79,2
		71,0	53,3	21,2	0,4						1,7	30,9	67,9
		46,2	44,3	19,7	0,4						2,7	32,3	60,1
		39,1	41,5	24,7	0,6						3,1	32,6	47,0
		31,1	31,1	20,5	0,8						4,5	38,1	52,7
		29,8	28,8	21,8	1,1						5,6	34,8	45,0
		20,6	23,1	18,2	1,5						6,3	43,4	37,0
		16,2	19,3	16,8	2,1						6,7	38,2	24,1
		15,2	17,4	16,1	2,4						7,9	34,9	14,3
		9,8	13,6	13,1	2,2						8,3	30,9	9,5
		8,4	12,3	12,0	2,1						7,0	23,3	6,4
		6,4	8,8	11,4	1,9						6,9	15,8	5,2
		4,8	5,8	9,6	1,5						5,9	12,2	3,8
		2,5	4,3	7,3	1,3						5,3	10,6	2,3
		1,8	2,2	5,2	1,0						4,1	8,2	1,1
	SCOP	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1

VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV													
GWHP kn	4478,9	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
		779,6	536,9	252,5	22,8	586,3	267,9	151,3	255,8	322,1	79,8	434,3	789,7
45°C		0,39	0,50	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	0,81	0,00	0,00						0,00	0,00	0,98
		0,55	0,47	0,00	0,00						0,00	0,00	1,53
		0,89	1,54	0,00	0,00						0,00	0,00	0,93
		3,47	1,05	0,00	0,00						0,00	0,00	1,45
		3,37	1,31	0,58	0,00						0,00	0,00	2,28
		4,75	2,25	0,72	0,00						0,00	0,00	2,90
		5,56	2,46	0,46	0,00						0,00	0,00	3,14
		12,31	3,04	0,97	0,00						0,00	0,00	5,29
		15,04	4,35	1,02	0,00						0,00	0,00	8,22
		18,28	5,07	0,98	0,00						0,00	0,00	9,90
		25,15	7,76	0,88	0,00						0,00	0,00	14,34
		32,96	11,40	2,03	0,00						0,00	0,44	17,74
		38,32	16,64	2,27	0,00						0,08	2,44	34,85
		44,66	26,23	2,24	0,00						0,10	5,00	48,80
		66,22	32,86	4,95	0,07						0,15	11,18	69,74
		69,85	40,61	10,43	0,06						0,43	18,07	68,52
		76,96	46,90	14,21	0,11						0,57	19,46	76,98
		73,67	58,02	16,78	0,23						1,02	24,19	68,94
		61,73	46,38	18,42	0,33						1,47	26,92	59,05
		40,16	38,55	17,15	0,39						2,36	28,11	52,28
		34,03	36,13	21,47	0,56						2,73	28,37	40,86
		27,08	27,02	17,81	0,66						3,91	33,14	45,87
		25,96	25,02	19,01	0,94						4,90	30,26	39,12
		17,94	20,13	15,83	1,27						5,45	37,73	32,18
		14,10	16,81	14,65	1,81						5,86	33,27	20,94
		13,22	15,16	13,98	2,06						6,88	30,32	12,42
		8,51	11,80	11,37	1,95						7,19	26,88	8,28
		7,31	10,72	10,44	1,81						6,06	20,26	5,53
		5,56	7,70	9,89	1,62						5,98	13,71	4,51
		4,20	5,05	8,33	1,34						5,17	10,57	3,26
		2,14	3,77	6,32	1,14						4,60	9,26	1,98
		1,60	1,87	4,56	0,83						3,60	7,12	0,96

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LLT + PTV

GWHP kWhe	6968,5	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
LST °C	13,0	1213,0	835,3	392,9	35,5	912,2	416,8	235,3	398,0	501,2	124,1	675,7	1228,6
SCOP	3,77	0,6	0,8	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0
55°C		0,0	1,3	0,0	0,0						0,0	0,0	1,5
		0,9	0,7	0,0	0,0						0,0	0,0	2,4
		1,4	2,4	0,0	0,0						0,0	0,0	1,4
		5,4	1,6	0,0	0,0						0,0	0,0	2,3
		5,3	2,0	0,9	0,0						0,0	0,0	3,6
		7,4	3,5	1,1	0,0						0,0	0,0	4,5
		8,6	3,8	0,7	0,0						0,0	0,0	4,9
		19,1	4,7	1,5	0,0						0,0	0,0	8,2
		23,4	6,8	1,6	0,0						0,0	0,0	12,8
		28,4	7,9	1,5	0,0						0,0	0,0	15,4
		39,1	12,1	1,4	0,0						0,0	0,0	22,3
		51,3	17,7	3,2	0,0						0,0	0,7	27,6
		59,6	25,9	3,5	0,0						0,1	3,8	54,2
		69,5	40,8	3,5	0,0						0,2	7,8	75,9
		103,0	51,1	7,7	0,1						0,2	17,4	108,5
		108,7	63,2	16,2	0,1						0,7	28,1	106,6
		119,7	73,0	22,1	0,2						0,9	30,3	119,8
		114,6	90,3	26,1	0,4						1,6	37,6	107,3
		96,0	72,2	28,7	0,5						2,3	41,9	91,9
		62,5	60,0	26,7	0,6						3,7	43,7	81,3
		52,9	56,2	33,4	0,9						4,2	44,1	63,6
		42,1	42,0	27,7	1,0						6,1	51,6	71,4
		40,4	38,9	29,6	1,5						7,6	47,1	60,9
		27,9	31,3	24,6	2,0						8,5	58,7	50,1
		21,9	26,2	22,8	2,8						9,1	51,8	32,6
		20,6	23,6	21,7	3,2						10,7	47,2	19,3
		13,2	18,4	17,7	3,0						11,2	41,8	12,9
		11,4	16,7	16,2	2,8						9,4	31,5	8,6
		8,6	12,0	15,4	2,5						9,3	21,3	7,0
		6,5	7,9	13,0	2,1						8,0	16,5	5,1
		3,3	5,9	9,8	1,8						7,2	14,4	3,1
		2,5	2,9	7,1	1,3						5,6	11,1	1,5
	SCOP	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LLT + PTV

GWHP kn	6062,6	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
		1055,3	726,7	341,8	30,9	793,6	362,6	204,7	346,2	436,0	108,0	587,8	1068,9
55°C		0,52	0,68	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	1,10	0,00	0,00						0,00	0,00	1,33
		0,75	0,64	0,00	0,00						0,00	0,00	2,07
		1,21	2,08	0,00	0,00						0,00	0,00	1,26
		4,70	1,42	0,00	0,00						0,00	0,00	1,96
		4,57	1,77	0,78	0,00						0,00	0,00	3,09
		6,43	3,05	0,97	0,00						0,00	0,00	3,92
		7,52	3,33	0,63	0,00						0,00	0,00	4,25
		16,66	4,12	1,32	0,00						0,00	0,00	7,16
		20,35	5,89	1,38	0,00						0,00	0,00	11,13
		24,74	6,87	1,33	0,00						0,00	0,00	13,40
		34,04	10,51	1,19	0,00						0,00	0,00	19,41
		44,61	15,43	2,74	0,00						0,00	0,60	24,02
		51,87	22,52	3,07	0,00						0,11	3,30	47,18
		60,45	35,51	3,03	0,00						0,14	6,77	66,05
		89,63	44,47	6,70	0,09						0,20	15,14	94,39
		94,55	54,96	14,12	0,08						0,58	24,45	92,75
		104,18	63,49	19,23	0,15						0,77	26,34	104,20
		99,72	78,53	22,72	0,31						1,38	32,74	93,31
		83,55	62,78	24,94	0,44						1,99	36,44	79,93
		54,36	52,18	23,21	0,52						3,20	38,05	70,77
		46,06	48,91	29,06	0,76						3,69	38,40	55,31
		36,65	36,57	24,11	0,89						5,29	44,86	62,08
		35,14	33,86	25,73	1,27						6,64	40,96	52,96
		24,28	27,24	21,42	1,72						7,38	51,08	43,56
		19,09	22,76	19,84	2,45						7,93	45,03	28,35
		17,90	20,53	18,92	2,79						9,31	41,05	16,81
		11,52	15,97	15,39	2,63						9,73	36,38	11,20
		9,90	14,51	14,13	2,45						8,20	27,42	7,48
		7,52	10,42	13,38	2,19						8,09	18,55	6,10
		5,68	6,83	11,27	1,82						6,99	14,31	4,42
		2,90	5,10	8,55	1,54						6,22	12,53	2,68
		2,16	2,53	6,17	1,13						4,87	9,63	1,30

