



Janno Vanmik

**KÜTTEAUTOMAAATIKA
PROJEKTEERIMINE JA
PAIGALDUSJÄRGNE KONTROLL**

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Elektritehnika eriala

Tallinn 2023

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina,
Janno Vanmik

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendajad (nimi, allkiri): Andrei Rudz, Kristjan Kookmaa

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Janno Vanmik

sünnikuupäev: 09.12.1995

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Kütteautomaatika projekteerimine ja paigaldusjärgne kontroll

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, allkirjastatud digitaalselt.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ETTEVÕTTE JA PROJEKTI TUTVUSTUS.....	6
1.1. Ettevõtte tutvustus	6
1.2. Projekti tutvustus	7
2. PROJEKTI KOOSTAMINE.....	9
2.1. Seadused ja standardid.....	9
2.2. Modbus	9
2.2.1. Mis on BMS	10
2.3. Plaanijoonis	10
2.4. Kilbi joonised	14
2.5. Tüüpskeemid	16
2.6. Kaablitabel.....	16
3. KASUTATAVAD SEADMED JA KAABLID.....	17
3.1. Modbus kontrolleri	17
3.2. Termostaadid	17
3.3. Seinaandur	19
3.4. Kaablid.....	20
4. PAIGALDUSJÄRGNE KONTROLL	24
4.1. Kontrolltabeli koostamine	25
4.2. Paigalduse kontroll	25
4.2.1. Testi tulemused	26
4.3. Küttekontuuride kontroll	26
4.3.1. Testi tulemused	27
4.4. Oletuslikud vead teistel korrustel	29
4.5. Kulu ettevõttele.....	30
4.5.1. Tõenäoline kulu teistel korrustel	31
4.6. Tulemused ja soovitused	32
KOKKUVÕTE.....	33
SUMMARY	35
VIIDATUD ALLIKAD.....	37
LISAD	39
Lisa 1. Esimese korruse kütteautomaatika plaanijoonis.....	40

Lisa 2. Automaatikakilbi joonis 1	41
Lisa 3. Automaatikakilbi joonis 2	42
Lisa 4. Automaatikakilbi joonis 3	43
Lisa 5. Automaatikakilbi joonis 4	44
Lisa 6. Tüüpskeem TS-1	45
Lisa 7. Tüüpskeem TS-2	46
Lisa 8. Tüüpskeem TS-3	47
Lisa 9. Esimese korruse kaablitabel	48
Lisa 10. Pilt kollektorikapist	49
Lisa 11. Pildid peale kontuuri avamist	50
Lisa 12. Täidetud kontrolltabel	51
Lisa 13. Pildid kontuuri vale paiknemise kohta	52
Lisa 14. Automaatne kulu arvutamise tabel esimese korruse tulemustega	53

SISSEJUHATUS

Lõputöö autor otsustas oma uurimistöö teemaks valida küttekontuuride markeerimisega seotud probleemid, mille ta oli märganud ettevõttes töötades. Nimelt oli autor täheldanud, et küttekontuuride markeerimisel esineb arvukalt vigu, mis omakorda toovad kaasa vajaduse nende vigade kõrvaldamiseks pärast objekti kliendile üleandmist.

Lõputöö eesmärgiks on koostada Keila Haigla ühele korpusele kütteautomaatika paigaldusplaan ja teostada eelmises projektis valminud kütteautomaatikale paigaldusjärgne kontroll, mille tulemusena saadakse teada objektil tehtavate vigade hulk ja kulu vigade likvideerimiseks. Kontrolli tulemuste põhjal saab ettevõtte arvestada tulevastel projektidel.

Lõputöö on jagatud autori poolt nelja suuremasse teemasse, kus kirjeldatakse erinevaid töö käike. Esimene teema annab ülevaate ettevõttest, kus lõputöö autor oma töö koostas. Lisaks kirjeldab autor veel eelnevalt tehtud projekte antud haiglale, kuna projekte tehakse korpuste osade kaupa. Teises peatükis kirjeldab autor automaatikaprojekti koostamise protsessi. Antakse ülevaade erinevate jooniste koostamise põhimõtetest Kolmandas peatükis kirjeldab autor tema poolt projekteerimisel kasutatud seadmeid ja kaableid. Neljandas peatükis teostab autor paigaldusjärgse kontrolli ja leiab rahalise kulu ettevõtte probleemide kõrvaldamiseks.

1. ETTEVÕTTE JA PROJEKTI TUTVUSTUS

1.1. Ettevõtte tutvustus

Lõputöö käesolevas osas tutvustatakse ettevõtet DeltaE Insenerid OÜ, milles lõputöö autor on töötanud üle aasta aja. Ettevõtte tegevusvaldkonnad, ajalugu ja pakutavad teenused on olulised taustateadmised, mis aitavad mõista lõputöö konteksti ja autori rolli ettevõttes.

Autori tööülesanded on valdkondades valgustus ja hooneautomaatika. Valgustuse valdkonnas tegeleb autor DALI valguse seadistamise ja programmeerimisega, ning hooneautomaatikas projekteerimise, seadistamise ja rikete kõrvaldamisega.

DeltaE eelnev nimi oli Hoiame Kokku Grupp, mis asutati kahe ajateenija poolt aastal 2013. Esmalt alustatid elektri müügiga eraklientidele. Kahjuks ei olnud esimene plaan edukas, seega keskenduti energiatarbimise vähendamisele. [1]

Alguses keskendus ettevõtte neljale valdkonnale – vesi, küte, valgus ja monitooring. Energiakokkuhoidu pakuti eraklientidele, kuid aastaga saadi aru, et suurema turu leiab äriklientide sektorist. [1]

Nüüdseks on DeltaE Inseneribüroo ettevõtte, mis pakub energia- ja ressursitõhusaid täislahendusi äriklientidele. Ettevõtte pakutavad lahendused saavutavad tasuvuse kuni viie aasta jooksul ja võimalikku kokkuhoidu kuni 90%. [1]



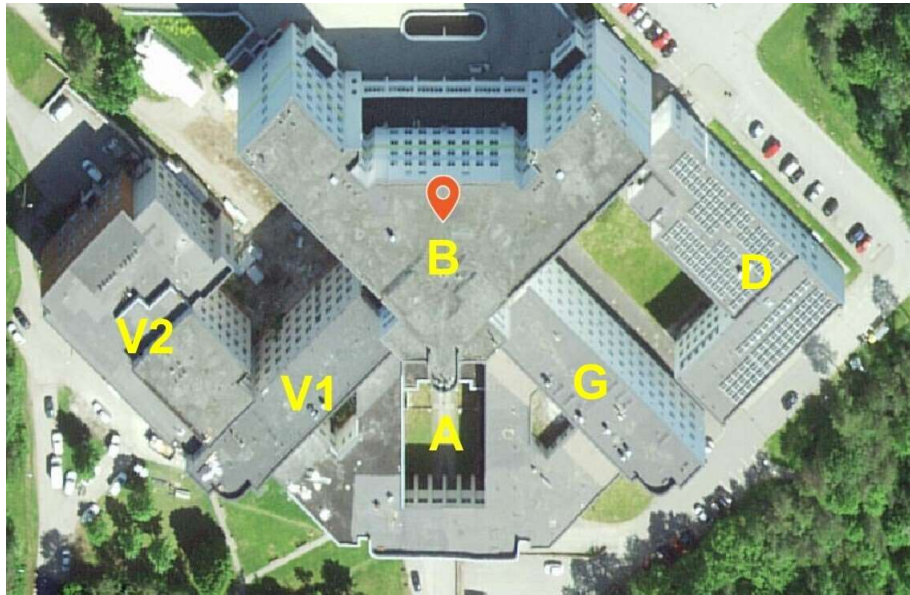
Joonis 1. DeltaE valdkonnad [1]

Lõputöö tulemused võivad olla kasulikud nii DeltaE Insenerid OÜ-le kui ka teistele ettevõtetele, kes tegelevad hooneautomaatikaga. Töö tulemused võivad aidata kaasa uute tehniliste lahenduste väljatöötamisele, energiatõhususe parandamisele ja keskkonnamõju vähendamisele.

1.2. Projekti tutvustus

Lõputöös käsitletavas haiglas tehakse täielikku renoveerimine. Hoone uuendamine toimub osadena, kuna hoone on pidevas kasutuses. Varasemalt on maja B osas (Joonis 2) tehtud autori ettevõtte poolt hooneautomaatika projekt ja paigaldus teise korruse kontoriruumides. Null korrusel teostati valgustuse projekteerimine ja paigaldus köögis ja koridorides. B korpusesse paigaldati ka DeltaE poolt esimene automaatika kilp, kuhu tehti ka esimene BMS (*Building Management System*). Tellija üheks nõudeks on see, et kõik uued tehtud tööd peab siduma olemasoleva BMS süsteemiga.

Järgmise etapina loodi hooneautomaatika projekt ja teostati paigaldus haigla V1 korpuse osale (Joonis 2), kus toimub täielik renoveerimine alustades null korrusest lõpetades viienda korrusega. Hoone kõikidele korrustele tehti hooneautomaatika ja valgustuse projekt, mille alusel toimus ka paigaldus.



Joonis 2. Hoone osade tutvustus [2]

Järgmise etapina võeti ette renoveerimistööd haigla V2 osas. Renoveerimine hõlmas kõiki viit korrust ning oli suunatud haigla infrastruktuuri ja tehniliste süsteemide uuendamisele. Renoveerimistööde käigus tehti olulisi muudatusi nii ruumide planeeringus kui ka tehnilistes lahendustes, et tagada haigla patsientidele ja töötajatele paremad tingimused ning optimeerida energiakasutust.

Lõputöö autoril tööülesandeks oli koostada selles etapis viie korruse kütteautomaatika paigaldusplaan koos kilbi joonise, tüüpskeemide ja kaablitabeliga.

2. PROJEKTI KOOSTAMINE

2.1. Seadused ja standardid

Kütteautomaatika projekti koostamiseks on vaja jälgida standardeid ja Eestis kehtivaid seaduseid.

Autor jälgib projekti koostamisel järgmisi seadusi ja standardeid:

- Ehitusseadustik;
- EVS-HD 60364 Ehitiste elektripaigaldised; Madalpingelised elektripaigaldised;
- EVS-EN 60529 „Ümbristega tagatavad kaitseastmed (IP-kood)“;
- EVS 932:2017 „Ehitusprojekt“;
- EVS-EN 15232-1:2017 „Hoonete energiatõhusus - mõju hoone automaatikale, juhtimisele ja tehnilisele haldamisele“;
- EVS 812-7:2018 p.8.1.13 tabelile 1. „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele“.

Lisaks ülaltoodud seadustele ja standarditele võib kütteautomaatika projekteerimisel olla vajalik järgida ka muid tehnilisi norme, juhiseid ja spetsifikatsioone, mis on seotud konkreetse hoone või projekti eripäradega. Oluline on tagada, et kütteautomaatika projekteerimine oleks kooskõlas kõigi kehtivate õigusaktide ja tehniliste nõuetega, et tagada hoone ohutus, energiatõhusus ja mugavus.

2.2. Modbus

Modbus on tööstuslik sideprotokoll, mis võimaldab automaatikaseadmetel omavahel suhelda. Modbus süsteemis kasutavad seadmed päring-vastuse protokoll, milles üks seade on ülem (*master*) ja teine alam (*slave*). Sellist suhtlust nimetatakse ülem-alam suhtluseks, mis toimub alati paarikaupa. Automaatikaseadmetes ülem seade on alati vastutav suhtluse alustamises ja alam seade peab vastama.

