4/2.4 TEHNIČNO POROČILO

4/2 Ogrevanje in hlajenje

1. TEHNIČNI OPIS

1.1 UVOD

Predvidena novogradnja Fakultete za farmacijo, Univerze v Ljubljani na lokaciji katarstrske občine Brdo na parc. št. 1706,1707/3,1707/4 in 1820/6 je zasnovana kot samostojni objekt in obsega klet, pritličje z medetažo, prvo in drugo nadstropje ter terasno etažo.

Po naročilu naročnika se bo objekt gradil fazno kot sledi z opisom:

1. faza: podzemni del, ki predvideva izvedbo gradbenih betonskih del celotne kletne medetaže vključno s kletnimi medetažami ter izvedbo obeh zaklonišč z vsemi vgradnimi deli, izvedbo vseh betonskih del na severnem dvorišču – prezračevalnih kinet in stolpov, vsa gradbena dela za izvedbo evakuacijskega stopnišča iz garaže in pripadajočih ureditev za izvedbo nadstrešnic. Stopniščne rame iz kletne do pritlične etaže se bodo izvajalec v 2. fazi. V 1. fazo izvedbe sodi tudi izvedba geosond z zbirnimi jaški pod temeljno ploščo (načrt s področja strojništva) ter vseh uvodnic za kasnejši dovod komunalnih vodov v klet objekta.

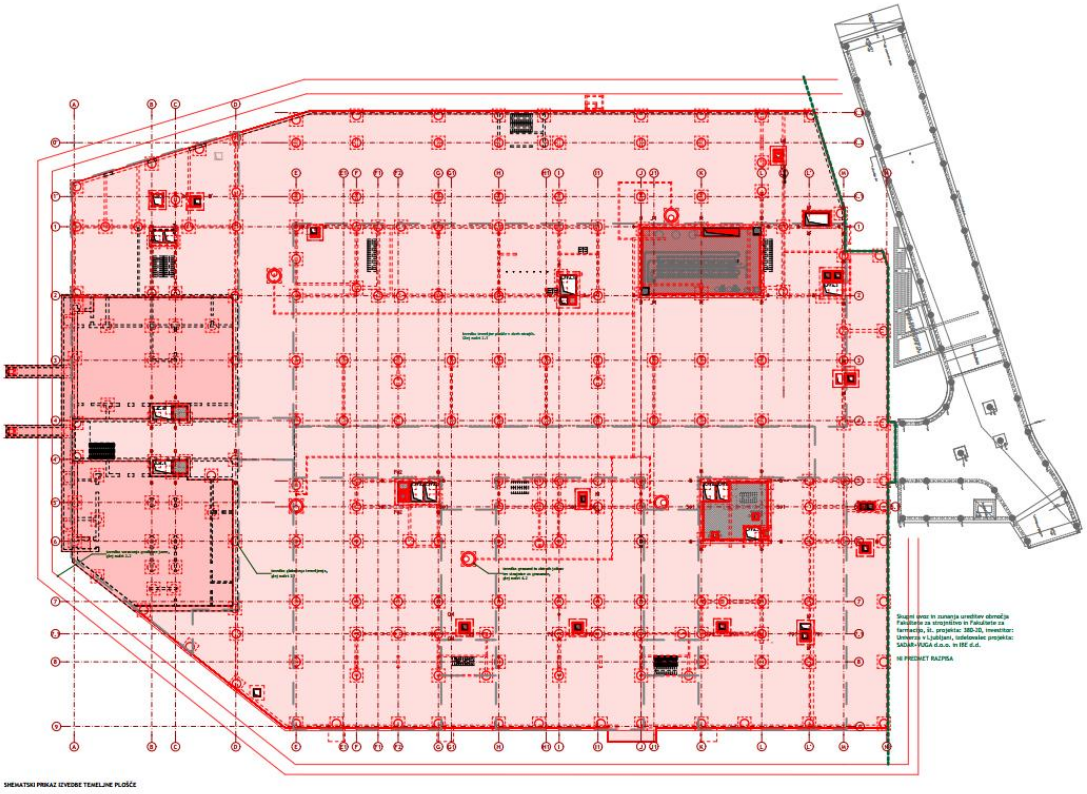
2. faza: nadzemni del, ki zajema izvedbo vseh gradbenih in obrtniških del nad ploščo pritličja ter izvedbo stopniščnih ram iz kletne etaže do vrha objekta. V 2. fazi se izvedejo tudi vsa obrtniška dela (skladno z obsegom v popisu del) v podzemnem delu objekta, vključno z izvedbo instalacij ter priključkov na javno gospodarsko infrastrukturo ter dokončanje izvedbe zaklonišč za zaklonilni namen.