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

35°C			ASHP kWhe	5951,1	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
SCOP	COP ashp	SCOP ashp	kW (ashp)	kW (Ohmd)	1202,8	800,1	348,0	28,5	648,4	276,9	151,2	260,0	352,5	100,6	588,6	1193,6
4,41	2,93	1,13	3,29	19,32	-17	2,0	2,6	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0
	2,97	1,22	5,05	18,83	-16	0,0	3,9	0,0	0,0					0,0	0,0	4,7
	3,01	1,33	6,75	18,33	-15	2,4	2,1	0,0	0,0					0,0	0,0	6,8
	3,05	1,46	8,41	17,84	-14	3,6	6,2	0,0	0,0					0,0	0,0	3,7
	3,09	1,64	10,02	17,34	-13	12,4	3,7	0,0	0,0					0,0	0,0	5,2
	3,14	1,88	11,59	16,85	-12	10,5	4,1	1,8	0,0					0,0	0,0	7,1
	3,18	2,22	13,10	16,35	-11	12,5	6,0	1,9	0,0					0,0	0,0	7,7
	3,23	2,74	14,57	15,86	-10	11,9	5,3	1,0	0,0					0,0	0,0	6,7
	3,29	3,29	16,00	15,36	-9	22,0	5,4	1,7	0,0					0,0	0,0	9,4
	3,34	3,34	17,38	14,87	-8	26,4	7,6	1,8	0,0					0,0	0,0	14,4
	3,40	3,40	18,71	14,37	-7	31,5	8,8	1,7	0,0					0,0	0,0	17,1
	3,46	3,46	19,99	13,87	-6	42,6	13,2	1,5	0,0					0,0	0,0	24,3
	3,52	3,52	21,23	13,38	-5	54,9	19,0	3,4	0,0					0,0	0,7	29,6
	3,59	3,59	22,42	12,88	-4	62,7	27,2	3,7	0,0					0,1	4,0	57,0
	3,65	3,65	23,56	12,39	-3	71,7	42,1	3,6	0,0					0,2	8,0	78,3
	3,72	3,72	24,66	11,89	-2	104,3	51,8	7,8	0,1					0,2	17,6	109,9
	3,79	3,79	25,71	11,40	-1	108,0	62,8	16,1	0,1					0,7	27,9	105,9
	3,87	3,87	26,71	10,90	0	116,7	71,1	21,5	0,2					0,9	29,5	116,7
	3,94	3,94	27,67	10,41	1	109,5	86,3	24,9	0,3					1,5	36,0	102,5
	4,02	4,02	28,58	9,91	2	90,0	67,6	26,9	0,5					2,1	39,2	86,1
	4,10	4,10	29,44	9,41	3	57,4	55,1	24,5	0,6					3,4	40,2	74,7
	4,19	4,19	30,25	8,92	4	47,6	50,6	30,1	0,8					3,8	39,7	57,2
	4,27	4,27	31,02	8,42	5	37,1	37,1	24,4	0,9					5,4	45,5	62,9
	4,36	4,36	31,75	7,93	6	34,9	33,6	25,5	1,3					6,6	40,7	52,6
	4,45	4,45	32,42	7,43	7	23,6	26,5	20,8	1,7					7,2	49,7	42,4
	4,55	4,55	33,05	6,94	8	18,2	21,7	18,9	2,3					7,6	42,9	27,0
	4,64	4,64	33,63	6,44	9	16,7	19,2	17,7	2,6					8,7	38,3	15,7
	4,74	4,74	34,17	5,95	10	10,5	14,6	14,1	2,4					8,9	33,2	10,2
	4,84	4,84	34,65	5,45	11	8,9	13,0	12,6	2,2					7,3	24,5	6,7
	4,95	4,95	35,10	4,96	12	6,6	9,1	11,7	1,9					7,1	16,3	5,3
	5,05	5,05	35,49	4,46	13	4,9	5,9	9,7	1,6					6,0	12,3	3,8
	5,16	5,16	35,84	3,96	14	2,4	4,3	7,2	1,3					5,2	10,5	2,3
	5,27	5,27	36,14	3,47	15	1,8	2,1	5,1	0,9					4,0	7,9	1,1
					SCOP	3,8	3,9	4,3	4,7	5,3	5,7	5,9	5,8	5,4	4,6	4,3	3,9
					To °C	-0,8	1,9	5,9	10,6	15,3	18,5	20,1	19,3	15,8	10,5	5,3	0,9

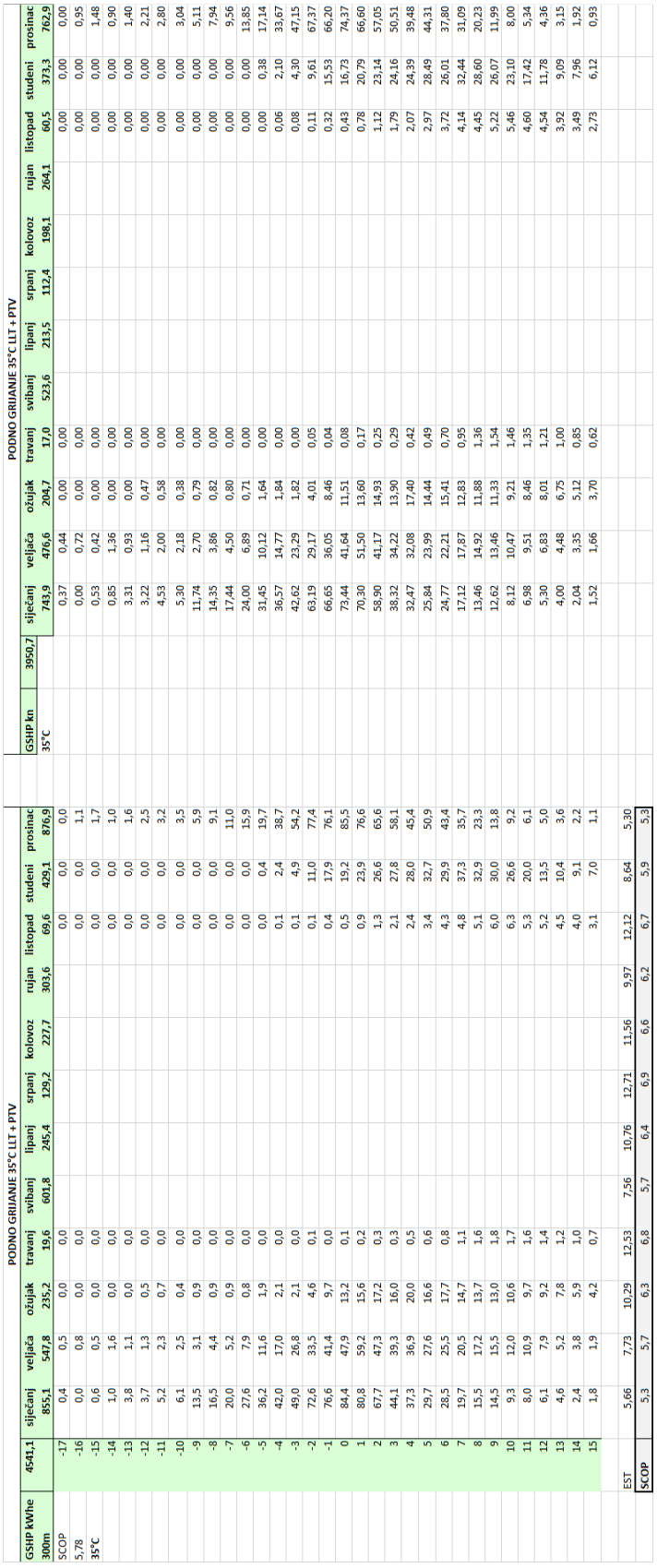
PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

ASHP kn	5177,5	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
35°C		1046,4	696,1	302,8	24,8	564,1	240,9	131,5	226,2	306,7	87,5	512,1	1038,4
		1,75	2,26	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	3,40	0,00	0,00						0,00	0,00	4,11
		2,12	1,82	0,00	0,00						0,00	0,00	5,88
		3,11	5,36	0,00	0,00						0,00	0,00	3,24
		10,80	3,25	0,00	0,00						0,00	0,00	4,49
		9,15	3,54	1,56	0,00						0,00	0,00	6,19
		10,91	5,18	1,65	0,00						0,00	0,00	6,66
		10,35	4,58	0,86	0,00						0,00	0,00	5,85
		19,11	4,72	1,51	0,00						0,00	0,00	8,21
		22,96	6,64	1,55	0,00						0,00	0,00	12,55
		27,43	7,61	1,47	0,00						0,00	0,00	14,86
		37,10	11,45	1,30	0,00						0,00	0,00	21,15
		47,76	16,52	2,94	0,00						0,00	0,64	25,71
		54,53	23,67	3,23	0,00						0,11	3,47	49,60
		62,38	36,64	3,13	0,00						0,14	6,99	68,16
		90,77	45,04	6,78	0,09						0,20	15,33	95,59
		93,93	54,61	14,03	0,08						0,57	24,30	92,16
		101,52	61,87	18,74	0,15						0,75	25,67	101,54
		95,29	75,04	21,71	0,29						1,32	31,29	89,17
		78,27	58,81	23,36	0,42						1,87	34,14	74,87
		49,92	47,91	21,31	0,48						2,94	34,94	64,98
		41,45	44,01	26,15	0,69						3,32	34,56	49,77
		32,31	32,25	21,26	0,79						4,66	39,56	54,74
		30,35	29,25	22,22	1,10						5,73	35,38	45,74
		20,54	23,05	18,13	1,46						6,24	43,22	36,86
		15,82	18,86	16,44	2,03						6,58	37,32	23,50
		14,53	16,66	15,36	2,26						7,56	33,32	13,64
		9,16	12,69	12,23	2,09						7,73	28,92	8,91
		7,70	11,29	11,00	1,91						6,38	21,35	5,82
		5,73	7,94	10,20	1,67						6,16	14,14	4,65
		4,24	5,10	8,41	1,36						5,22	10,68	3,30
		2,12	3,73	6,25	1,12						4,55	9,15	1,96
		1,55	1,81	4,41	0,81						3,49	6,89	0,93

| | | | ASHP kWhe | 7165,7 | VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV | | |

| | | |

Godišnja energetska analiza za primjenu dizalice topline - tlo (GSHP 3*100m BHE ili 16*100 GEOspirala) (A4)