[3]

Näiteks võib tuua DeltaE Inseneride poolt välja töötatud hooneautomaatika süsteemi juhtimiseks mõeldud veebipõhise arvutiprogrammi. Selles süsteemis toimib arvutiprogramm ülemseadmena, mis suhtleb objektile olevate alamseadmetega, nagu termostaadid ja andurid. Arvutiprogramm saadab Modbus protokolliga abil päringuid alamseadmetele, et saada teavet näiteks temperatuuri, niiskuse, valgustuse ja muude parameetrite kohta. Alamseadmed vastavad päringutele, edastades vajalikud andmed ülemseadmele. Seejärel saab ülemseade teha otsuseid ja juhtida alamseadmeid vastavalt vajadusele. Näiteks võib ülemseade otsustada reguleerida ruumi temperatuuri, lülitada sisse või välja valgustust või aktiveerida mõne muu automaatikaseadme.

RS485

RS485 on elektri- või jadaedastusstandard. See standard määrab ära füüsilise elektriliste signaalide tasemed ja info vahetus toimub kaablite vahendusel. [4]

RS 485 sideliinid võivad olla kuni 1200 meetrit pikad ja liinile saab ühendada kuni 32 seadet [5].

2.2.1. Mis on BMS

BMS ehk *Building Management System* on hoone arvutisüsteem, mille abil on võimalik juhtida hoone erinevaid seadmeid. BMS võimaldab omanikel jälgida ja juhtida näiteks kütet, ventilatsiooni, kliimaseadmeid, valgustus jne. BMS abil on võimalik ka näha hoone energiakulu. [6]

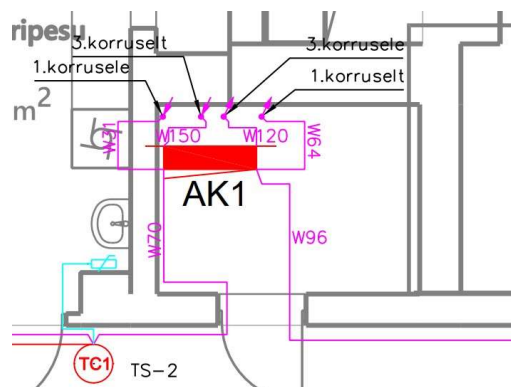
2.3. Plaanijoonis

Lõputöö autori ülesandeks oli V2 korpuses koostada kõigil viiel korrusel kütteautomaatika paigaldusplaan. Ruume köetakse haiglas vesipõrandakütttega. Igasse ruumi paigaldati eraldi põrandakütte kontuur või kontuurid, mida hakkab juhtima iga ruumis termostaat sisemise või välise temperatuurianduriga.

Paigaldusjooniste koostamist alustas lõputöö autor alusplaanile. Ettevõtte, kes teostab küttekontuuride projekteerimise ja paigaldamise, saatis autorile nende poolt tehtud plaanijoonised, millele tegi ka autor kütteautomaatika paigaldusplaani.

Projekteerimise algus

Esmalt pani autor paika kohad, kuhu tulevad automaatikakilbid. Autor planeeris kilbid esimese ja neljanda korruse kaabli šahti, mis saab alguse null korruselt ja lõpeb neljandal korrusel (Joonis 3). Kaabli šaht on piisavalt suur ja mõeldud ka korruse elektrikilpide jaoks. Igasse automaatikakilpi paigaldatakse kolme Modbus kanaliga kontrolleri ja iga kanal on mõeldud ühele korrusele. Esimese korruse kilp hakkab juhtima null kuni teist korrust ja neljanda korruse kilp kolmandat ja neljandat.



Joonis 3. Automaatikakilp kaabli šahtis

Projekteerimisel kasutas autor kuute tingmärki, mille seletused on välja toodud iga joonise all (Joonis 4).

	Vesiradiaator		AK
	Rad.ajam ventiilil		Termostaat LCF02D05
	Ventiil radiaatoril		TC seinapealne temp.andur

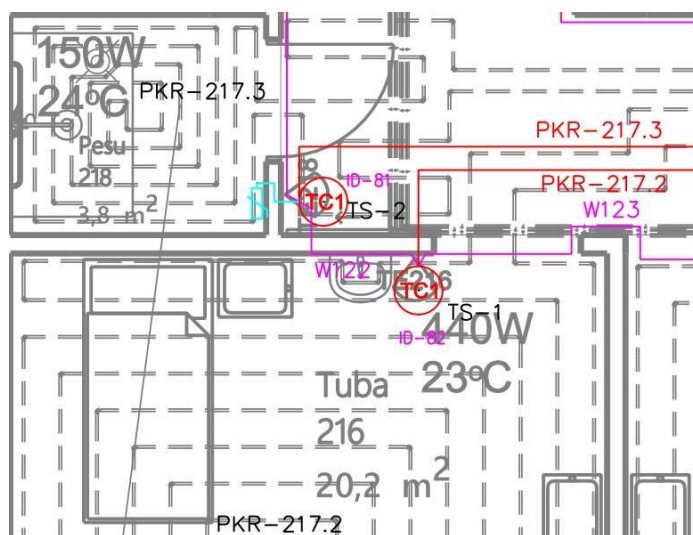
Joonis 4. Tingmärkide seletused

Esmalt planeeris autor korrustele termostaadid vastavalt küttekontuuridele. Edasi joonestas autor termostaatide vahele signaal- ja toitekaabli, mis on joonisel tähistatud lillaga. Iga signaali kaabli peal on individuaalne kaablitähis W, mille leiab ka kaablitabelist. Edasi paigutas autor vastavalt ruumi otstarbele temperatuuriandurid. Peale seda joonestati igale termostaadile vastava kontuuri vahele tugevvoolukaabel 0x0,75 mm². Kontuuride numbrid on joonistel tähistatud punasega kaablite peale, et elektrik teaks millist ajamit antud termostaat juhib (Joonis 5).

Iga termostaadi tingmärgi juures on ka tüüpskeemi tähis TS, mis näitab ühendusviisi (Joonis 5).

Tuba ja pesuruum eraldi kontuuriga

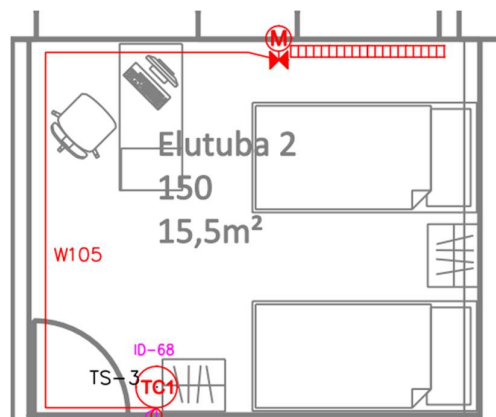
Ruumid, kus olid pesuruum eraldi kontuuriga projekteeris autor nendele kaks eraldi termostaati. Niisketes ruumides paigaldatakse termostaat väljapoole ruumi, sest termostaat on IP20 tunnusega. Selleks pidi niisketes ruumidesse planeerima välise temperatuurianduri. Joonisel (Joonis 7) on näha kahte eraldi kontuuri ja termostaati.



Joonis 7. Rume köetakse eraldi kontuuridega

Ruumide kütmine vesiradiaatoriga

Leidus ka ruume kus põrandakütte asemel köeti ruume vesiradiaatoriga (Joonis 8). Autor lahendas selle sarnaselt, nagu ta tegi põrandakütte puhul. Erinevus oli ainult see, et tugevvoolu toidet ei saanud võtta ajami kapist vaid peab eraldi automaatikakilbist vedama.

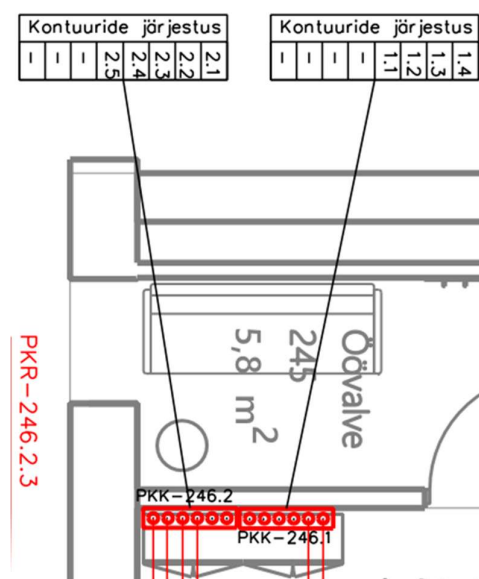


Joonis 8. Ruumide kütmine vesiradiaatoriga

Erinevused eelmiste projektidega

Autor kasutas tema tehtud projektis ringtoite lahendust kõigil viiel korrusel. Ringtoide kujutab endast seda, et toite 24 V AC liin algab ja lõpeb trafo sekundaari klemmidel. Joonisel (Joonis 3) on näha seda, kuidas näiteks kolmanda liini kaablitähisega W120 signaal-ja toitekaabel läheb kolmandale korrusele ja W150 tähisega tuleb kolmandalt korruselt. Ringtoite eesmärgiks on vähendada liini viimastel termostaatidel tekkivat pingelangu ja tagada korrapärane toimimine.

Lõputöö autor uuris oma töös ka eelmise projekti küttekontuuride valesid markeeringuid ja selle tulemusena otsustas autor tema tehtud projektis kasutusele võtta uue lisa markeerimise küttekontuuridele. Joonisel (Joonis 9) on näha, et igale kollektorikapile on juurde tehtud seletav tabel, mis näitab küttekontuuride järjestust kollektorikapis. Selle tabeliga on ettevõttel võimalik paigaldusjärgselt kontrollida kontuuride markeeringut.



Joonis 9. Kollektori järjestuse tabel iga kapi juures

Kokku sai planeeritud kõigile viiele korrusele kokku 139 termostaati ja 65 välist temperatuuriandurit.

2.4. Kilbi joonised

Ettevõtte poolt tehtavate kilpide lahendused põhinevad tüüplahendustel, mille komponendid võetakse ühtede ja samade tootjate poolt. Kilbis olevate seadmete arv ja juhtimise viis on vastavalt hoone suurusele ja juhitavate seadmete arvule.

Autor koostas mõlemasse automaatikakilpi kütteautomaatika jaoks neli lehte. Lisades kaks kuni viis on välja toodud ühe kilbi näitel tehtud joonised.

Automaatikakilbi joonis 1

Lisas kaks (Lisa 2) on automaatikakilbi tugevvoolu osa. Joonisel on sisse tulev kilbi toide, mis ühendatakse peakaitsmesse. F tähisega on tähistatud joonisel kaitsmed ja QF tähistab kombineeritud rikkevoolukaitset, mis on pandud kilbi sees olevate pistikute ette. Pistikud on automaatikakilbis sellepärast, et ehituse ajal on võimalik kilpi paigaldada sülearvuti. Sülearvuti on automaatikakilbis vajalik BMS-i programmeerimise ajaks. Kilbis on ka 24 V DC toiteplokk kilbis olevate seadmete toiteks. Esimesel lehel on ka näidatud, kuidas esimesel korrusel olevad vesiradiaatorite ajamid saavad toite.