V 1. fazi izvedbe se izvede gradbena dela za kletno etažo skladno z načrti gradbenih konstrukcij in načrti arhitekture – izvedba kletne etaže vključno z zaklonišči pod IC objektom. Obrtniška dela se izvedejo v 2. fazi gradnje.

Shematski prikaz razmejitve faz gradnje:



Shematski prikaz podzemnega dela stavbe FFA (obarvano z rdečo je predmet izvedbe v 1. fazi):



Sestavni del DZR dokumentacije za 1. fazo izvedbe je komplet PZI dokumentacija za objekta FFA, oktober 2024, čistopis november 2025.

1.2 1. FAZA IZGRADNJE SISTEMA IZKORIŠČANJA PLITVE GEOTERMALNE ENERGIJE-GEOSOND

ENERGETSKO POLJE GEOSOND

Za izkoriščanje plitve geotermalne energije je predvidena instalacija 147 (stosedeminštiridesetih) geosond do globine 150m od kote današnjega terena na lokaciji. V študiji se je zaradi programskih omejitev v definiranju rastra inštalacije obravnavalo 150 geosond.
Število in globina inštalacije geosond izhajata iz rezultatov raziskav in opravljenega testa TRT, (Thermal Response Test – test toplotne odzivnosti) na lokaciji, kot so opisani v »Končnem elaboratu za zajem plitve geotermalne energije za FFA« za sistem geosond, št.3018595 januar 2023, ki ga izdelalo projektantsko podjetje IRGO Consulting d.o.o. iz Ljubljane. Vse druge kvalitativne lastnosti, sestave in drugi parametri podzemnih plasti (podtalja), ki vplivajo na toplotni prenos iz zemlje na prenosni medij energetike objekta so natančno opisani v omenjenem elaboratu. Poleg testa TRT, je bila za lokacijo FFA in FS skupaj izdelana numerična analiza optimizacije polja geosond na podlagi izhodiščnih podatkov o mesečnih toplotnih močeh potrebnih za ogrevanje in hlajenje objekta, kot smo jih posredovali izdelovalcu analize IRGO načrtovalci strojnih inštalacij HVAC. Cilj tovrstne analize je letno uravnoteženje toplotne obremenitve zemljine na lokaciji.

Tabela 1: Predvidena raba energije in obremenitev na vir za FFA z upoštevanim COP= 4,52

Mesec	Obremenitev na vir **[**kW**]**	**Raba energije [M**Wh**]**
Januar	850	197
Februar	817	172
Marec	748	175
April	499	112
Maj	-709	-142
Junij	-1.091	-220
Julij	-1.437	-295
Avgust	-1.080	-221
September	-1.081	-218
Oktober	624	146
November	773	175
December	953	221
SKUPAJ ogrevanje	5.265	1.198

SKUPAJ hlajenje	-5.399	-1.097

Na podlagi teh vhodnih projektnih podatkov je bila opravljena analiza in dimenzioniranje polja geosond. Natančen pregled rezultatov in postopkov je na razpolago v Elaboratu, sledi pa razpredelnica s pregledom rezultatov in lastnosti polja geosond, ki se jih bo upoštevalo pri nadaljnem načrtovanju.

Tabela 2: Glavne lastnosti predvidenih geosond

	FFA
Število geosond	150
Raster geosond	14 x 11
Razdalja (pogojena s piloti)	8m x 8.4m
Velikost parcele [m x m]	90 x 110
T_{min} hladiva [°C]	-8
T_{max} hladiva [°C]	26
Tip geosonde	dvojna zanka
Premer geosonde [mm]	150/250
Premer u-cevi [mm]	32
Debelina u-cevi	3
Razmik med cevmi [mm]	83
Material zapolnitve, cementacija	Termo cementna masa
Dolžina geosond [m] (pod talno ploščo)	142,5
Hladivo	voda : propilen glikol 33% zmrzuje pri -17°C
Pretok skozi eno geosondo, skupno za obe cevi U-zanke [l/s]	1,05 (nelaminarni tok)
COP	4,52
EER	3,38