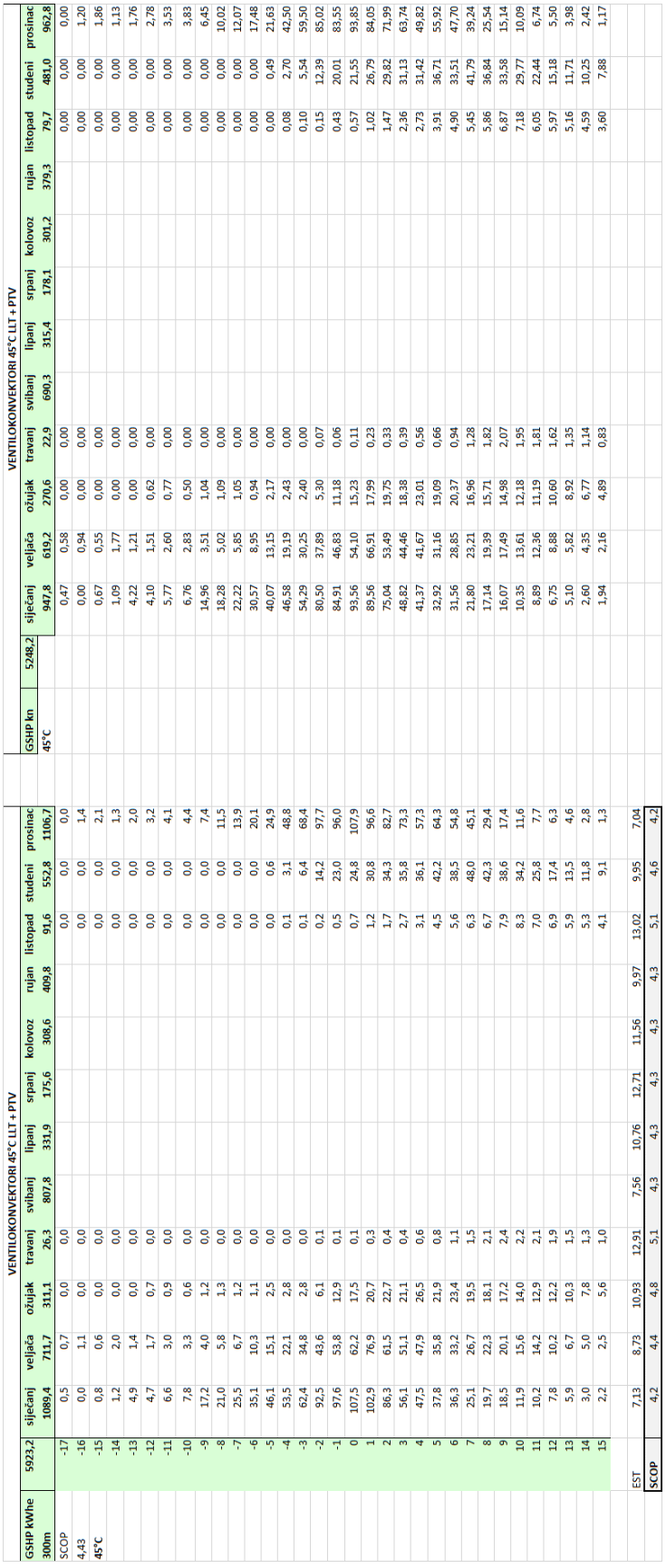
PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

GSHP KWhe 300m	4541,1	siječanj 855,1	veljača 547,8	ožujak 235,2	travanj 19,6	svibanj 601,8	lipanj 245,4	srpanj 129,2	kolovoz 227,7	rujan 303,6	listopad 69,6	studeni 429,1	prosinac 876,9
SCOP	-17	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0
5,78	-16	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0					0,0	0,0	1,1
35°C	-15	0,6	0,5	0,0	0,0						0,0	0,0	1,7
	-14	1,0	1,6	0,0	0,0						0,0	0,0	1,0
	-13	3,8	1,1	0,0	0,0						0,0	0,0	1,6
	-12	3,7	1,3	0,5	0,0						0,0	0,0	2,5
	-11	5,2	2,3	0,7	0,0						0,0	0,0	3,2
	-10	6,1	2,5	0,4	0,0						0,0	0,0	3,5
	-9	13,5	3,1	0,9	0,0						0,0	0,0	5,9
	-8	16,5	4,4	0,9	0,0						0,0	0,0	9,1
	-7	20,0	5,2	0,9	0,0						0,0	0,0	11,0
	-6	27,6	7,9	0,8	0,0						0,0	0,0	15,9
	-5	36,2	11,6	1,9	0,0						0,0	0,4	19,7
	-4	42,0	17,0	2,1	0,0						0,1	2,4	38,7
	-3	49,0	26,8	2,1	0,0						0,1	4,9	54,2
	-2	72,6	33,5	4,6	0,1						0,1	11,0	77,4
	-1	76,6	41,4	9,7	0,0						0,4	17,9	76,1
	0	84,4	47,9	13,2	0,1						0,5	19,2	85,5
	1	80,8	59,2	15,6	0,2						0,9	23,9	76,6
	2	67,7	47,3	17,2	0,3						1,3	26,6	65,6
	3	44,1	39,3	16,0	0,3						2,1	27,8	58,1
	4	37,3	36,9	20,0	0,5						2,4	28,0	45,4
	5	29,7	27,6	16,6	0,6						3,4	32,7	50,9
	6	28,5	25,5	17,7	0,8						4,3	29,9	43,4
	7	19,7	20,5	14,7	1,1						4,8	37,3	35,7
	8	15,5	17,2	13,7	1,6						5,1	32,9	23,3
	9	14,5	15,5	13,0	1,8						6,0	30,0	13,8
	10	9,3	12,0	10,6	1,7						6,3	26,6	9,2
	11	8,0	10,9	9,7	1,6						5,3	20,0	6,1
	12	6,1	7,9	9,2	1,4						5,2	13,5	5,0
	13	4,6	5,2	7,8	1,2						4,5	10,4	3,6
	14	2,4	3,8	5,9	1,0						4,0	9,1	2,2
	15	1,8	1,9	4,2	0,7						3,1	7,0	1,1
EST		5,66	7,73	10,29	12,53	7,56	10,76	12,71	11,56	9,97	12,12	8,64	5,30
SCOP		5,3	5,7	6,3	6,8	5,7	6,4	6,9	6,6	6,2	6,7	5,9	5,3

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

GSHP kn 35°C	3950,7	siječanj 743,9	veljača 476,6	ožujak 204,7	travanj 17,0	svibanj 523,6	lipanj 213,5	srpanj 112,4	kolovoz 198,1	rujan 264,1	listopad 60,5	studeni 373,3	prosinac 762,9
		0,37	0,44	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	0,72	0,00	0,00						0,00	0,00	0,95
		0,53	0,42	0,00	0,00						0,00	0,00	1,48
		0,85	1,36	0,00	0,00						0,00	0,00	0,90
		3,31	0,93	0,00	0,00						0,00	0,00	1,40
		3,22	1,16	0,47	0,00						0,00	0,00	2,21
		4,53	2,00	0,58	0,00						0,00	0,00	2,80
		5,30	2,18	0,38	0,00						0,00	0,00	3,04
		11,74	2,70	0,79	0,00						0,00	0,00	5,11
		14,35	3,86	0,82	0,00						0,00	0,00	7,94
		17,44	4,50	0,80	0,00						0,00	0,00	9,56
		24,00	6,89	0,71	0,00						0,00	0,00	13,85
		31,45	10,12	1,64	0,00						0,00	0,38	17,14
		36,57	14,77	1,84	0,00						0,06	2,10	33,67
		42,62	23,29	1,82	0,00						0,08	4,30	47,15
		63,19	29,17	4,01	0,05						0,11	9,61	67,37
		66,65	36,05	8,46	0,04						0,32	15,53	66,20
		73,44	41,64	11,51	0,08						0,43	16,73	74,37
		70,30	51,50	13,60	0,17						0,78	20,79	66,60
		58,90	41,17	14,93	0,25						1,12	23,14	57,05
		38,32	34,22	13,90	0,29						1,79	24,16	50,51
		32,47	32,08	17,40	0,42						2,07	24,39	39,48
		25,84	23,99	14,44	0,49						2,97	28,49	44,31
		24,77	22,21	15,41	0,70						3,72	26,01	37,80
		17,12	17,87	12,83	0,95						4,14	32,44	31,09
		13,46	14,92	11,88	1,36						4,45	28,60	20,23
		12,62	13,46	11,33	1,54						5,22	26,07	11,99
		8,12	10,47	9,21	1,46						5,46	23,10	8,00
		6,98	9,51	8,46	1,35						4,60	17,42	5,34
		5,30	6,83	8,01	1,21						4,54	11,78	4,36
		4,00	4,48	6,75	1,00						3,92	9,09	3,15
		2,04	3,35	5,12	0,85						3,49	7,96	1,92
		1,52	1,66	3,70	0,62						2,73	6,12	0,93

Godišnja energetska analiza za primjenu dizalice topline - tlo (GSHP 3*100m BHE ili 16*100 GEOspirala) (B4)



GSHP kWhe	5923,2		VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV												
300m			siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
			1089,4	711,7	311,1	26,3	807,8	331,9	175,6	308,6	409,8	91,6	552,8	1106,7	
SCOP			0,5	0,7	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0	
4,43	-17		0,0	1,1	0,0	0,0						0,0	0,0	1,4	
45°C	-16		0,8	0,6	0,0	0,0						0,0	0,0	2,1	
	-15		1,2	2,0	0,0	0,0						0,0	0,0	1,3	
	-14		4,9	1,4	0,0	0,0						0,0	0,0	2,0	
	-13		4,7	1,7	0,7	0,0						0,0	0,0	3,2	
	-12		6,6	3,0	0,9	0,0						0,0	0,0	4,1	
	-11		7,8	3,3	0,6	0,0						0,0	0,0	4,4	
	-10		17,2	4,0	1,2	0,0						0,0	0,0	7,4	
	-9		21,0	5,8	1,3	0,0						0,0	0,0	11,5	
	-8		25,5	6,7	1,2	0,0						0,0	0,0	13,9	
	-7		35,1	10,3	1,1	0,0						0,0	0,0	20,1	
	-6		46,1	15,1	2,5	0,0						0,0	0,6	24,9	
	-5		53,5	22,1	2,8	0,0						0,1	3,1	48,8	
	-4		62,4	34,8	2,8	0,0						0,1	6,4	68,4	
	-3		92,5	43,6	6,1	0,1						0,2	14,2	97,7	
	-2		97,6	53,8	12,9	0,1						0,5	23,0	96,0	
	-1		107,5	62,2	17,5	0,1						0,7	24,8	107,9	
	0		102,9	76,9	20,7	0,3						1,2	30,8	96,6	
	1		86,3	61,5	22,7	0,4						1,7	34,3	82,7	
	2		56,1	51,1	21,1	0,4						2,7	35,8	73,3	
	3		47,5	47,9	26,5	0,6						3,1	36,1	57,3	
	4		37,8	35,8	21,9	0,8						4,5	42,2	64,3	
	5		36,3	33,2	23,4	1,1						5,6	38,5	54,8	
	6		25,1	26,7	19,5	1,5						6,3	48,0	45,1	
	7		19,7	22,3	18,1	2,1						6,7	42,3	29,4	
	8		18,5	20,1	17,2	2,4						7,9	38,6	17,4	
	9		11,9	15,6	14,0	2,2						8,3	34,2	11,6	
	10		10,2	14,2	12,9	2,1						7,0	25,8	7,7	
	11		7,8	10,2	12,2	1,9						6,9	17,4	6,3	
	12		5,9	6,7	10,3	1,5						5,9	13,5	4,6	
	13		3,0	5,0	7,8	1,3						5,3	11,8	2,8	
	14		2,2	2,5	5,6	1,0						4,1	9,1	1,3	
	15														
		EST	7,13	8,73	10,93	12,91	7,56	10,76	12,71	11,56	9,97	13,02	9,95	7,04	
		SCOP	4,2	4,4	4,8	5,1	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,1	4,6	4,2	