Automaatikakilbi joonis 2

Lisas kolm (Lisa 3) on näidatud kolme korruse termostaatide toitetrafosid. Iga korruse jaoks on mõeldud üks 24 V AC trafo koguvõimsusega 160W. Üks termostaat tarbib ise 3W (Tabel 2). Trafod valitakse võimsamad, et pikendada trafo eluiga ja samas jättes ka ruumi tulevastele juurdeehitustele.

Trafode primaarahelasse on planeeritud releed, läbi mille on võimalik BMS süsteemiga teha toitekatkestusi. Ettevõttel on ette tulnud seda, et osad objektidele paigaldatud termostaadid hakkavad valesid näite näitama ja selle tulemusena on vaja termostaatidele teha toitekatkestus. Trafode sekundaarahelasse paigaldatakse 6 A sulavkaitsmed.

Automaatikakilbi joonis 3

Joonisel kolm (Lisa 4) näidatud automaatikakilbi Modbus kontrolleri ühendamist kolme korruse termostaadi liiniga. Kontrollerial on kolm Modbus RS485 sidestandardiga kanalit. Üks kanal on planeeritud ühe korruse jaoks, millel võib olla kuni 32 termostaati. Joonisel on näha ka autori kasutatud ringtoite ühendusviisi koos viidetega joonisel kaks (Lisa 3) näidatud trafode ühendusskeeme.

Modbus liini lõpp jõuab samuti automaatikakilpi tagasi. Liini lõppu on vaja paigaldada 120 oomine takisti, et tagada kontrolleri ja termostaadi vahel püsiv suhtlus.

Kilpi tulevatele ja minevatele kaablitele on juurde pandud kaablite markeeringud ja soonte värvid. Termostaatide vahel oleval kaablil on kasutusel joonisel (Joonis 16) olevad värvid.

Automaatikakilbi joonis 4

Viimasel joonisel (Lisa 5) näidatud BMS kontrolleri laiendusmoodul, läbi mille on võimalik digitaalseid ja analoogseid signaale saata ja vastu võtta. Autor kasutab sellel joonisel klemme 14-15 termostaatide toitetrafode sisse ja välja lülitamiseks. Nendelt kontaktidelt on võimalik anda releede mähistele 24 V DC pinget, mille abil rele katkestab ahela. Joonisel viirutatud ala ei ole autori koostatud.

2.5. Tüüpskeemid

Hooneautomaatika paigalduse jaoks peab alati koostama ka tüüpskeemid, mille järgi saavad paigaldajad seadmeid ühendada. Tüüpskeemi tähised tuuakse ka kõikide ühenduskohtades välja, et paigaldaja saab vaadata teatud seadme ühendusskeemi. Tüüpskeemid on välja toodud töö lisades.

Lisades olev esimene tüüpskeem (Lisa 6) kirjeldab ruumi põrandakütte kontuuri juhtimist termostaadi sisemise temperatuurianduriga. Joonisel on ka näidatud Modbus ja toitekaabli ühendusviisi. Ühendusviis on koostatud termostaadi tootelehel oleva skeemi alusel (Joonis 12)

Lisades olev tüüpskeem kolm (Lisa 7) näitab ruumi põrandakütte kontuuri juhtimist termostaadi välise temperatuurianduriga. Selline ühendusviis on kasutusel niisketes ruumides.

Lisades olev tüüpskeem kolm (Lisa 8) näitab vesiradiaatoritega köetavates ruumides radiaatori ajami ühenduse viisi. Joonisel on ka lisaks näidatud 230V AC ajamite toite kilbist alustamine ja järgmistesse termostaatidesse jätkamine.

2.6. Kaablitabel

Lõputöö autor koostas kütteautomaatika projekti jaoks ka kaablitabeli. Kaablitabel on väga oluline just paigaldustööde ajal. Elektrikud kaablitabelisse märkida ära kaablid, mis neil juba veetud on. Kaablitabelis põhilised näitajad on näha allolevalt jooniselt (Joonis 10).

Automaatika kaablid													
I/O loetelu													
Kaabli tähis	Nimetus	Tingmärk	DO	DI	AO	AI	Aadress	Signaali tüüp	Kaabli tüüp	Algus	Ruumi nr.	Tüüpskeemi/ joonise tähis	

Joonis 10. Kaablitabel

Digitaalsed ja analoogsed sisendid ja väljundid tulevad automaatselt seadme valikust ja need arvud on olulised BMS-i programmeerijale.

3. KASUTATAVAD SEADMED JA KAABLID

3.1. Modbus kontrollerr

Ettevõttes kasutatakse ühe ja sama tootja BMS kontrollereid. Kontrollerrite peale on arendatud välja täislahendusega veebipõhine juhtimine.

Autor kasutas oma töös kahte LogicMachine5 Power kontrollerrit.

3.2. Termostaadid

Lõputöös käsitletavas projektis on kasutusel Thermokoni LCF02 Modbus termostaadid (Joonis 11). Autor kasutas neid termostaate sellepärast, et need on põhilised termostaadid, mida ettevõte kasutab oma projektides. Pika kasutamise tulemusena on aru saadud, et selle tootja termostaadid on vastupidavad ja Modbus protokoll võimaldab nendega juhtida erinevaid süsteeme.

Termostaadi valikul on oluline jälgida mudelit, kui ruumis on vanemat tüüpi jahutusseadmed. Vanemat tüüpi jahutusseadmetel võib ventilaatorite juhtimine olla 0-10 V pingega. Selles projektis paigaldatakse ruumidesse otseaurustusega jahutussüsteemid, mis hiljem võetakse võrguühendusega ruumikliima juhtimisse. Sellest tulenevalt on antud projektis vaja juhtida ainult põrandakütte ajameid. Ajameid juhitakse termostaadi kontakti 3 abil, mille suurim lubatud vool on 3 A (Tabel 1).



Joonis 11. Seinatermostaat

Joonisel (Joonis 12) on näha termostaadi ühendusskeem. Kontaktide 1-3 juhitakse kütte- ja jahutusseadmete ajameid. Kontaktide 5-8 juhitakse ventilaatorite kolme kiirust. Kontaktid 9-12 on mõeldud väliste sensorite ühendamiseks. Näiteks on võimalik sinna ühendada väline temperatuuri andur või hoopis akna avanemise andur. Kontaktid 13 ja 14 on RS485 signaali ühendamiseks, ning 15 ja 16 on termostaadid enda toide.

3.3. Seinaandur

Seinaanduriks kasutas autor projektis Thermokon Novos 3 NTC temperatuuriandurit (Joonis 13). Temperatuuriandur ühendatakse otse termostaadiga, läbi mille saab termostaat temperatuuri kaugemalt mõõta.

NTC on temperatuuriandur, mille takistus väheneb temperatuuri tõustes. 25 kraadi juures on anduri sisemine takistus 10k oomi. [8]

Autor kasutas just seda toodet, sest ettevõtte kasutab süsihappegaasi ja niiskuse taseme mõõtmiseks sama tootja tooteid. Tooted näevad väljast täpselt samasugused välja ja sellega tekib objektile ühesugune pilt.



Joonis 13. Thermokon Novos 3 temperatuuriandur [9]

3.4. Kaablid

Nõuded kaablitele

Kaablite valikul peab esmalt arvestama kaabli tulekindlusega. Tulekindlus on määratud „Ehitistele esitatud tuleohutusnõuded“ määrusega. Määruse lisades on tabel (Tabel 2), millest leiab erinevate ehitiste nõuded kaablite tulekindlusele.

Tabeli koostasid Päästeamet, Tehnilise Järelevalve Amet, Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit ja Draka Keila Cables. [10]

Tabel 2. Kaabli tulekindluse nõuded [11]

Ehitise kirjeldus		Tuletundlikkus	
		Ehitis üldiselt	Evakuatsioonitee*
Ehitised, millele üldjuhul ei nõuta ehitusluba	ehitusala pinnaga kuni 60 m ² ja kõrgusega kuni 5 m	Eca	Eca
Hooned	ehitusala pinnaga üle 60 m ² ja kõrgusega kuni 28 m	Dca-s2,d2,a2	Cca-s1,d1,a2
Hooned	kõrgusega üle 28 m	Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Tööstushooned		Dca-s2,d2,a2	Cca-s1,d1,a2
Parkimismajad, parklad, garaažid, tunnelid sõidukitele		Dca-s2,d2,a2	Cca-s1,d1,a2
Hooned	kus üksikud ruumid on ette nähtud rohkem kui 100 kasutajale	Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Õppeasutuse hooned		Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Kogunemishooned	rohkem kui 200 kasutajale	Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Majutushooned	rohkem kui 10 voodikohta	Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Haiglad, hoolekandehooned	rohkem kui 10 voodikohta	Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Lasteaiad, lastehoiuks kasutatavad hooned	rohkem kui 10 kasutajat	Cca-s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2
Tunnelid ja galeriid inimestele	pikkusega üle 100 m	Cca -s1,d1,a2	Cca-s1,d1,a2

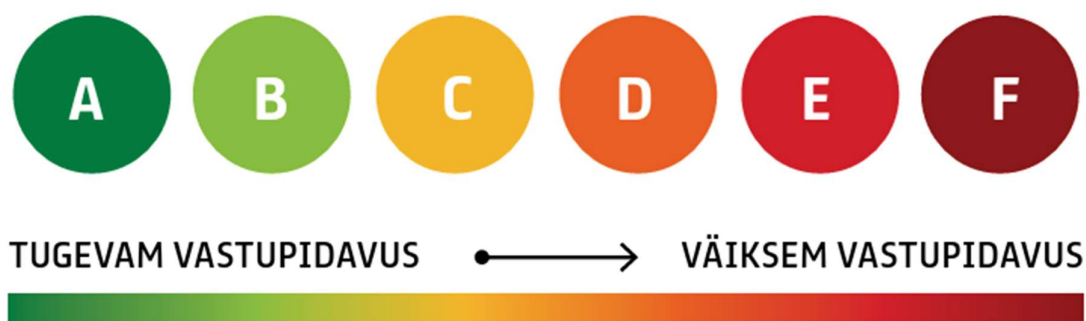
Antud projektis kuulub hoone haigla ja hoolekandehoone alamgruppi, millest tulenevalt peavad kõik hoonesse paigaldavad kaablid vastama Cca-s1,d1,a2 (Tabel 2) tulekindlusklassile.