Na podlagi zgornjih rezultatov in ostalih zaključkov študije se je projektno izbral tip geosonde z dvojno zanko PEHD cevi d32x3.0 in povezovalnimi cevmi d50 od vrtine do razdelilnih jaškov. Tu velja omeniti posebnost povezave na podlagi katere se je optimiziralo število zbiralnih jaškov iz 10 jaškov iz IDP na 5 jaškov. Zaradi izredno dolgih razdalj povezovalnih cevi, ki so nastale zaradi zmanjšanja števila jaškov se je povečalo dimenzijo povezovalne cevi posamezne geosonde iz d40 na d50 s čimer se je doseglo ustrezen tlačni padec v povezovalni cevi. Medij za prenos energije je izbrana mešanica voda/propilen glikol v razmerju 75/25%.

Ostali izračuni geosond so razvidni iz tehničnih izračunov.

Priprava delovnega platoja za stroje za izvedbo geosond.
Geosonde ne bo možno izvajati iz istega delovnega platoja kakor pilote, ker bi bil potem odkop izredno oviran in bilo bi preveč nevarno, da se pri tem poškoduje geosonde. Geosonde bo potrebno izvajati med pilot na koti pod dnom temeljne plošče in sicer na dnu pod temeljno ploščo objekta, kjer je potrebno pripraviti delovni plato za izdelavo in razvod geosond. Predvidoma je potrebno pod dnom temeljne plošče odkopati minimalno 30 cm materiala in položiti nosilni in ločilni geosintetik ter nazaj zasuti delovni plato in nasipnega materiala za stroj za geosonde in za razvod geosond. Navodila kako se izdela plato in kaka je nosilnost delovnega platoja morajo biti definirana v tehnološko ekonomskem elaboratu za izdelavo geosond, ki ga izdela izvajalec in ga morajo potrditi projektanti (strojna in gradbena stroka) geosond.

Specialni standardi za gradnjo sistema geosond, ki se upoštevajo pri gradnji:

DIN 1054	Gradbeno zemljišče - Varnostne analize pri zemeljskih delih in temeljenju
DIN 4123	Izkopavanja, temeljenje in podpiranje na območju obstoječih stavb
DIN 4124	Gradbene jame in jarki - nasipi, obloge, širine delovnega prostora
DIN 4084	Izračuni za gradbeno zemljišče, teren in nasipe
ATV-A 127	Smernice za statični izračun odtočnih kanalov in cevi

Viri:
Kurevija, T.; Kalantar, A.; Macenić, M.; Hranić, J. Investigation of Steady-State Heat Extraction Rates for Different Borehole Heat Exchanger Configurations from the Aspect of Implementation of New TurboCollector™ Pipe System Design. *Energies* **2019**, *12*, 1504. https://doi.org/10.3390/en12081504

ARMATURE, CEVI, IZOLACIJA, PREIZKUSI

IZVEDBA INSTALACIJ POLJA GEOSOND Z RAZVODOM DO TEHNIČNE STROJNICE NA KOTI -8,6m

Cevni razvodi glikolne mešanice vključno z geosondami (odslej GS) so predvideni iz PE 100-RC (cev z zaščitnimi lastnostmi), črne barve, SDR 11. Zbiralno / razdelilni jaški geosond so tovarniško izdelani iz PE100 premera Ø1500mm z vso opremo za nemoten dostop do razdelilcev geosond. Vgradnja jaškov je usklajena z gradbenimi načrti priprave za temeljenje in pritrditev jaškov. V tej 1. fazi se izdelajo vsa vrtanja z instalacijo duplex geosond v vrtino s termičnim polnilom, povezave GS do zbiralnih jaškov in razvodom cevi od jaškov do strojnice. Vstop v strojnico je izveden z PE cevmi kjer se tik za vstopom izvede prehod na jeklene brezšivne cevi ter zaključi z blindiranimi zapornimi loputami DN200. Polaganje vseh cevnih razvodov se izvaja s predvidenim gradbenim elaboratom na mehko peščeno posteljico z vsemi varovanji pred poškodbami med gradnjo in v obratovanju.

POLNJENJE SISTEMA GEOSOND

Sistem geosond se polni s 25% mešanico propilen glikol/voda. Zaradi velike količine ob prvi polnitvi (cca. 67.000l) je potrebno tega pripeljati pripravljenega npr. v avtocisternah na objekt in ga napolniti v cevni razvod. Mešanica mora biti finalno pripravljena z dodatki proti koroziji.