GSHP kn	5248,2	VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV												
45°C		siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
		947,8	619,2	270,6	22,9	690,3	315,4	178,1	301,2	379,3	79,7	481,0	962,8	
		0,47	0,58	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00	
		0,00	0,94	0,00	0,00						0,00	0,00	1,20	
		0,67	0,55	0,00	0,00						0,00	0,00	1,86	
		1,09	1,77	0,00	0,00						0,00	0,00	1,13	
		4,22	1,21	0,00	0,00						0,00	0,00	1,76	
		4,10	1,51	0,62	0,00						0,00	0,00	2,78	
		5,77	2,60	0,77	0,00						0,00	0,00	3,53	
		6,76	2,83	0,50	0,00						0,00	0,00	3,83	
		14,96	3,51	1,04	0,00						0,00	0,00	6,45	
		18,28	5,02	1,09	0,00						0,00	0,00	10,02	
		22,22	5,85	1,05	0,00						0,00	0,00	12,07	
		30,57	8,95	0,94	0,00						0,00	0,00	17,48	
		40,07	13,15	2,17	0,00						0,00	0,49	21,63	
		46,58	19,19	2,43	0,00						0,08	2,70	42,50	
		54,29	30,25	2,40	0,00						0,10	5,54	59,50	
		80,50	37,89	5,30	0,07						0,15	12,39	85,02	
		84,91	46,83	11,18	0,06						0,43	20,01	83,55	
		93,56	54,10	15,23	0,11						0,57	21,55	93,85	
		89,56	66,91	17,99	0,23						1,02	26,79	84,05	
		75,04	53,49	19,75	0,33						1,47	29,82	71,99	
		48,82	44,46	18,38	0,39						2,36	31,13	63,74	
		41,37	41,67	23,01	0,56						2,73	31,42	49,82	
		32,92	31,16	19,09	0,66						3,91	36,71	55,92	
		31,56	28,85	20,37	0,94						4,90	33,51	47,70	
		21,80	23,21	16,96	1,28						5,45	41,79	39,24	
		17,14	19,39	15,71	1,82						5,86	36,84	25,54	
		16,07	17,49	14,98	2,07						6,87	33,58	15,14	
		10,35	13,61	12,18	1,95						7,18	29,77	10,09	
		8,89	12,36	11,19	1,81						6,05	22,44	6,74	
		6,75	8,88	10,60	1,62						5,97	15,18	5,50	
		5,10	5,82	8,92	1,35						5,16	11,71	3,98	
		2,60	4,35	6,77	1,14						4,59	10,25	2,42	
		1,94	2,16	4,89	0,83						3,60	7,88	1,17	

Godišnja energetska analiza za primjenu dizalice topline - tlo (GSHP 3*100m BHE ili 16*100 GEOspirala) (C4)

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LIT + PTV													
GSHP kWhe 300m	7861,4	siječanj 1426,6	veljača 939,8	ožujak 415,5	travanj 35,4	svibanj 1081,8	lipanj 447,4	srpanj 237,5	kolovoz 416,5	rujan 551,5	listopad 123,6	studeni 735,3	prosinac 1450,4
SCOP	-17	0,7	0,9	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0
3,34	-16	0,0	1,4	0,0	0,0						0,0	0,0	1,8
55°C	-15	1,0	0,8	0,0	0,0						0,0	0,0	2,8
	-14	1,6	2,7	0,0	0,0						0,0	0,0	1,7
	-13	6,4	1,8	0,0	0,0						0,0	0,0	2,7
	-12	6,2	2,3	0,9	0,0						0,0	0,0	4,2
	-11	8,7	3,9	1,2	0,0						0,0	0,0	5,3
	-10	10,2	4,3	0,8	0,0						0,0	0,0	5,8
	-9	22,5	5,3	1,6	0,0						0,0	0,0	9,7
	-8	27,5	7,6	1,7	0,0						0,0	0,0	15,1
	-7	33,4	8,9	1,6	0,0						0,0	0,0	18,2
	-6	46,0	13,6	1,4	0,0						0,0	0,0	26,3
	-5	60,3	20,0	3,3	0,0						0,0	0,7	32,6
	-4	70,1	29,1	3,7	0,0						0,1	4,1	64,0
	-3	81,7	45,9	3,7	0,0						0,2	8,5	89,6
	-2	121,2	57,5	8,1	0,1						0,2	18,9	128,1
	-1	127,8	71,1	17,2	0,1						0,7	30,6	125,9
	0	140,8	82,1	23,4	0,2						0,9	33,0	141,4
	1	134,8	101,6	27,6	0,4						1,6	41,0	126,6
	2	113,0	81,2	30,3	0,5						2,3	45,6	108,4
	3	73,5	67,5	28,2	0,6						3,7	47,6	96,0
	4	62,3	63,2	35,3	0,9						4,2	48,0	75,0
	5	49,5	47,3	29,3	1,0						6,1	56,1	84,2
	6	47,5	43,8	31,3	1,5						7,6	51,2	71,9
	7	32,8	35,2	26,0	2,0						8,4	63,9	59,1
	8	25,8	29,4	24,1	2,8						9,1	56,3	38,5
	9	24,2	26,5	23,0	3,2						10,7	51,3	22,8
	10	15,6	20,7	18,7	3,0						11,1	45,5	15,2
	11	13,4	18,8	17,2	2,8						9,4	34,3	10,2
	12	10,2	13,5	16,3	2,5						9,3	23,2	8,3
	13	7,7	8,8	13,7	2,1						8,0	17,9	6,0
	14	3,9	6,6	10,4	1,8						7,1	15,7	3,6
	15	2,9	3,3	7,5	1,3						5,6	12,1	1,8
EST		7,83	9,26	11,23	13,02	7,56	10,76	12,71	11,56	9,97	13,12	10,32	7,71
SCOP		3,2	3,4	3,6	3,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,8	3,5	3,2

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LIT + PTV													
GSHP kn 55°C	6968,2	siječanj 1241,1	veljača 817,6	ožujak 361,5	travanj 30,8	svibanj 928,7	lipanj 424,4	srpanj 239,6	kolovoz 405,2	rujan 510,3	listopad 107,5	studeni 639,7	prosinac 1261,8
		0,62	0,76	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	1,23	0,00	0,00						0,00	0,00	1,57
		0,88	0,72	0,00	0,00						0,00	0,00	2,44
		1,42	2,34	0,00	0,00						0,00	0,00	1,49
		5,53	1,59	0,00	0,00						0,00	0,00	2,31
		5,37	1,99	0,82	0,00						0,00	0,00	3,65
		7,56	3,43	1,03	0,00						0,00	0,00	4,63
		8,85	3,74	0,66	0,00						0,00	0,00	5,02
		19,59	4,63	1,40	0,00						0,00	0,00	8,45
		23,94	6,63	1,45	0,00						0,00	0,00	13,14
		29,10	7,73	1,41	0,00						0,00	0,00	15,82
		40,04	11,82	1,26	0,00						0,00	0,00	22,91
		52,47	17,36	2,90	0,00						0,00	0,65	28,35
		61,00	25,33	3,25	0,00						0,11	3,60	55,69
		71,10	39,95	3,21	0,00						0,14	7,37	77,97
		105,41	50,04	7,08	0,09						0,20	16,48	111,43
		111,20	61,84	14,94	0,08						0,58	26,61	109,49
		122,52	71,43	20,34	0,15						0,77	28,67	123,00
		117,28	88,36	24,02	0,31						1,38	35,64	110,15
		98,27	70,63	26,37	0,44						1,98	39,66	94,35
		63,94	58,71	24,55	0,52						3,19	41,41	83,54
		54,17	55,02	30,74	0,76						3,68	41,79	65,29
		43,11	41,15	25,50	0,89						5,27	48,83	73,29
		41,33	38,10	27,21	1,27						6,61	44,58	62,51
		28,55	30,65	22,66	1,72						7,35	55,59	51,42
		22,45	25,60	20,98	2,45						7,90	49,01	33,47
		21,05	23,09	20,01	2,79						9,27	44,67	19,84
		13,55	17,97	16,27	2,63						9,69	39,59	13,23
		11,64	16,32	14,95	2,45						8,17	29,85	8,83
		8,85	11,72	14,15	2,19						8,06	20,19	7,21
		6,68	7,69	11,92	1,82						6,97	15,58	5,22
		3,41	5,74	9,04	1,54						6,20	13,64	3,17
		2,54	2,85	6,53	1,12						4,86	10,48	1,54