Ehitustoodete määrus

Ehitustoodete regulatsioon on reeglistik, mis on välja antud Euroopa Liidu poolt. Määrus kehtestab ühesugused reeglid Euroopa liidus turustatavate ehitustoodete jaoks. Selle tulemusena kõik Euroopa Liidus heaks kiidetud ehitustooted on hinnatud ja klassifitseeritud ühesuguste kriteeriumide alusel. Reeglistiku eesmärgiks on reguleerida ehitusmaterjalide tulepüsivust ja kasutatavaid ohtlike aineid. Õigusakt kehtib kõikidele jõu- ja paigalduskaablitele, kontrollkaablitele telekommunikatsiooni- ja andmesidekaablitele. [12]

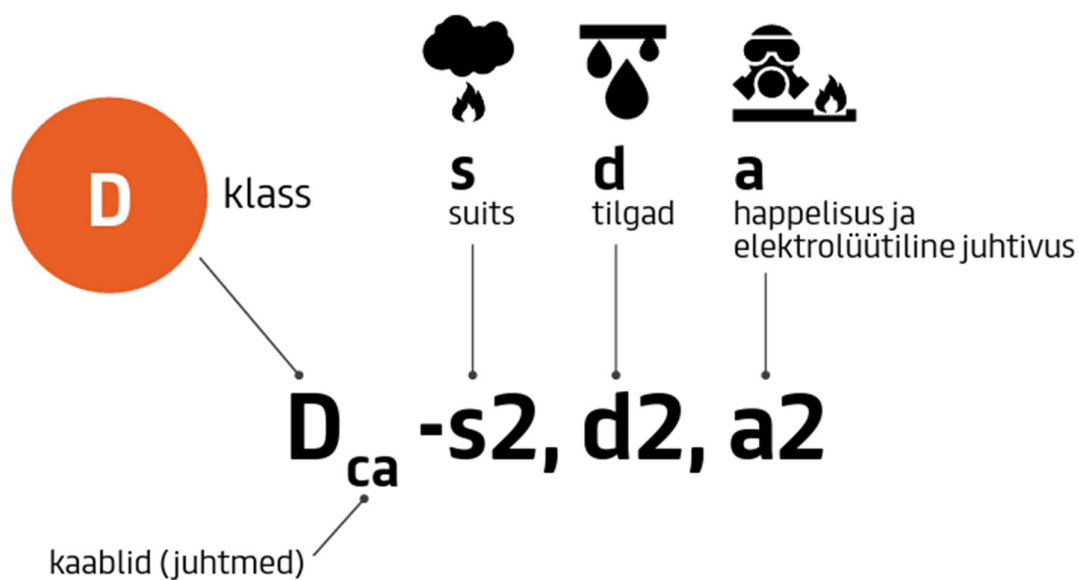
Ehitustoodete määrus koosneb kuuest ohutusklassist. Klassid on tähistatud A-st F-ini (Joonis 14), kus A on mittesüttiv ja F süttiv. F klassi toodetel tulele reageerimise omadusi ei määrata. [12]

TULEPÜSIVUS



Joonis 14. Tulepüsivuse klassid [12]

Tulepüsivuse klassile määratakse lisaks veel toodetele lisakriteeriumeid. Lisakriteeriumideks, mis sätestavad nõuded põlemise käigus eralduva suitsu kogusele, põlemisel leegitsevate tilkade teke, ning põlemisel eralduva suitsu happesuse ja elektrolüütilise juhtivuse (Joonis 15). Lisakriteeriumid on hinnatud kolmes suurusjärgus, kus suurem number tähendab halvemat tulemust. [12]

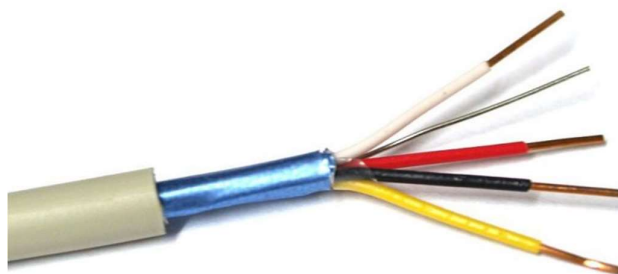


Joonis 15. Tulele reageerimise lisakriteeriumid [12]

Kaablite valik

Kütteautomaatika projekteerimiseks on vaja kasutada kahte tüüpi kaablit. Üks on J-H(ST)H 2x2x0,8 (Joonis 16), mida toodetakse ka Cca-s1,d1,a1 tulekindlusega. Antud kaablit kasutatakse hooneautomaatikas termostaatide toite ja signaali edastamiseks. Kaabel koosneb kahest paarist ja maandusest.

Teise kaablina kasutatakse 2x0,75 mm² ajamite ja kollektorite juhtimiseks.



Joonis 16. Kaabel J-H(ST)H 2x2x0,8 [13]

4. PAIGALDUSJÄRGNE KONTROLL

Autor on peale projekteerimise tegelenud ka objektidel automaatikaseadmete seadistamise ja rikete likvideerimisega. Objektidel on kujunenud pilt, et tehakse vigu. Vigade tekkimine on enamasti kas paigaldusest või projektide erinevus reaalsest olukorrast objektil.

Ajapuuduse tõttu ei saa autor teostada paigalduse kontrolli tema poolt projekteeritud osal V2, vaid teostab seda eelmisel projektil V1. Kuna mõlemad projektid on olemuselt sarnased, siis saab seda kontrolli V1 projektil praktiseerida. Test viiakse läbi ainult ühel korruse ja nende saadud tulemustega arvutatakse teistel korrustel tõenäolised vigade tekkimise võimalused.

Paigalduse kontrolli käigus teostab autor kontrolli paigaldatud seadmetele nii ühendustele, kui ka küttekontuuride õigsusele. Objektidel on ette tulnud, et põrandakütte plaanid on juba alguses ebatäpselt kas projekteeritud või kohapeal olevad põrandakütte torude märgistused on segamini aetud.

Küttekontuuride vale märgistamine põhjustab termostaatide vale ruumikliima juhtimise. Kui ruumis on vaja kütta ja termostaadi ajam reguleerib vale kontuuri. Tekib olukord, kus vale ruumi pidevalt köetakse ja see ruum mida kütta on vaja – jahtub lihtsalt maha.

Ettevõtte poolt teostatakse paigaldusjärgset kontrolli ja testimist, aga selle testi tulemusena ei tule küttekontuuride probleem ikka välja. Probleemist saadakse alles siis teada, kui kliendi poolt tuleb pretensioone.

Sellise mure tekkimisel kliendi poolt peab esmalt hakkama ettevõtte asja uurima. Selleks peab minema kohale tehnik, kes viib läbi juba kord tehtud testid, kuna probleemil võib olla mitu põhjust. Ruumi jaheduse põhjuseks võib olla näiteks see, et ajam on litsalt rikkis ja ei avane. Põhjuseks võib olla ka see, et termostaadi releel on tekkinud mehhaaniline viga ja termostaat ei lase ajamile enam pinget peale. Liiga soojade ruumide puhul võivad probleemide põhjuseks olla samad asjad, lihtsalt vastupidi. On ette tulnud ka seda, et temperatuuri andur põrandas või termostaadis annab valet näitu.

Peale kõiki neid teste võib hakata oletama, et viga võib olla hoopis vales vesipõrandakütte kollektorite markeeringus.

Peale objekti kliendile üle andmist on hilisem põrandakütte kontuuride testimine raskendatud. Selleks, et põrandakütte kontuure välja selgitada, peab enne laskma põrandal maha jahtuda. Peale seda näeb termokaameraga muutust põrand temperatuuris. Kontuuride jälgimise võimalus oleneb ka objekti kasutamise otstarbest. Kui hoone on kasutusel hotellina, siis tehnikul ei pruugi olla üldse võimalik seda testi läbi viia, sest klient viibib hetkel toas. Selleks on vaja leppida kliendiga kokku uus aeg, millal võib tehnik uuesti tagasi tulla.

Sellise rikke kõrvaldamine põhjustab raha- ja ajakulu nii ettevõttele, kui ka kliendile endale.

4.1. Kontrolltabeli koostamine

Ettevõttes teostatakse paigaldusjärgset kontrolli, kuid ei kontrollita põrandakütte torustikku paikemist realselt objektil. Selleks koostati eraldi tabel, kuhu lisati põrandakütte kontuurid. Tabelisse lisati termostaadid koos nende Modbus aadressidega. Iga termostaadi kohta on toodud välja nende asukoht ruumis ja kollektorikapp koos ajamiga, mida iga termostaat juhib. Samad kollektorikapid on värvidega eristatud (Joonis 17), et lihtsustada testimise protsessi.

	Märgista värviga					
	Korras					
	Valesti					
Termostaat	Kollektorikapp ja ajam	Ruum	Modbus aadress	TC lülitab õiget ajamit	Termokaamera test	Kommentaar
TC-14	PKK-424.1.5	425				
TC-15	PKK-424.2.5/6	408				

Joonis 17. Põrandakütte testimise tabel

4.2. Paigalduse kontroll

Paigalduse kontrolliks võetakse vaatluse alla termostaadi ja õige ajami ühendus. Kontroll tõestab seda, et õige kollektor avaneb termostaadilt kütte loa saamisel. Samuti tõestab see test seda, et termostaadil ja ajamil ei ole mehhaanilist viga.

Esimese etapina lülitatakse korrusel kõik termostaadi ükshaaval välja. Välja lülitamine toimub termostaadi enda pealt. Üldiselt välja saab lülitada ka läbi BMS süsteemi, kuid testimise hetkeks ei olnud BMS programm valmis.

Peale kõikide termostaatide välja lülitamist alustas autor termostaate ükshaaval sisse lülitama. Iga termostaadi sisse lülitamise järel kontrollis autor tabeli vastavat ajamit. Testis käigus jälgitakse ajami avanemist ja pinget tekkimist vastava ajami kaablile puutevaba pingendiikaatoriga.

4.2.1. Testi tulemused

Hooneautomaatika paigaldaja poolsete tehtud vigade poolest oli tulemus hea. Paigaldaja poolseid vigu oli esimesel korrusel 2, mis moodustas kogu korruse ajamitest 5% (Tabel 3). Paigaldaja oli ajanud ühes kollektorikapis kaks ajamit segamini. Autor ühendas selle harukarbist ise uuesti ära ja kõrvaldas vea koheselt.

Tabel 3. Kütteautomaatika paigaldaja vead

Korrus 1	Kokku, tk	Valesti, tk	Valesti, %
Ajameid	44	2	5

Hooneautomaatika paigaldaja poolsed vead tulevad suuremosalt välja BMS süsteemi testimisel, mida autori ettevõtte teostab peale objekti täieliku valmimist. Nende vigadega on ettevõtte juba pakkumisel arvestanud.

Autor kontrollis ka termostaatidel seadistatud Modbus aadressi, kuid ei leidnud mitte ühtegi viga.

4.3. Küttekontuuride kontroll

Küttekontuuride kontrollimiseks pidi lõputöö autor kokku leppima objektijuhiga aja, millal ta saab minna. Aja pidi kokku leppima sellepärast, et testi päeval olid riigipühad ja objekt oli sellel päeval valve all. Kokku sai lepitud hommiku kella kaheksast kella seitsmeni õhtul. Selleks ajaks võeti objekt valve alt ära.

Küttekontuuride ja ajamite kontrolliks valis autor V1 korpusest esimese korruse. See korrus valiti sellepärast, et just sellel ja null korrusel oli põrandakütte paigaldajatel probleeme kontuurinumbrite märkimisega kollektorikappi. Nimelt juba kuu aega oli nendel korrustel numeratsioon puudu. Peale hooneautomaatika paigalduse projektijuhi pidevaid meeldetuletusi said need tähistused ka viimasetele korrustele.

Eelmisel päeval enne kokkulepitud testimist käis autor ka kohapeal, et keerata kõik kontuurid esimesel korrusel kinni. Põrandaküte oli vaja ennem kinni keerata, et lasta põrandal jahtuda, sest kogu V1 korpuses olid ajamid maas või juba juhitud läbi termostaadi.

Kontuuride kinni keeramiseks kasutas autor juba paigaldajate poolt jäetud siniseid korke. Kinni keerates pidi jälgima kontuuridel olevaid rõhu näidikuid, sest osad korgid keerasid halvasti peale.