VARNOSTNI VENTILI IN EKSPANZIJSKE POSODE

Celotni sistem glikolne mešanice na primarni strani toplotnih črpalk varujemo z membranskimi ekspanzijskimi posodami. V tej fazi se inštalira eno izmed predvidenih štirih ekspanzijskih posod volumna 1000 litrov, tako kot je prikazano v shemi geosond. Poleg ekspanzijske posode se vgradi na cevni napeljavi še varnostni ventil DN25 za varovanje cevnih razvodov geosond pred nepredvidenim porastom tlaka.

TLAČNI IN TESNOSTNI PREIZKUS

Celotni sistem geosond se tako napolnjen tlačno in tesnostno preizkusi, vendar se pred tem opravi parcialne tesnostne preizkuse po tem vrstnem redu:

1. Po vrtanju in vgradnji duplex geosond v vrtino se opravi tesnostni preizkus z zrakom. Po uspešno opravljenem preizkusu se geosonde napolni in preplakne z vodo.
2. Po povezavi geosond z razdelilcem se opravi dopolnjevanje z glikolom do mešanice W/propilen glycol 75/25%. Tako napolnjen sistem gesond in povezovalnih cevi do razdelilcev se preizkusi na tesnost in tlak.
3. Po uspešno opravljenem preizkusu iz točke 2. se poveže jaške GS do strojnice, napolni sistem z mešanico W/propilen glycol 75/25% in opravi tlačno tesnostni preizkus po spodnjem opisu.

<u>Preskus tesnosti</u>
Izvajalec mora pred zasutjem inštalacij izvesti tesnosti preskus tako napolnjene inštalacije geosond

V najvišji točki sistema je treba sistem odzračiti. Ko se sistem napolni in odzrači, se celoten sistem vizualno pregleda.
Po izvedbi preskusa se izvede zapisnik z naslednjimi podatki:

- datum preskusa,
- podatki o sistemu (najvišji delovni tlak, lokacija sistema itd.),
- tlak preskusa,
- trajanje preskusa in
- potrditev, da je sistem tesen.

<u>Tlačni *preskus*</u>

Preskusni tlak znaša 1,3-kratnik predvidenega delovnega tlaka sistema. V našem primeru je ta max. 6,0 bar.

Pred izvedbo preskusa je treba:

- popolnoma odzračiti sistem;
- preveriti, ali je preskus primeren za obravnavani objekt;
- preveriti, ali je predvideni preskusni tlak primeren za višje stavbe, na vertikalah mora biti sistem razdeljen na način, da v nobenem primeru ne pride do višjega tlaka kakor
- 1,3-kratnika predvidenega delovnega tlaka; in
- preveriti, ali je celoten sistem prosto dosegljiv.

Pri izvedbi tlačnega preskusa je treba:
- zapreti vse ventile na koncu sistema;
- preveriti, ali je odzračen sistem na najvišji točki; in
- preveriti, če merilni inštrument dela, če je kalibriran ter če ima ustrezno merilno območje.

Po izvedbi preskusa sledijo:
- znižanje tlaka,
- blindiranje cevnega sistema na mestu vstopa v strojnico

Pri izvedbi tlačnega preskusa je treba imenovati osebo, ki bo odgovorna za izvedbo preskusa. Imenovana odgovorna oseba mora biti ves čas preskusa prisotna.
Odgovorna je za pripravo na tlačni preskus, potek tlačnega preskusa in znižanje tlaka na okoliški tlak.

Vse fleksibilne povezave morajo biti ustrezno pritrjene.

V nobenem primeru se ne sme preverjati sistem s kladivom.

Po izvedbi predhodnega preskusa sledi izvedba tlačnega preskusa, skladno z zgornjim opisom.

Po izvedbi preskusa se izvede zapisnik z naslednjimi podatki:
- datumom preskusa,
- podatki o sistemu (najvišji delovni tlak, lokacija sistema itd.),
- tlakom preskusa,
- trajanjem preskusa in
- imenom in priimkom osebe, ki je izvedla preskus.

ZAKLJUČEK

Poleg tega poročila je potrebno upoštevati pri vgradnji geosond:
- gradbene načrte ureditve gradbene jame in izdelave nosilnih konstrukcijskih pilotov
- Končni elaborat za zajem plitve geotermalne energije za FFA št. 3018595 iz januarja 2023 ki ga je izdelalo podjetje IRGO Consulting d.o.o. iz Ljubljane

Ljubljana, 21.11.2025

Zapisal:
Iztok Ipavec, S-0572