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

GSHP kWhe	4974,2	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
200m		963,0	601,5	249,0	20,0	664,1	257,9	131,7	236,3	322,9	71,5	465,1	990,9
SCOP	-17	0,5	0,6	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0
5,28	-16	0,0	0,9	0,0	0,0						0,0	0,0	1,2
35°C	-15	0,7	0,5	0,0	0,0						0,0	0,0	1,9
	-14	1,1	1,7	0,0	0,0						0,0	0,0	1,2
	-13	4,3	1,2	0,0	0,0						0,0	0,0	1,8
	-12	4,2	1,5	0,6	0,0						0,0	0,0	2,9
	-11	5,9	2,5	0,7	0,0						0,0	0,0	3,6
	-10	6,9	2,8	0,5	0,0						0,0	0,0	3,9
	-9	15,2	3,4	1,0	0,0						0,0	0,0	6,6
	-8	18,6	4,9	1,0	0,0						0,0	0,0	10,3
	-7	22,6	5,7	1,0	0,0						0,0	0,0	12,4
	-6	31,1	8,7	0,9	0,0						0,0	0,0	18,0
	-5	40,7	12,8	2,0	0,0						0,0	0,5	22,3
	-4	47,3	18,6	2,2	0,0						0,1	2,6	43,7
	-3	55,2	29,4	2,2	0,0						0,1	5,4	61,2
	-2	81,8	36,8	4,9	0,1						0,1	12,0	87,5
	-1	86,3	45,5	10,3	0,1						0,4	19,3	86,0
	0	95,1	52,6	14,0	0,1						0,5	20,8	96,6
	1	91,0	65,0	16,6	0,2						0,9	25,9	86,5
	2	76,2	52,0	18,2	0,3						1,3	28,8	74,1
	3	49,6	43,2	16,9	0,3						2,1	30,1	65,6
	4	42,0	40,5	21,2	0,5						2,4	30,4	51,3
	5	33,4	30,3	17,6	0,6						3,5	35,5	57,6
	6	32,1	28,0	18,7	0,8						4,4	32,4	49,1
	7	22,2	22,5	15,6	1,1						4,9	40,4	40,4
	8	17,4	18,8	14,5	1,6						5,3	35,6	26,3
	9	16,3	17,0	13,8	1,8						6,2	32,5	15,6
	10	10,5	13,2	11,2	1,7						6,4	28,8	10,4
	11	9,0	12,0	10,3	1,6						5,4	21,7	6,9
	12	6,9	8,6	9,8	1,4						5,4	14,7	5,7
	13	5,2	5,7	8,2	1,2						4,6	11,3	4,1
	14	2,6	4,2	6,2	1,0						4,1	9,9	2,5
	15	2,0	2,1	4,5	0,7						3,2	7,6	1,2
EST		2,11	5,04	8,69	11,9	4,72	9,37	12,17	10,52	8,23	11,36	6,35	1,62
SCOP		4,7	5,2	5,9	6,7	5,2	6,1	6,7	6,3	5,8	6,5	5,5	4,7

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

GSHP kn	4327,5	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
200m		837,8	523,3	216,7	17,4	577,8	224,4	114,6	205,6	281,0	62,2	404,6	862,1
35°C		0,42	0,49	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	0,79	0,00	0,00						0,00	0,00	1,07
		0,59	0,46	0,00	0,00						0,00	0,00	1,67
		0,96	1,50	0,00	0,00						0,00	0,00	1,01
		3,73	1,02	0,00	0,00						0,00	0,00	1,58
		3,63	1,27	0,49	0,00						0,00	0,00	2,49
		5,10	2,20	0,62	0,00						0,00	0,00	3,16
		5,97	2,40	0,40	0,00						0,00	0,00	3,43
		13,23	2,97	0,84	0,00						0,00	0,00	5,77
		16,16	4,24	0,87	0,00						0,00	0,00	8,97
		19,64	4,94	0,84	0,00						0,00	0,00	10,81
		27,03	7,57	0,76	0,00						0,00	0,00	15,65
		35,42	11,11	1,74	0,00						0,00	0,41	19,37
		41,18	16,22	1,95	0,00						0,06	2,27	38,05
		48,00	25,57	1,92	0,00						0,08	4,66	53,27
		71,16	32,03	4,24	0,05						0,12	10,42	76,13
		75,06	39,58	8,95	0,04						0,33	16,83	74,81
		82,71	45,72	12,19	0,08						0,44	18,13	84,04
		79,17	56,55	14,40	0,17						0,80	22,54	75,26
		66,34	45,21	15,81	0,25						1,15	25,08	64,46
		43,16	37,58	14,71	0,30						1,84	26,19	57,07
		36,57	35,22	18,42	0,43						2,13	26,43	44,61
		29,10	26,34	15,28	0,51						3,05	30,88	50,07
		27,90	24,39	16,31	0,72						3,82	28,19	42,71
		19,28	19,62	13,58	0,97						4,25	35,16	35,13
		15,15	16,39	12,57	1,39						4,57	30,99	22,86
		14,21	14,78	11,99	1,58						5,36	28,25	13,55
		9,15	11,50	9,75	1,49						5,61	25,04	9,04
		7,86	10,45	8,96	1,38						4,72	18,88	6,03
		5,97	7,50	8,48	1,24						4,66	12,77	4,92
		4,51	4,92	7,14	1,03						4,03	9,85	3,56
		2,30	3,68	5,42	0,87						3,59	8,62	2,16
		1,72	1,82	3,91	0,64						2,81	6,63	1,05

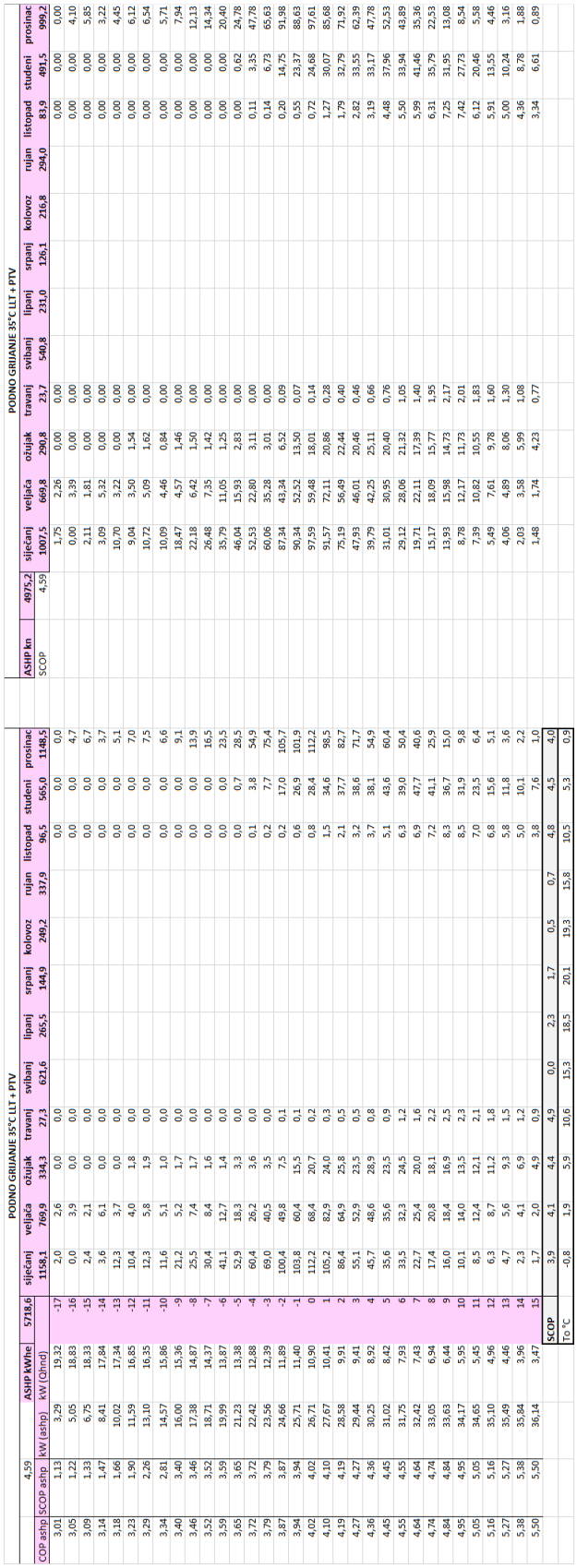
GSHP kWhe		6409,4												
200m		siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
		1207,4	771,7	326,4	26,7	885,4	347,7	178,8	319,5	434,1	92,9	589,5	1229,2	
SCOP	-17	0,6	0,7	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0	
4,10	-16	0,0	1,2	0,0	0,0						0,0	0,0	1,5	
45°C	-15	0,9	0,7	0,0	0,0						0,0	0,0	2,4	
	-14	1,4	2,2	0,0	0,0						0,0	0,0	1,4	
	-13	5,4	1,5	0,0	0,0						0,0	0,0	2,3	
	-12	5,2	1,9	0,7	0,0						0,0	0,0	3,6	
	-11	7,4	3,2	0,9	0,0						0,0	0,0	4,5	
	-10	8,6	3,5	0,6	0,0						0,0	0,0	4,9	
	-9	19,1	4,4	1,3	0,0						0,0	0,0	8,2	
	-8	23,3	6,3	1,3	0,0						0,0	0,0	12,8	
	-7	28,3	7,3	1,3	0,0						0,0	0,0	15,4	
	-6	38,9	11,2	1,1	0,0						0,0	0,0	22,3	
	-5	51,0	16,4	2,6	0,0						0,0	0,6	27,6	
	-4	59,3	23,9	2,9	0,0						0,1	3,3	54,3	
	-3	69,2	37,7	2,9	0,0						0,1	6,8	76,0	
	-2	102,6	47,2	6,4	0,1						0,2	15,2	108,5	
	-1	108,2	58,4	13,5	0,1						0,5	24,5	106,7	
	0	119,2	67,4	18,4	0,1						0,7	26,4	119,8	
	1	114,1	83,4	21,7	0,3						1,2	32,8	107,3	
	2	95,6	66,7	23,8	0,4						1,7	36,5	91,9	
	3	62,2	55,4	22,2	0,5						2,8	38,2	81,4	
	4	52,7	51,9	27,8	0,7						3,2	38,5	63,6	
	5	41,9	38,8	23,0	0,8						4,6	45,0	71,4	
	6	40,2	36,0	24,6	1,1						5,7	41,1	60,9	
	7	27,8	28,9	20,5	1,5						6,4	51,2	50,1	
	8	21,8	24,2	18,9	2,1						6,8	45,2	32,6	
	9	20,5	21,8	18,1	2,4						8,0	41,2	19,3	
	10	13,2	17,0	14,7	2,3						8,4	36,5	12,9	
	11	11,3	15,4	13,5	2,1						7,1	27,5	8,6	
	12	8,6	11,1	12,8	1,9						7,0	18,6	7,0	
	13	6,5	7,3	10,8	1,6						6,0	14,4	5,1	
	14	3,3	5,4	8,2	1,3						5,4	12,6	3,1	
	15	2,5	2,7	5,9	1,0						4,2	9,7	1,5	
	EST	3,92	6,26	9,49	12,43	4,72	9,37	12,17	10,52	8,23	12,6	8,01	3,76	
	SCOP	3,8	4,1	4,5	5,0	3,9	4,5	5,0	4,7	4,4	5,0	4,3	3,8	