Peale kinni keeramist ja näidiku nulli minemist oldi kindel selles, et enam sooja vett peale ei tule. Lisades on pilt peale kontuuride kinni keeramist. (Lisa 10)

Järgmisel päeval, kui põranda olid juba maha jahtunud, läks autor esimesele korrusele ja alustas testimisega. Esmalt veenduti selles, et kõik põrandad olid maha jahtunud. Selleks kasutas autor ettevõtte termokaamera Flir C3-X (Joonis 18).



Joonis 18. Flir C3-X termokaamera

Esimesel korrusel oli kokku 6 kollektorikappi. Kontuuride testimise otsustas autor läbi viia nii, et igast kapist avab ühe kontuuri. Nii sai protsessi kiirendada ja segadust vältida. Peale kollektorite avamist pidi autor umbes 20 minutit ootama, et termokaamera oli võimeline tuvastama muutust temperatuuris.

Lisades on pildid (Lisa 11) testimise viisist. Peale põranda soojenemist jälgis autor termokaamera abil seda, kuhu soe vesi liigub põranda all. Ruumi tuvastades kontrolliti põrandakütte plaanijooniseid ja tehti vastavad märkmed joonisele ja tabelisse (Lisa 12).

4.3.1. Testi tulemused

Paigaldusjärgse kontrolli tulemused olid need, mida autor soovis tõestada. Autori eesmärkideks oli tõestada seda, et küttekontuuride paigaldamisel ja nende juhtimisel tehakse vigu, mille tulemusena peab ettevõtte, kus autor töötab, neid hiljem parandama tekitades sellega lisakulu ettevõttele.

Peale testimist analüüsis autor ühe korruse tulemusi tabelis (Lisa 12) ja koostas nende põhjal koondtabeli tulemustest. Tabelis on välja toodud kaks põhilist viga, mida autor kontrollimisel objektile märkas. Üheks veaks oli see, et kontuuridel olid valed markeeringud ja selle tulemusena hakkaksid termostaadid valesid ruume kütma. Teise veana märkas autor seda, et küttekontuuridel olid märgitud kontuurinumbrite asemel ainult ruuminumbrid. (Tabel 4)

Tabel 4. Küttekontuuride testimise koondtabel

Korrus 1	Kokku, tk	Valesti, tk	Valesti, %
Küttekontuurid	44	10	22,7
Markeeringud	44	17	38,6

Küttekontuuride markeerimise viga

Küttekontuuride paigaldaja poolt olid lõpuks torudele tehtud märkmed. Kahjuks enamus märkmed olid tehtud ruuminumbrite näol, mitte kontuurinumbrina. Tabelisse (Tabel 4) on märgitud see viga markeeringu nimega. Kontuure oli korrusel kokku 44 tükki millest oli 17 märgitud ainult ruumi numbrina. Kogu korrusest moodustab see viga 38,6%.

Küttekontuuride markeerimine ruuminumbriga võib põhjustada hilisemat segadust kahel viisil. Ühes viisiks on see, et hilisemate arhitektuuriliste muudatuste tegemisel kliendi poolt muutuvad ruumide numbrid ja sellega tekivad lahkkelid küttekontuuride plaanijoonistel.

Teiseks probleemiks on see, et paigaldaja märgib ajamitele küttekontuuride numbrid, mitte ruuminumbrid. Sellest tulenevalt peab paigaldaja hakkama võrdlema erinevaid plaanijooniseid, et paigutada ajam õigele kontuurile. Selle tulemusena suureneb eksimise võimalus hooneautomaatika paigaldaja poolel ja kontuurid võivad segamini minna.

Küttekontuuride paiknemise viga

Üldiselt kontuuride paiknemine ruumis ja markeering torul vastasid projektile. Probleemsed kohad, mida autor märkas objektile, olid kaks kollektorikappi. Kollektorikapid PKK 121.1 ja 121.2 avastas autor vead.

Lisades (Lisa 13) on pandud pildid kollektorikapist PKK121.1, kus punase kastiga on märgitud kontuur mis oleks pidanud sellel hetkel kütma. Antud kontuurile oli peale märgitud kontuur 5 ja koridor. Järgmiselt termokaamera pildilt aga on näha, et koridoris ei toimu kütmist ja kütmine toimub hoopis kõrval olevates ruumides.

Kollektorikapis nimega PKK 121.1 oli numeratsiooni alustatud valelt poolt. Selle tulemusena olid kõik kaheks kontuuri omavahel vahetuses ja oleks toimunud kõigis kaheksas ruumis pidev kütmine.

PKK 121.2 oli kaks kontuuri omavahel vahetuses, kuid need mõlemad kontuurid kütsid ühte ja sama ruumi. Hetkel see ei põhjusta viga ruumitemperatuuri juhtimises, aga põhjustab tulevikus, kui klient otsustab samas ruumis seina vahele ehitada ja neid mõlemaid kontuure eraldi juhtida.

Esimesel korrusel leidis autor kokku 10 kontuuride paiknemise viga, mis moodustab kogu korruse kütteautomaatika juhtimisest 22,7%. Vigade hulk moodustas peaaegu veerand korruse kütteautomaatika juhtimisest.

4.4. Oletuslikud vead teistel korrustel

Selles alapeatükis toob autor välja vea suurused teistel korrustel võttes arvesse esimesel korrusel tehtud põhjalikku uurimist. Autoril ei ole võimalik kõiki teisi korruseid ära kontrollida, sest juba esimese korruse testimiseks kulus terve päev.

Esmalt luges autor kaablitabelist igal korrusel eraldi põrandaküttekontuurid kokku ja teostab varasemalt saadud tulemuste põhjal oletuslikud arvutused vigadele teisel korrustel.

Tabel 5. Tõenäolised vead teistel korrustel

	Kontuure kokku, tk	Tõenäoline viga, %	Vea suurus korrusel, tk
Korrus 0	22	22,7	5
Korrus 1	44	22,7	10
Korrus 2	39	22,7	9
Korrus 3	43	22,7	10
Korrus 4	44	22,7	10
Kokku	192	22,7	44

Kokku oli kõigil viiel korrusel 192 kontuuri. Igal korrusel võttis autor aluseks esimesel korrusel saadud tulemuse 22,7%, millega arvutati oletuslikud vead. Koos esimestel korrusel leitud ja oletuslike

vigadega teistel korrustel on oodatavaid vigu kogu V1 korpuses 44. Saadud tulemust on vaja, et leida kulu ettevõttele vigade kõrvaldamiseks.

4.5. Kulu ettevõttele

Selles alapeatükis leitakse kulu ettevõttele, kui küttekontuuride vale paiknemine oleks tulnud välja peale objekti kliendile üle andmist.

Küttekontuuride markeerimise ja paiknemise vea selgitamiseks ei ole otseselt ettevõttel välja töötatud vastavat tegevusplaani. Esmalt kontrollitakse peale kliendi kaebuse saamist ettevõtte poolseid tehtuid töid seoses ruumikliima juhtimisega. Alles peale ettevõtte poolt teostatud tööde kontrolli hakatakse uurima teisi probleemide põhjuseid.

Kulu arvestamiseks hilisemate kontuuride välja selgitamiseks koostati koos ettevõtte poolse seireinseneriga tegevusplan, kuidas tema tavaliselt reageerib taoliste kaebustele. Tegevuseplaan lisati ka aeg, mis võib kuluda igal osapoolel kinda töö tegemiseks. Lisaks toodi välja ka kulu küttekontuuride kindlaks tegemiseks. Tabel on koostatud esimesel korrusel saadud vigade alusel (Tabel 6).

Tabel 6. Kulu esimese korruse küttekontuuride välja selgitamiseks

	Tegevus	Kulutatav aeg, h	Rahaline kulu, €
1	Esmane reageerimine	2,5	150
2	Käib kohapeal ja analüüsib	3,5	210
3	Sisend tehnikule	2,0	120
4	Tehnik käib kohapeal ja kontrollib ruumikliima paigaldust	6,0	360
5	Edasine uurimine	2,5	150
6	Sisend tehnikule küttekontuuride osas	2,0	120
7	Seireinsener teavitab klienti	1,0	60
8	Tehnik keerab probleemsetes kohtades kontuurid kinni	3,5	210
9	Tehnik teostab termokaameraga kontuuride testi	8,5	510
10	Muu	2,5	150
	Kokku	34,0	2040

Tabelisse (Tabel 6) saadud tulemused on võetud autori poolt koostatud automaatselt kulude arvutamise tabelist (Lisa 14), mis arvutab peale vigade arvu, objekti kauguse ja tunnihinde sisestamist ligikaudse kulu ettevõttele peale kliendi poolse kaebuse saamist. Lisades toodud tabelis (Lisa 14) on välja toodud vastavad ajalised kordajad, mida võib iga teatud tegevuse teostamiseks kuluda. Rohelisega on tähistatud ainukesed lahtrid täitmiseks, et saada kogu rahalist kulu esimese korruse vigade kõrvaldamiseks.

Esimeses punktis reageerib seireinsener kliendi kaebusele. Selles faasis viib insener ennast objektiga täpsemalt kurssi ja kontrollib BMS süsteemi. Selles osas laseb ka seireinsener programmeerijal BMS-is kontrollida seda, kas seadmed töötavad nii nagu peavad.

Peale esmast reageerimist läheb seireinsener ise kohale ja teostab visuaalse kontrolli ja mõõdab vajadusel temperatuure probleemsetes ruumides.

Edasine tegevus on seireinseneri poolse info andmine, mille alusel teostab tehnik kohapeal kontrolli probleemsetele ruumidele. Selle käigus kontrollitakse ajamite avanemist ja sulgumist. Vajadusel vahetatakse vigased ajamid välja.

Kui tehnik ei tuvasta viga, siis on seireinseneri edasiseks tegevuseks küttekontuuride joonistega tutvumine ja anda vajalik info koos joonistega edasi tehnikule. Eelnevalt on vaja teavitada klienti ja leppida kokku aeg, millal võib probleemsetes kohtades küttekontuurid kinni keerata. Peale kokkuleppe saavutamist keerab tehnik vastavad kontuurid kinni, et oleks võimalik järgmisel päeval termokaameraga tuvastada küttekontuuride paiknemist.

Muude kulude all on arvestatud näiteks kütusega ja teiste kuludega, mida võib tehnikul ja seireinseneril tekkida.

4.5.1. Tõenäoline kulu teistel korrustel

Kogu tõenäolise kulu arvutamiseks on vaja kasutada eelnevalt arvutatud vigade arvu igal korrusel (Tabel 5). Iga korruse tõenäolised vead peab panema autori poolt loodud automaatsesse kulude arvutamise tabelisse (Lisa 14).

Tabel 7. Tõenäoline kulu igal korrusel

Korrus	Kulutatav aeg, h	Rahaline kulu, €
0.korrus	21,5	1290
1.korrus	34,0	2040
2.korrus	31,5	1890
3.korrus	34,0	2040
4.korrus	34,0	2040
Kokku	155,0	9300

Arvutuse tulemuseks sai autor selle, et terve korpuse hilisemate tõenäoliste vigade kõrvaldamiseks kulub ettevõttel 155 tundi ja 9300 eurot (

Tabel 7).