GSHP kn		5576,2												
200m		siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
		1050,5	671,4	284,0	23,2	770,3	302,5	155,5	278,0	377,7	80,8	512,9	1069,4	
45°C		0,52	0,62	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00	
		0,00	1,01	0,00	0,00						0,00	0,00	1,33	
		0,74	0,59	0,00	0,00						0,00	0,00	2,07	
		1,20	1,92	0,00	0,00						0,00	0,00	1,26	
		4,68	1,31	0,00	0,00						0,00	0,00	1,96	
		4,55	1,63	0,65	0,00						0,00	0,00	3,09	
		6,40	2,82	0,81	0,00						0,00	0,00	3,93	
		7,49	3,07	0,52	0,00						0,00	0,00	4,25	
		16,58	3,80	1,10	0,00						0,00	0,00	7,16	
		20,26	5,44	1,14	0,00						0,00	0,00	11,13	
		24,63	6,34	1,10	0,00						0,00	0,00	13,40	
		33,89	9,71	0,99	0,00						0,00	0,00	19,42	
		44,41	14,26	2,28	0,00						0,00	0,52	24,03	
		51,63	20,80	2,55	0,00						0,08	2,88	47,20	
		60,18	32,80	2,52	0,00						0,10	5,91	66,08	
		89,22	41,09	5,56	0,07						0,15	13,21	94,43	
		94,11	50,78	11,73	0,06						0,43	21,34	92,79	
		103,70	58,66	15,97	0,11						0,58	22,98	104,24	
		99,27	72,56	18,87	0,23						1,03	28,57	93,35	
		83,17	58,00	20,72	0,33						1,49	31,80	79,96	
		54,11	48,21	19,28	0,39						2,40	33,20	70,80	
		45,85	45,19	24,15	0,57						2,77	33,51	55,34	
		36,48	33,79	20,03	0,67						3,96	39,14	62,11	
		34,98	31,29	21,38	0,95						4,97	35,74	52,98	
		24,17	25,17	17,80	1,30						5,53	44,57	43,58	
		19,00	21,02	16,48	1,85						5,94	39,29	28,36	
		17,82	18,96	15,72	2,10						6,97	35,81	16,81	
		11,47	14,75	12,78	1,98						7,29	31,74	11,21	
		9,85	13,40	11,74	1,84						6,14	23,93	7,48	
		7,49	9,63	11,12	1,65						6,06	16,19	6,11	
		5,65	6,31	9,36	1,37						5,24	12,49	4,42	
		2,89	4,72	7,10	1,16						4,66	10,93	2,68	
		2,15	2,34	5,13	0,85						3,65	8,41	1,30	

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LLT + PTV																								
GSHP kWhe	9174,9	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac											
200m		1562,8	1009,3	433,5	36,0	1346,4	615,2	347,4	587,4	739,8	125,2	779,1	1592,9											
SCOP	-17	0,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0											
2,86	-16	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0											
55°C	-15	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1											
	-14	1,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9											
	-13	7,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9											
	-12	6,8	2,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6											
	-11	9,5	4,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8											
	-10	11,1	4,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3											
	-9	24,7	5,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7											
	-8	30,1	8,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6											
	-7	36,6	9,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0											
	-6	50,4	14,6	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9											
	-5	66,1	21,4	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	35,8											
	-4	76,8	31,3	3,9	0,0	0,0	0,1	4,4	70,3															
	-3	89,5	49,3	3,8	0,0	0,0	0,2	9,0	98,4															
	-2	132,7	61,8	8,5	0,1	0,0	0,2	20,1	140,7															
	-1	140,0	76,3	17,9	0,1	0,0	0,7	32,4	138,2															
	0	154,3	88,2	24,4	0,2	0,0	0,9	34,9	155,3															
	1	147,7	109,1	28,8	0,4	0,0	1,6	43,4	139,1															
	2	123,7	87,2	31,6	0,5	0,0	2,3	48,3	119,1															
	3	80,5	72,5	29,4	0,6	0,0	3,7	50,4	105,5															
	4	68,2	67,9	36,9	0,9	0,0	4,3	50,9	82,4															
	5	54,3	50,8	30,6	1,0	0,0	6,1	59,5	92,5															
	6	52,0	47,0	32,6	1,5	0,0	7,7	54,3	78,9															
	7	36,0	37,8	27,2	2,0	0,0	8,6	67,7	64,9															
	8	28,3	31,6	25,2	2,9	0,0	9,2	59,7	42,2															
	9	26,5	28,5	24,0	3,3	0,0	10,8	54,4	25,0															
	10	17,1	22,2	19,5	3,1	0,0	11,3	48,2	16,7															
	11	14,7	20,1	17,9	2,9	0,0	9,5	36,3	11,1															
	12	11,1	14,5	17,0	2,6	0,0	9,4	24,6	9,1															
	13	8,4	9,5	14,3	2,1	0,0	8,1	19,0	6,6															
	14	4,3	7,1	10,8	1,8	0,0	7,2	16,6	4,0															
	15	3,2	3,5	7,8	1,3	0,0	5,7	12,8	1,9															
EST		4,82	6,95	9,88	12,56						12,73	8,47	4,61											
SCOP		2,9	3,1	3,4	3,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	3,7	3,3	2,9											

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LLT + PTV														
GSHP kn	7982,2	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	
200m		1359,7	878,1	377,2	31,3	1171,4	535,3	302,2	511,1	643,6	108,9	677,8	1385,8	
55°C		0,68	0,82	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00	
		0,00	1,33	0,00	0,00						0,00	0,00	1,72	
		0,96	0,77	0,00	0,00						0,00	0,00	2,68	
		1,56	2,51	0,00	0,00						0,00	0,00	1,63	
		6,06	1,71	0,00	0,00						0,00	0,00	2,54	
		5,89	2,14	0,86	0,00						0,00	0,00	4,01	
		8,28	3,69	1,07	0,00						0,00	0,00	5,09	
		9,69	4,02	0,69	0,00						0,00	0,00	5,51	
		21,46	4,98	1,46	0,00						0,00	0,00	9,28	
		26,22	7,12	1,52	0,00						0,00	0,00	14,43	
		31,87	8,30	1,47	0,00						0,00	0,00	17,37	
		43,86	12,70	1,32	0,00						0,00	0,00	25,16	
		57,48	18,65	3,03	0,00						0,00	0,69	31,14	
		66,83	27,21	3,39	0,00						0,11	3,81	61,16	
		77,89	42,90	3,35	0,00						0,14	7,81	85,63	
		115,48	53,74	7,39	0,09						0,20	17,45	122,38	
		121,81	66,41	15,59	0,08						0,58	28,20	120,25	
		134,22	76,72	21,22	0,15						0,78	30,37	135,08	
		128,48	94,89	25,07	0,31						1,39	37,76	120,98	
		107,65	75,86	27,52	0,45						2,01	42,02	103,62	
		70,04	63,05	25,61	0,53						3,23	43,87	91,74	
		59,35	59,10	32,07	0,77						3,73	44,28	71,71	
		47,22	44,19	26,61	0,91						5,34	51,73	80,49	
		45,27	40,92	28,39	1,29						6,69	47,23	68,66	
		31,28	32,92	23,64	1,75						7,44	58,89	56,47	
		24,59	27,50	21,89	2,49						8,00	51,92	36,75	
		23,06	24,80	20,88	2,83						9,39	47,33	21,79	
		14,85	19,30	16,98	2,67						9,81	41,95	14,53	
		12,75	17,53	15,60	2,48						8,27	31,62	9,70	
		9,69	12,59	14,77	2,22						8,16	21,39	7,91	
		7,32	8,26	12,43	1,84						7,05	16,50	5,73	
		3,74	6,17	9,43	1,56						6,28	14,45	3,48	
		2,79	3,06	6,81	1,14						4,92	11,11	1,69	

Godišnja energetska analiza za primjenu dizalice topline - zrak+tlo (Geospirale 600m predgrijanje) (A6)



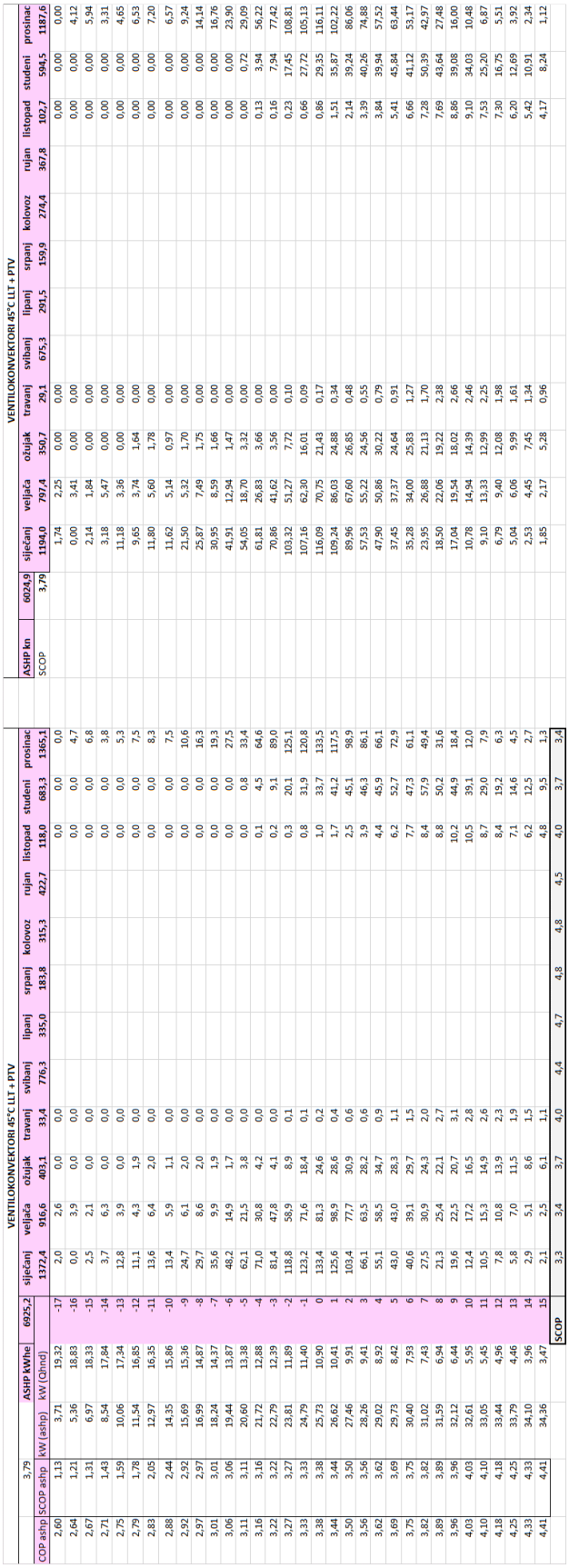
PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