4.6. Tulemused ja soovitused

Lõputöö autori poolt saadud vigade avastamise tulemusel anti sellest tellijale teada, mille tulemusel lastakse küttekontuuride paigaldajal esimesel korrusel vead ära parandada ja ülejäänud korrustel teostatakse kontroll teistele küttekontuuride markeeringule.

Autori poolsed soovitused küttekontuuride paigaldavale ettevõttele oleksid need, et kontuurinumbrid märgitakse kohe peale torude paigaldamist ja ei jäta seda hilisemaks. Projekteerijal soovitab autor võtta kasutusele sarnase tingmärgi joonistel, nagu seda tegi lõputöö autor omal joonistel (Joonis 9).

Autori ettevõttes hakatakse tulevastel projektidel kasutama joonisel (Joonis 9) tehtud tingmärki. Selle tingmärgiga loodetakse avastada kontuuride vale markeeringut enne objekti üleandmist tellijale.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärk oli projekteerida kütteautomaatika lahendus Keila Haigla ühele korpusele, mis koosneb viiest korrusest, ning kontrollida eelnevalt valminud projekti paigaldustöid nii automaatika kui ka pörandakütte osas.

Töö esimeses osas annab autor lühikese ülevaate ettevõttest, milles lõputöö koostati, ning tutvustab objekti, millele kütteautomaatika lahendus projekteeriti. Ettevõtte tutvustus hõlmab selle tegevusvaldkondi, ajalugu ja kompetentsi automaatika projekteerimise alal. Objekti tutvustus kirjeldab eelnevalt tehtud projekte Keila Haiglale ja autori poolt ühe korpuse viiele korrusele projekteeritud kütteautomaatika lahendus. Autor kirjeldab objekti eripära, küttesüsteemi olemasolevat olukorda ning vajadusi ja eesmärgi kütteautomaatika lahenduse osas.

Töö teises osas annab autor täpsema ülevaate kütteautomaatika projekteerimise protsessist. See hõlmab plaanijooniste, tüüpskeemide, kaablitabeli ja automaatikakilbi koostamist. Autor selgitab, kuidas koostatakse tehnilisi jooniseid ja dokumente. Lisaks käsitletakse projekteerimise käigus tehtud tehnilisi valikuid, näiteks küttekontuuride paigutust, seadmete valikut ja kaablite markeerimist.

Kolmandas peatükis kirjeldab autor projekteeritud lahenduses kasutatavaid seadmeid ja nende tehnilisi parameetreid. See hõlmab nii andureid, juhtseadmeid kui ka muid automaatikakomponente. Autor toob välja seadmete tehnilised omadused, funktsionaalsuse ja tööpõhimõtted.

Neljas osas teostab autor haigla eelmise valminud projektile paigaldusjärgse kontrolli. Kontrolli käigus hinnatakse paigaldajate tehtud töö kvaliteeti ning tuvastatakse võimalikud vead ja puudused nii automaatika kui ka pörandakütte osas. Autor viib läbi kontrolli ühel korrusel viiest ning arvutab oletusliku vea hulga kogu objektil. Kontrolli tulemuste põhjal leitakse kulu ettevõttele nende vigade lahendamiseks. Autor analüüsib vigade põhjuseid ning annab omapoolsed soovitused nii küttekontuuride projekteerijale kui ka paigaldajale, et vältida sarnaseid vigu tulevikus.

Lõputöö tulemusena valmib korrektne ja täpne kütteautomaatika projekt Keila Haigla ühe korpuse viiele korrusele. Projekti käigus parandatakse leitud vead objektil ning ettevõttes võetakse kasutusele uus küttekontuuride järjestust seletav tingmärk plaanijoonistel. Uue tingmärgi eesmärk on ennetada vigade tekkimist projekteerimise ja paigaldamise etappides.

Lisaks saab ettevõtte parema ülevaate tehtud vigade kogusest ja nende mõjust süsteemi toimimisele. See võimaldab ettevõttel tulevastel projektidel paremini arvestada võimalike riskidega, optimeerida tööprotsesse ning suurendada projekti efektiivsust ja kvaliteeti.

Lõputöö andis autorile väärtuslikku kogemust automaatika projekteerimise alal ning võimaldas süvendada ja laiendada oma teadmisi kütteautomaatika süsteemide projekteerimise, paigaldamise ja kontrollimise osas. Autor sai praktilisi oskusi tehniliste jooniste ja dokumentide koostamisel, seadmete valimisel ning vigade tuvastamisel ja analüüsimisel. Samuti sai autor teadmisi projektijuhtimise, koostöö ja suhtlemise osas, mis on olulised oskused igale insenerile.

SUMMARY

The aim of the thesis was to design a heating automation solution for five floors of one building section of Keila Hospital and to check the installation work of the previous project in terms of both automation and floor heating.

In the first part of the thesis, the author gives a brief overview of the company in which the thesis was prepared and introduces the object for which the heating automation solution was designed. The introduction of the company includes its fields of activity, history and competence in automation design. The introduction of the object describes previously completed projects for Keila Hospital and the heating automation solution designed by the author for five floors of one building. The author describes the special features of the object, the existing situation of the heating system, and the needs and goals of the heating automation solution.

In the second part of the work, the author provides a more detailed overview of the heating automation design process. This includes preparation of installation plans, standard diagrams, cable table and automation panel. The author explains how technical drawings and documents are prepared. In addition, the technical choices made during the design process, such as the placement of heating circuits, the selection of equipment and the marking of cables, are discussed.

In the third chapter, the author describes the devices used in the designed solution and their technical parameters. This includes sensors, control devices and other automation components. The author points out the technical characteristics, functionality and working principles of the devices.

In the fourth part, the author performs a post-installation check on the previous completed project of the hospital. During the inspection, the quality of the work performed by the installers is assessed and possible mistakes and deficiencies are identified both in terms of automation and floor heating. The author performs an inspection on one floor out of five and calculates the amount of assumed mistakes on the entire object. Based on the results of the inspection, the cost to the company to resolve these mistakes is determined. The author analyses the causes of the errors and gives his own recommendations to both the heating circuit designer and the installer in order to avoid similar mistakes in the future.

As a result of the thesis, a correct and accurate heating automation project will be completed for five floors of one building of Keila Hospital. In the course of the project, the mistakes found on the object are corrected, and the company introduces a new symbol explaining the sequence of heating circuits on the plan drawings. The purpose of the new symbol is to prevent mistakes in the design and installation stages.

In addition, the company gets a better overview of the amount of mistakes made and their impact on the system's performance. This allows the company to better consider possible risks in future projects, optimize work processes and increase the efficiency and quality of the project.

The thesis gave the author valuable experience in the field of automation design and enabled him to deepen and expand his knowledge in the field of design, installation and control of heating automation systems. The author gained practical skills in drawing up technical drawings and documents, selecting equipment, and identifying and analysing mistakes. The author also gained knowledge about project management, collaboration and communication, which are important skills for every engineer.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] DeltaE, "Ettevõtte," [Online]. Available: <https://www.deltae.ee/ettevottest/>. [Accessed 18. veebruar, 2023].
- [2] Maa-amet, "Maainfo," [Online]. Available: <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>. [Accessed 10. aprill, 2023].
- [3] NI, "What is the Modbus Protocol & How Does It Work?," [Online]. Available: <https://www.ni.com/en-us/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/the-modbus-protocol-in-depth.html>. [Accessed 27. aprill, 2023].
- [4] Equustek, "MODBUS AND RS485: EVERYTHING YOU NEED TO KNOW," [Online]. Available: <https://www.equustek.com/modbus-rs485-everything-need-know/>. [Accessed 27. aprill, 2023].
- [5] Renkeer, "RS485 Wiring, Communication and Difference with RS232," [Online]. Available: <https://www.renkeer.com/what-is-rs485/>. [Accessed 27. aprill, 2023].
- [6] wattsense, "Building Management System (BMS)," [Online]. Available: <https://wattsense.com/bms/>. [Accessed 25. aprill, 2023].
- [7] Thermokon, "Thermokon," [Online]. Available: <https://www.thermokon.de/direct/en-gb/products/lcf02-5do-rs485-modbus-24-v>. [Accessed 28. märts, 2023].
- [8] Arrow, "Top Thermistors For Your Project: NTC & PTC Thermistors," [Online]. Available: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/top-five-thermistors-ntc-and-ptcs#:~:text=%2D%20A%2010k%20NTC%20thermistor%20displays,a%20positive%20temperature%2Dresistance%20relationship..> [Accessed 25. aprill, 2023].
- [9] Thermokon, "NOVOS 3 temp white design NTC10k," [Online]. Available: <https://www.thermokon.de/direct/en-gb/products/novos-3-temp-white-design-ntc10k>. [Accessed 25. aprill, 2023].
- [10] Eetel, "Kaablite tulekindluse kokkulepe," [Online]. Available: <https://eetel.ee/wp-content/uploads/2017/10/Kaablite-tuletundlikkuse-kokkulepe.docx>. [Accessed 28. märts, 2023].
- [11] Siseminister, "Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded," [Online]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktulisa/1230/2202/1013/LISA%2010_21112018.pdf. [Accessed 28. märts, 2023].

- [12] PRYSMIAN GROUP BALTICS AS, "Kaabli valikul lähtu määrusest ja kvaliteedist," [Online]. Available: https://baltics.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PG-Baltics_CPR2022_A5_ee.pdf. [Accessed 28. märts, 2023].
- [13] ESVIKA, "ESVIKA," [Online]. Available: <https://pood.esvika.ee/kaablid-ja-juhtmed/jhsth-2x2x08-bd-hall-signkaabel-ccas1d1a1>. [Accessed 29. märts, 2023].

LISAD

- Lisa 1. Esimese korruse kütteautomaatika plaanijoonis
- Lisa 2. Automaatikakilbi joonis 1
- Lisa 3. Automaatikakilbi joonis 2
- Lisa 4. Automaatikakilbi joonis 3
- Lisa 5. Automaatikakilbi joonis 4
- Lisa 6. Tüüpskeem TS-1
- Lisa 7. Tüüpskeem TS-2
- Lisa 8. Tüüpskeem TS-3
- Lisa 9. Esimese korruse kaablitabel
- Lisa 10. Pilt kollektorikapist
- Lisa 11. Pildid peale kontuuri avamist
- Lisa 12. Täidetud kontrolltabel
- Lisa 13. Pildid kontuuri vale paiknemise kohta
- Lisa 14. Automaatne kulu arvutamise tabel esimese korruse tulemustega

1.korrus

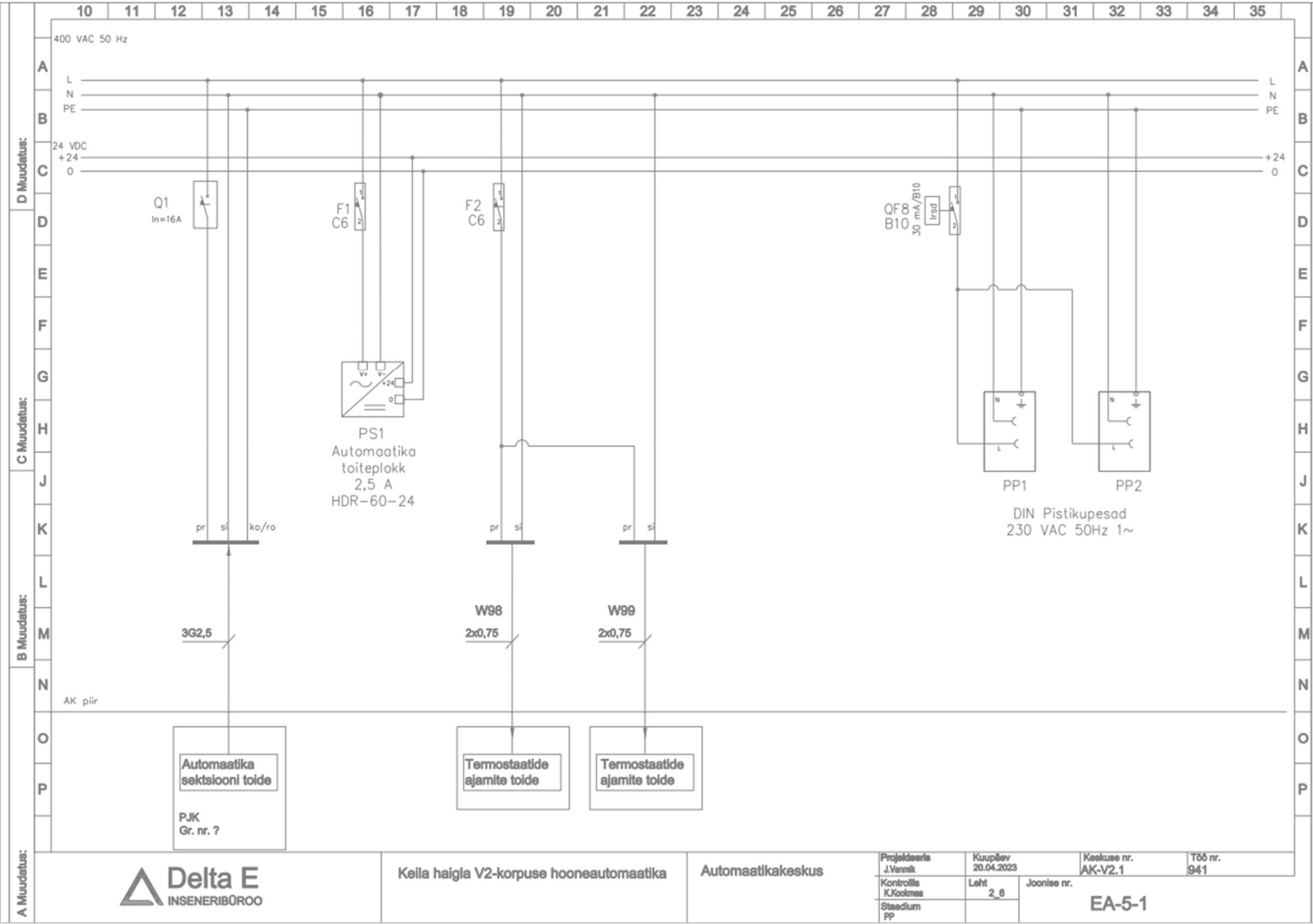
Legend:

- Red line: Värmejohdus (Heating distribution)
- Blue line: Vesi- ja viivajohdus (Water and drainage distribution)
- Red circle with 'R': Radiator
- Blue circle with 'V': Ventti (Valve)
- Red circle with 'A': AK (Aluekyläkeskus / District Cooling Center)
- Blue circle with 'T': Terveystieteiden tutkimuskeskus (Health Sciences Research Center)
- Red circle with 'C': C (Cooling)
- Blue circle with 'H': H (Heating)

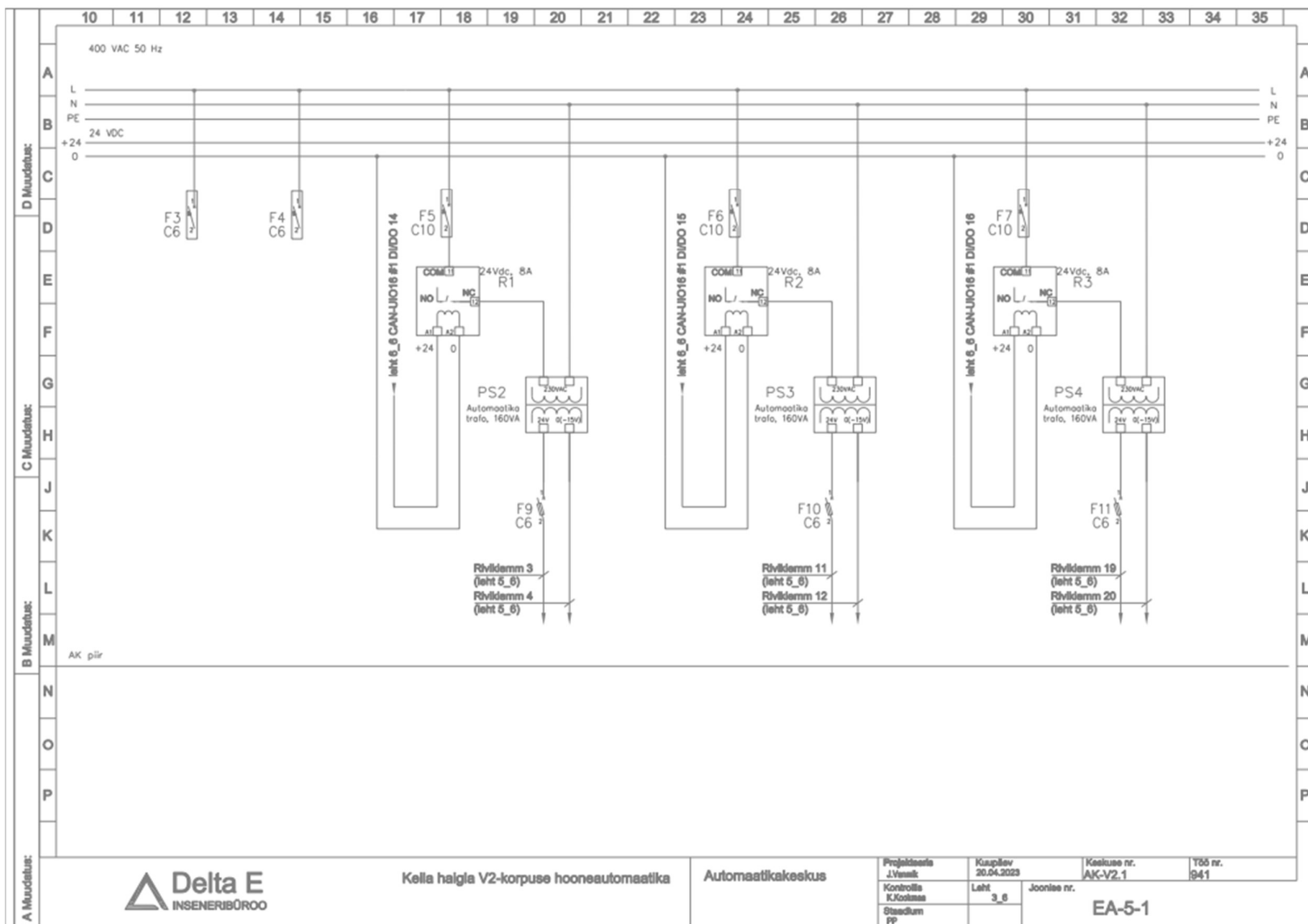
Room List:

Room Number	Room Name	Area (m²)	System
101	Kokoushuone	12.5	Heating
102	Kokoushuone	12.5	Heating
103	Kokoushuone	12.5	Heating
104	Kokoushuone	12.5	Heating
105	Kokoushuone	12.5	Heating
106	Kokoushuone	12.5	Heating
107	Kokoushuone	12.5	Heating
108	Kokoushuone	12.5	Heating
109	Kokoushuone	12.5	Heating
110	Kokoushuone	12.5	Heating
111	Kokoushuone	12.5	Heating
112	Kokoushuone	12.5	Heating
113	Kokoushuone	12.5	Heating
114	Kokoushuone	12.5	Heating
115	Kokoushuone	12.5	Heating
116	Kokoushuone	12.5	Heating
117	Kokoushuone	12.5	Heating
118	Kokoushuone	12.5	Heating
119	Kokoushuone	12.5	Heating
120	Kokoushuone	12.5	Heating
121	Kokoushuone	12.5	Heating
122	Kokoushuone	12.5	Heating
123	Kokoushuone	12.5	Heating
124	Kokoushuone	12.5	Heating
125	Kokoushuone	12.5	Heating
126	Kokoushuone	12.5	Heating
127	Kokoushuone	12.5	Heating
128	Kokoushuone	12.5	Heating
129	Kokoushuone	12.5	Heating
130	Kokoushuone	12.5	Heating
131	Kokoushuone	12.5	Heating
132	Kokoushuone	12.5	Heating
133	Kokoushuone	12.5	Heating
134	Kokoushuone	12.5	Heating
135	Kokoushuone	12.5	Heating
136	Kokoushuone	12.5	Heating
137	Kokoushuone	12.5	Heating
138	Kokoushuone	12.5	Heating
139	Kokoushuone	12.5	Heating
140	Kokoushuone	12.5	Heating
141	Kokoushuone	12.5	Heating
142	Kokoushuone	12.5	Heating
143	Kokoushuone	12.5	Heating
144	Kokoushuone	12.5	Heating
145	Kokoushuone	12.5	Heating
146	Kokoushuone	12.5	Heating
147	Kokoushuone	12.5	Heating
148	Kokoushuone	12.5	Heating
149	Kokoushuone	12.5	Heating
150	Kokoushuone	12.5	Heating
151	Kokoushuone	12.5	Heating
152	Kokoushuone	12.5	Heating
153	Kokoushuone	12.5	Heating
154	Kokoushuone	12.5	Heating
155	Kokoushuone	12.5	Heating
156	Kokoushuone	12.5	Heating
157	Kokoushuone	12.5	Heating
158	Kokoushuone	12.5	Heating
159	Kokoushuone	12.5	Heating
160	Kokoushuone	12.5	Heating
161	Kokoushuone	12.5	Heating
162	Kokoushuone	12.5	Heating
163	Kokoushuone	12.5	Heating
164	Kokoushuone	12.5	Heating
165	Kokoushuone	12.5	Heating
166	Kokoushuone	12.5	Heating
167	Kokoushuone	12.5	Heating
168	Kokoushuone	12.5	Heating
169	Kokoushuone	12.5	Heating
170	Kokoushuone	12.5	Heating
171	Kokoushuone	12.5	Heating
172	Kokoushuone	12.5	Heating
173	Kokoushuone	12.5	Heating
174	Kokoushuone	12.5	Heating
175	Kokoushuone	12.5	Heating
176	Kokoushuone	12.5	Heating
177	Kokoushuone	12.5	Heating
178	Kokoushuone	12.5	Heating
179	Kokoushuone	12.5	Heating
180	Kokoushuone	12.5	Heating
181	Kokoushuone	12.5	Heating
182	Kokoushuone	12.5	Heating
183	Kokoushuone	12.5	Heating
184	Kokoushuone	12.5	Heating
1			