		ASHP kW/he	5718,6	sječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
	4,59			1158,1	769,9	334,3	27,3	621,6	265,5	144,9	249,2	337,9	96,5	565,0	1148,5
COP ashp	SCOP ashp	kW (ashp)	kW (Qhnd)												
3,01	1,13	3,29	19,32	-17	2,0	2,6	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0
3,05	1,22	5,05	18,83	-16	0,0	3,9	0,0	0,0					0,0	0,0	4,7
3,09	1,33	6,75	18,33	-15	2,4	2,1	0,0	0,0					0,0	0,0	6,7
3,14	1,47	8,41	17,84	-14	3,6	6,1	0,0	0,0					0,0	0,0	3,7
3,18	1,66	10,02	17,34	-13	12,3	3,7	0,0	0,0					0,0	0,0	5,1
3,23	1,90	11,59	16,85	-12	10,4	4,0	1,8	0,0					0,0	0,0	7,0
3,29	2,26	13,10	16,35	-11	12,3	5,8	1,9	0,0					0,0	0,0	7,5
3,34	2,81	14,57	15,86	-10	11,6	5,1	1,0	0,0					0,0	0,0	6,6
3,40	3,40	16,00	15,36	-9	21,2	5,2	1,7	0,0					0,0	0,0	9,1
3,46	3,46	17,38	14,87	-8	25,5	7,4	1,7	0,0					0,0	0,0	13,9
3,52	3,52	18,71	14,37	-7	30,4	8,4	1,6	0,0					0,0	0,0	16,5
3,59	3,59	19,99	13,87	-6	41,1	12,7	1,4	0,0					0,0	0,0	23,5
3,65	3,65	21,23	13,38	-5	52,9	18,3	3,3	0,0					0,0	0,7	28,5
3,72	3,72	22,42	12,88	-4	60,4	26,2	3,6	0,0					0,1	3,8	54,9
3,79	3,79	23,56	12,39	-3	69,0	40,5	3,5	0,0					0,2	7,7	75,4
3,87	3,87	24,66	11,89	-2	100,4	49,8	7,5	0,1					0,2	17,0	105,7
3,94	3,94	25,71	11,40	-1	103,8	60,4	15,5	0,1					0,6	26,9	101,9
4,02	4,02	26,71	10,90	0	112,2	68,4	20,7	0,2					0,8	28,4	112,2
4,10	4,10	27,67	10,41	1	105,2	82,9	24,0	0,3					1,5	34,6	98,5
4,19	4,19	28,58	9,91	2	86,4	64,9	25,8	0,5					2,1	37,7	82,7
4,27	4,27	29,44	9,41	3	55,1	52,9	23,5	0,5					3,2	38,6	71,7
4,36	4,36	30,25	8,92	4	45,7	48,6	28,9	0,8					3,7	38,1	54,9
4,45	4,45	31,02	8,42	5	35,6	35,6	23,5	0,9					5,1	43,6	60,4
4,55	4,55	31,75	7,93	6	33,5	32,3	24,5	1,2					6,3	39,0	50,4
4,64	4,64	32,42	7,43	7	22,7	25,4	20,0	1,6					6,9	47,7	40,6
4,74	4,74	33,05	6,94	8	17,4	20,8	18,1	2,2					7,2	41,1	25,9
4,84	4,84	33,63	6,44	9	16,0	18,4	16,9	2,5					8,3	36,7	15,0
4,95	4,95	34,17	5,95	10	10,1	14,0	13,5	2,3					8,5	31,9	9,8
5,05	5,05	34,65	5,45	11	8,5	12,4	12,1	2,1					7,0	23,5	6,4
5,16	5,16	35,10	4,96	12	6,3	8,7	11,2	1,8					6,8	15,6	5,1
5,27	5,27	35,49	4,46	13	4,7	5,6	9,3	1,5					5,8	11,8	3,6
5,38	5,38	35,84	3,96	14	2,3	4,1	6,9	1,2					5,0	10,1	2,2
5,50	5,50	36,14	3,47	15	1,7	2,0	4,9	0,9					3,8	7,6	1,0
				SCOP	3,9	4,1	4,4	4,9	0,0	2,3	1,7	0,5	0,7	4,8	4,5	4,0
				To °C	-0,8	1,9	5,9	10,6	15,3	18,5	20,1	19,3	15,8	10,5	5,3	0,9

PODNO GRIJANJE 35°C LLT + PTV

ASHP kn	4975,2	sječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
SCOP	4,59	1007,5	669,8	290,8	23,7	540,8	231,0	126,1	216,8	294,0	83,9	491,5	999,2
		1,75	2,26	0,00	0,00						0,00	0,00	0,00
		0,00	3,39	0,00	0,00						0,00	0,00	4,10
		2,11	1,81	0,00	0,00						0,00	0,00	5,85
		3,09	5,32	0,00	0,00						0,00	0,00	3,22
		10,70	3,22	0,00	0,00						0,00	0,00	4,45
		9,04	3,50	1,54	0,00						0,00	0,00	6,12
		10,72	5,09	1,62	0,00						0,00	0,00	6,54
		10,09	4,46	0,84	0,00						0,00	0,00	5,71
		18,47	4,57	1,46	0,00						0,00	0,00	7,94
		22,18	6,42	1,50	0,00						0,00	0,00	12,13
		26,48	7,35	1,42	0,00						0,00	0,00	14,34
		35,79	11,05	1,25	0,00						0,00	0,00	20,40
		46,04	15,93	2,83	0,00						0,00	0,62	24,78
		52,53	22,80	3,11	0,00						0,11	3,35	47,78
		60,06	35,28	3,01	0,00						0,14	6,73	65,63
		87,34	43,34	6,52	0,09						0,20	14,75	91,98
		90,34	52,52	13,50	0,07						0,55	23,37	88,63
		97,59	59,48	18,01	0,14						0,72	24,68	97,61
		91,57	72,11	20,86	0,28						1,27	30,07	85,68
		75,19	56,49	22,44	0,40						1,79	32,79	71,92
		47,93	46,01	20,46	0,46						2,82	33,55	62,39
		39,79	42,25	25,11	0,66						3,19	33,17	47,78
		31,01	30,95	20,40	0,76						4,48	37,96	52,53
		29,12	28,06	21,32	1,05						5,50	33,94	43,89
		19,71	22,11	17,39	1,40						5,99	41,46	35,36
		15,17	18,09	15,77	1,95						6,31	35,79	22,53
		13,93	15,98	14,73	2,17						7,25	31,95	13,08
		8,78	12,17	11,73	2,01						7,42	27,73	8,54
		7,39	10,82	10,55	1,83						6,12	20,46	5,58
		5,49	7,61	9,78	1,60						5,91	13,55	4,46
		4,06	4,89	8,06	1,30						5,00	10,24	3,16
		2,03	3,58	5,99	1,08						4,36	8,78	1,88
		1,48	1,74	4,23	0,77						3,34	6,61	0,89

Godišnja energetska analiza za primjenu dizalice topline - zrak+tlo (Geospirale 600m predgrijanje) (B6)



VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV

	3,79		ASHP kWhe	6925,2	sječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
COP ashp	SCOP ashp	kW (ashp)	kW (Qhnd)		1372,4	916,6	403,1	33,4	776,3	335,0	183,8	315,3	422,7	118,0	683,3	1365,1
2,60	1,13	3,71	19,32	-17	2,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,64	1,21	5,36	18,83	-16	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7
2,67	1,31	6,97	18,33	-15	2,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
2,71	1,43	8,54	17,84	-14	3,7	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8
2,75	1,59	10,06	17,34	-13	12,8	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
2,79	1,78	11,54	16,85	-12	11,1	4,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5
2,83	2,05	12,97	16,35	-11	13,6	6,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
2,88	2,44	14,35	15,86	-10	13,4	5,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5
2,92	2,92	15,69	15,36	-9	24,7	6,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6
2,97	2,97	16,99	14,87	-8	29,7	8,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3
3,01	3,01	18,24	14,37	-7	35,6	9,9	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3
3,06	3,06	19,44	13,87	-6	48,2	14,9	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5
3,11	3,11	20,60	13,38	-5	62,1	21,5	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	33,4
3,16	3,16	21,72	12,88	-4	71,0	30,8	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	4,5	64,6
3,22	3,22	22,79	12,39	-3	81,4	47,8	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	9,1	89,0
3,27	3,27	23,81	11,89	-2	118,8	58,9	8,9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	20,1	125,1
3,33	3,33	24,79	11,40	-1	123,2	71,6	18,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	31,9	120,8
3,38	3,38	25,73	10,90	0	133,4	81,3	24,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	33,7	133,5
3,44	3,44	26,62	10,41	1	125,6	98,9	28,6	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	41,2	117,5
3,50	3,50	27,46	9,91	2	103,4	77,7	30,9	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	45,1	98,9
3,56	3,56	28,26	9,41	3	66,1	63,5	28,2	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	3,9	3,9	46,3	86,1
3,62	3,62	29,02	8,92	4	55,1	58,5	34,7	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	4,4	4,4	45,9	66,1
3,69	3,69	29,73	8,42	5	43,0	43,0	28,3	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	6,2	6,2	52,7	72,9
3,75	3,75	30,40	7,93	6	40,6	39,1	29,7	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	7,7	7,7	47,3	61,1
3,82	3,82	31,02	7,43	7	27,5	30,9	24,3	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	8,4	8,4	57,9	49,4
3,89	3,89	31,59	6,94	8	21,3	25,4	22,1	2,7	2,7	0,0	0,0	0,0	8,8	8,8	50,2	31,6
3,96	3,96	32,12	6,44	9	19,6	22,5	20,7	3,1	3,1	0,0	0,0	0,0	10,2	10,2	44,9	18,4
4,03	4,03	32,61	5,95	10	12,4	17,2	16,5	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	10,5	10,5	39,1	12,0
4,10	4,10	33,05	5,45	11	10,5	15,3	14,9	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0	8,7	8,7	29,0	7,9
4,18	4,18	33,44	4,96	12	7,8	10,8	13,9	2,3	2,3	0,0	0,0	0,0	8,4	8,4	19,2	6,3
4,25	4,25	33,79	4,46	13	5,8	7,0	11,5	1,9	1,9	0,0	0,0	0,0	7,1	7,1	14,6	4,5
4,33	4,33	34,10	3,96	14	2,9	5,1	8,6	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	6,2	6,2	12,5	2,7
4,41	4,41	34,36	3,47	15	2,1	2,5	6,1	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	4,8	4,8	9,5	1,3
				SCOP	3,3	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	4,8	4,8	4,5	4,0	3,7	3,4

VENTILOKONVEKTORI 45°C LLT + PTV

ASHP kn	6024,9	sječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
SCOP	3,79	1194,0	797,4	350,7	29,1	675,3	291,5	159,9	274,4	367,8	102,7	594,5	1187,6
		1,74	2,25	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
		0,00	3,41	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	4,12
		2,14	1,84	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	5,94
		3,18	5,47	0,00	0,00						0,00	0,00	3,31
		11,18	3,36	0,00	0,00						0,00	0,00	4,65
		9,65	3,74	1,64	0,00						0,00	0,00	6,53
		11,80	5,60	1,78	0,00						0,00	0,00	7,20
		11,62	5,14	0,97	0,00						0,00	0,00	6,57
		21,50	5,32	1,70	0,00						0,00	0,00	9,24
		25,87	7,49	1,75	0,00						0,00	0,00	14,14
		30,95	8,59	1,66	0,00						0,00	0,00	16,76
		41,91	12,94	1,47	0,00						0,00	0,00	23,90
		54,05	18,70	3,32	0,00						0,00	0,72	29,09
		61,81	26,83	3,66	0,00						0,13	3,94	56,22
		70,86	41,62	3,56	0,00						0,16	7,94	77,42
		103,32	51,27	7,72	0,10						0,23	17,45	108,81
		107,16	62,30	16,01	0,09						0,66	27,72	105,13
		116,09	70,75	21,43	0,17						0,86	29,35	116,11
		109,24	86,03	24,88	0,34						1,51	35,87	102,22
		89,96	67,60	26,85	0,48						2,14	39,24	86,06
		57,53	55,22	24,56	0,55						3,39	40,26	74,88
		47,90	50,86	30,22	0,79						3,84	39,94	57,52
		37,45	37,37	24,64	0,91						5,41	45,84	63,44
		35,28	34,00	25,83	1,27						6,66	41,12	53,17
		23,95	26,88	21,13	1,70						7,28	50,39	42,97
		18,50	22,06	19,22	2,38						7,69	43,64	27,48
		17,04	19,54	18,02	2,66						8,86	39,08	16,00
		10,78	14,94	14,39	2,46						9,10	34,03	10,48
		9,10	13,33	12,99	2,25						7,53	25,20	6,87
		6,79	9,40	12,08	1,98						7,30	16,75	5,51
		5,04	6,06	9,99	1,61						6,20	12,69	3,92
		2,53	4,45	7,45	1,34						5,42	10,91	2,34
		1,85	2,17	5,28	0,96						4,17	8,24	1,12

Godišnja energetska analiza za primjenu dizalice topline - zrak+tlo (Geospirale 600m predgrijanje) (C6)

NISKOTEMPERATURNI RADIJATORI 55°C LLT + PTV

	3,07			8561,0	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac			7448,0	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
COP ashp	SCOP ashp	kW (ashp)	ASHP kWhe	kW (Qhrnd)	1670,5	1117,1	495,8	41,6	982,1	428,3	236,2	404,2	535,7	146,6	841,1	1661,8	ASHP kn	SCOP	3,07	1455,3	971,9	431,3	36,2	854,5	372,6	205,5	351,6	466,0	127,5	731,8	1445,7
2,15	1,12	3,79	19,32	-17	2,0	2,6	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0				1,77	2,28	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
2,18	1,18	5,23	18,83	-16	0,0	4,0	0,0	0,0						0,0	0,0	4,9				0,00	3,52	0,00	0,00						0,00	0,00	4,25
2,22	1,25	6,62	18,33	-15	2,6	2,2	0,0	0,0						0,0	0,0	7,2				2,25	1,94	0,00	0,00						0,00	0,00	6,25
2,25	1,33	7,98	17,84	-14	3,9	6,8	0,0	0,0						0,0	0,0	4,1				3,42	5,89	0,00	0,00						0,00	0,00	3,56
2,28	1,43	9,30	17,34	-13	14,2	4,3	0,0	0,0						0,0	0,0	5,9				12,38	3,73	0,00	0,00						0,00	0,00	5,15
2,32	1,56	10,58	16,85	-12	12,7	4,9	2,2	0,0						0,0	0,0	8,6				11,07	4,28	1,89	0,00						0,00	0,00	7,49
2,35	1,71	11,81	16,35	-11	16,3	7,7	2,5	0,0						0,0	0,0	9,9				14,16	6,72	2,14	0,00						0,00	0,00	8,64
2,39	1,91	13,01	15,86	-10	17,0	7,5	1,4	0,0						0,0	0,0	9,6				14,82	6,55	1,24	0,00						0,00	0,00	8,38
2,43	2,19	14,17	15,36	-9	33,0	8,2	2,6	0,0						0,0	0,0	14,2				28,73	7,10	2,27	0,00						0,00	0,00	12,34
2,46	2,46	15,29	14,87	-8	35,8	10,4	2,4	0,0						0,0	0,0	19,6				31,13	9,01	2,10	0,00						0,00	0,00	17,02
2,50	2,50	16,37	14,37	-7	42,8	11,9	2,3	0,0						0,0	0,0	23,2				37,27	10,34	2,00	0,00						0,00	0,00	20,19
2,54	2,54	17,41	13,87	-6	58,1	17,9	2,0	0,0						0,0	0,0	33,1				50,51	15,59	1,77	0,00						0,00	0,00	28,80
2,58	2,58	18,41	13,38	-5	74,9	25,9	4,6	0,0						0,0	1,0	40,3				65,20	22,56	4,01	0,00						0,00	0,87	35,10
2,62	2,62	19,37	12,88	-4	85,8	37,3	5,1	0,0						0,2	5,5	78,0				74,65	32,41	4,42	0,00						0,16	4,75	67,90
2,66	2,66	20,29	12,39	-3	98,5	57,9	4,9	0,0						0,2	11,0	107,6				85,69	50,33	4,30	0,00						0,20	9,60	93,63
2,70	2,70	21,17	11,89	-2	143,8	71,4	10,7	0,1						0,3	24,3	151,5				125,13	62,09	9,35	0,13						0,28	21,13	131,78
2,74	2,74	22,01	11,40	-1	149,4	86,9	22,3	0,1						0,9	38,6	146,6				130,00	75,58	19,42	0,11						0,80	33,63	127,54
2,78	2,78	22,81	10,90	0	162,2	98,8	29,9	0,2						1,2	41,0	162,2				141,08	85,98	26,04	0,20						1,04	35,67	141,11
2,83	2,83	23,57	10,41	1	152,9	120,4	34,8	0,5						2,1	50,2	143,1				133,01	104,75	30,30	0,41						1,84	43,68	124,47
2,87	2,87	24,29	9,91	2	126,2	94,8	37,7	0,7						3,0	55,0	120,7				109,77	82,48	32,76	0,58						2,62	47,88	105,00
2,91	2,91	24,97	9,41	3	80,9	77,6	34,5	0,8						4,8	56,6	105,3				70,35	67,52	30,03	0,68						4,14	49,23	91,57
2,96	2,96	25,61	8,92	4	67,5	71,7	42,6	1,1						5,4	56,3	81,0				58,71	62,34	37,04	0,97						4,71	48,95	70,50
3,00	3,00	26,21	8,42	5	52,9	52,8	34,8	1,3						7,6	64,7	89,6				46,01	45,92	30,27	1,12						6,64	56,32	77,94
3,05	3,05	26,78	7,93	6	49,9	48,1	36,6	1,8						9,4	58,2	75,3				43,46	41,88	31,82	1,57						8,21	50,65	65,49
3,09	3,09	27,30	7,43	7	34,0	38,1	30,0	2,4						10,3	71,5	61,0				29,58	33,19	26,10	2,10						8,99	62,22	53,06
3,14	3,14	27,78	6,94	8	26,3	31,4	27,4	3,4						10,9	62,1	39,1				22,90	27,31	23,80	2,94						9,52	54,04	34,02
3,19	3,19	28,22	6,44	9	24,3	27,9	25,7	3,8						12,6	55,8	22,8				21,16	24,27	22,37	3,30						11,00	48,53	19,87
3,24	3,24	28,63	5,95	10	15,4	21,4	20,6	3,5						13,0	48,7	15,0				13,42	18,60	17,92	3,07						11,33	42,37	13,05
3,28	3,28	28,99	5,45	11	13,1	19,1	18,6	3,2						10,8	36,2	9,9				11,36	16,64	16,22	2,81						9,41	31,47	8,58
3,33	3,33	29,31	4,96	12	9,8	13,5	17,4	2,8						10,5	24,1	7,9				8,50	11,78	15,13	2,48						9,14	20,97	6,90
3,38	3,38	29,59	4,46	13	7,3	8,7	14,4	2,3						9,0	18,3	5,7				6,33	7,61	12,55	2,02						7,79	15,94	4,92
3,43	3,43	29,84	3,96	14	3,7	6,4	10,8	1,9						7,8	15,8	3,4				3,18	5,60	9,38	1,69						6,83	13,75	2,94
3,49	3,49	30,04	3,47	15	2,7	3,1	7,7	1,4						6,1	12,0	1,6				2,34	2,74	6,67	1,22						5,27	10,42	1,41
				SCOP	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	3,8	3,7	3,5	3,2	3,0	2,8															

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad samostalno izradila uz korištenje navedene literature.

_____

Amalia Lekić, N121

U Zagrebu, 21. rujna 2015.