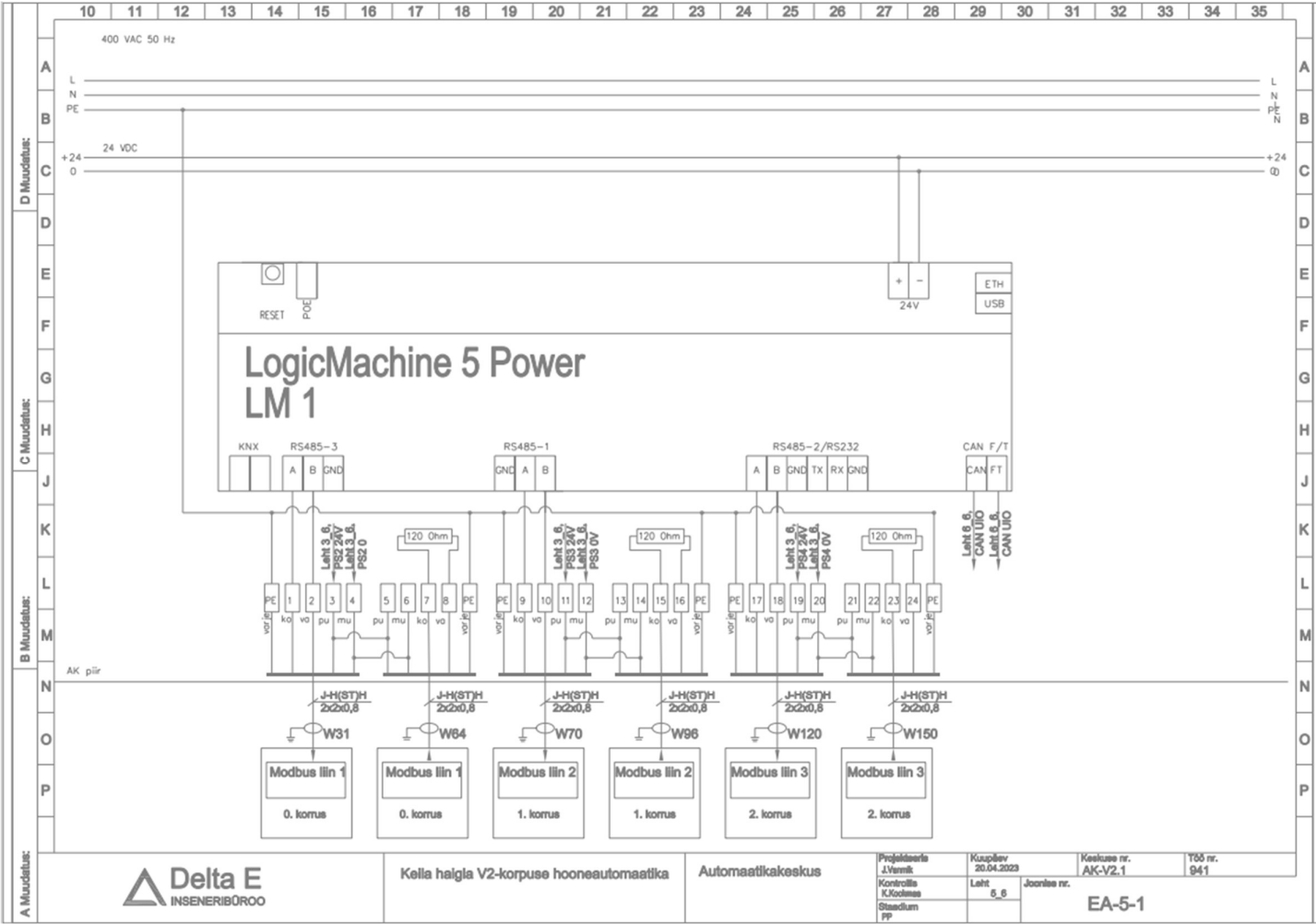
Lisa 2. Automaatikakilbi joonis 1



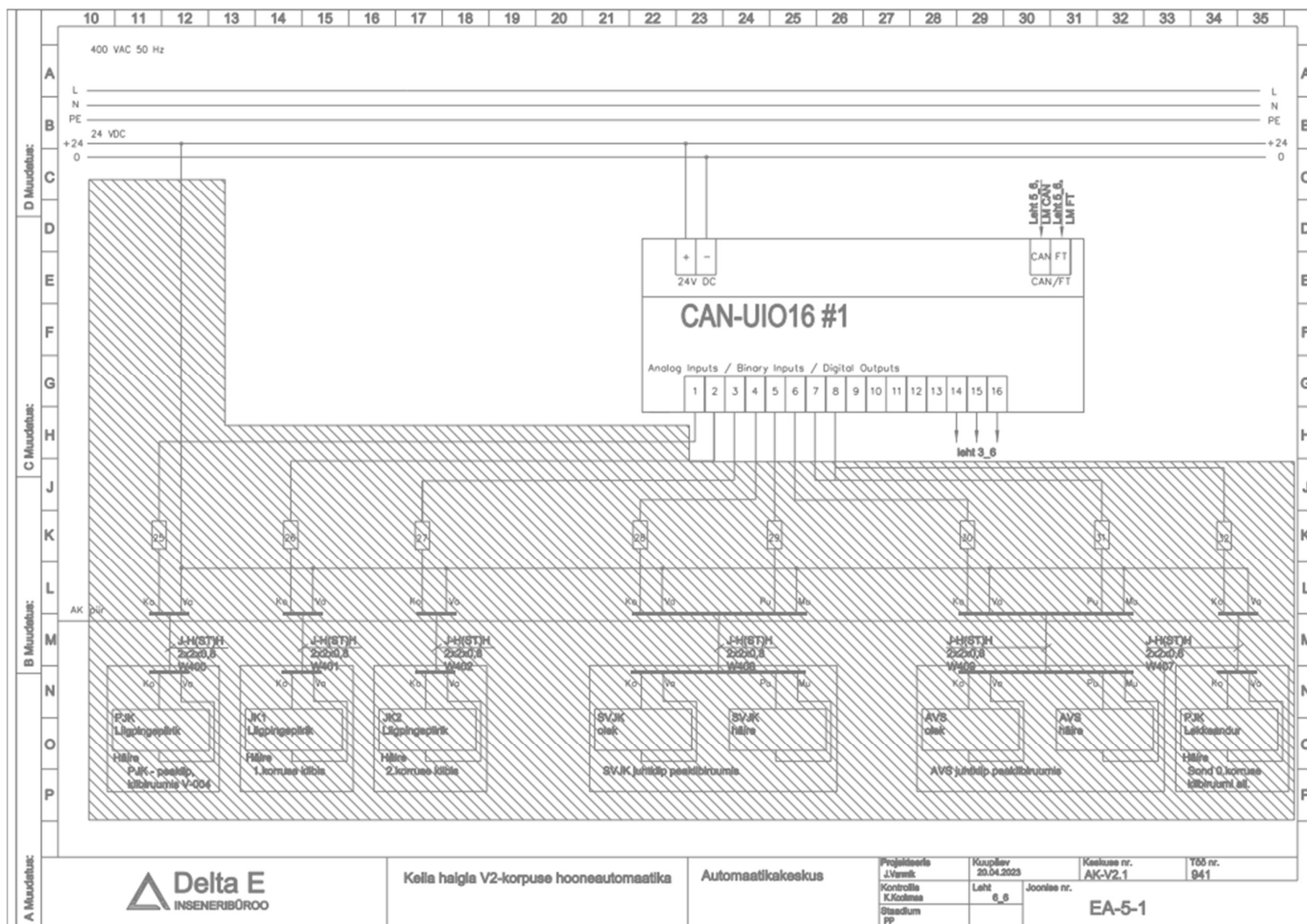
Lisa 3. Automaatikakilbi joonis 2



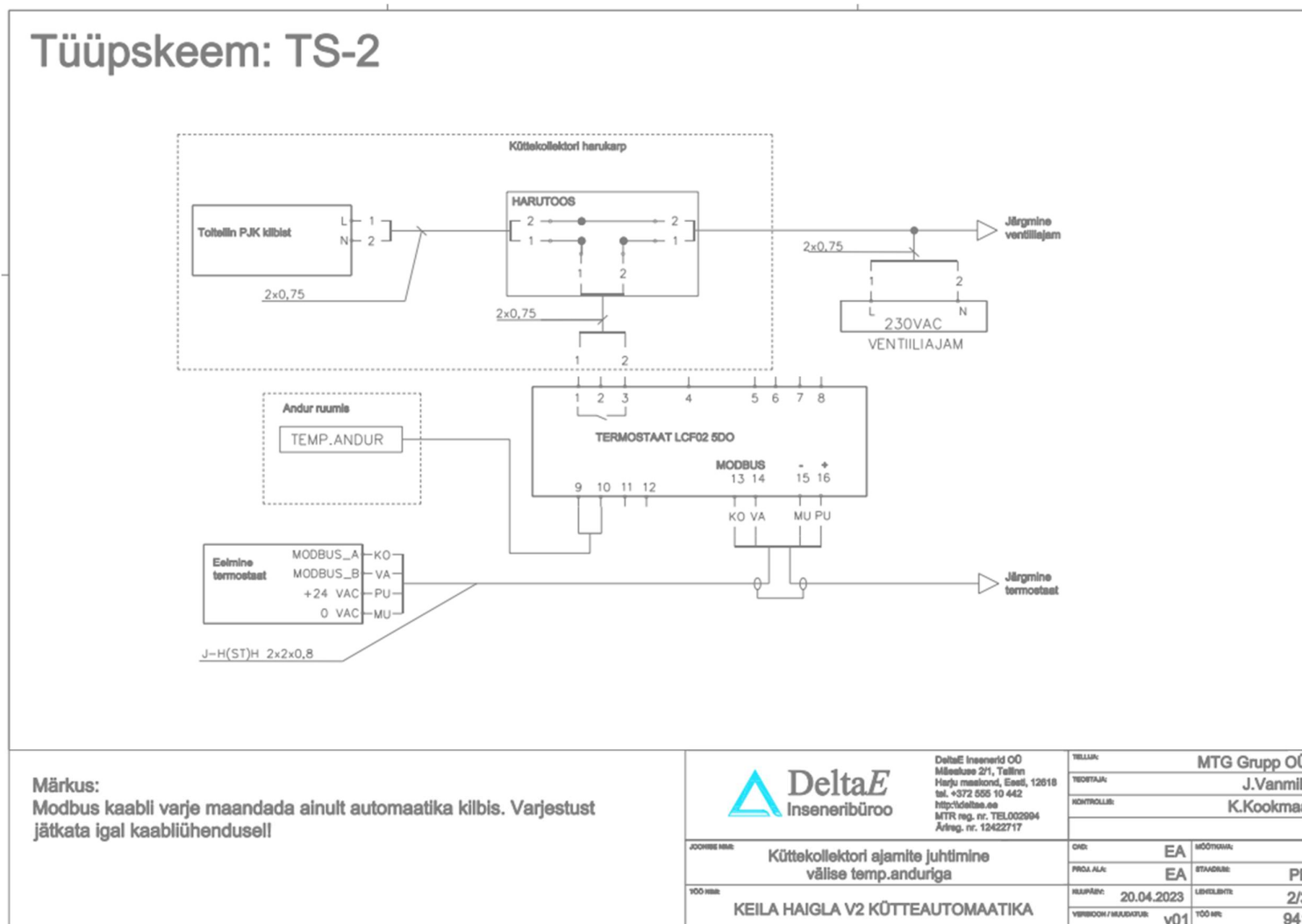
Lisa 4. Automaatikakilbi joonis 3



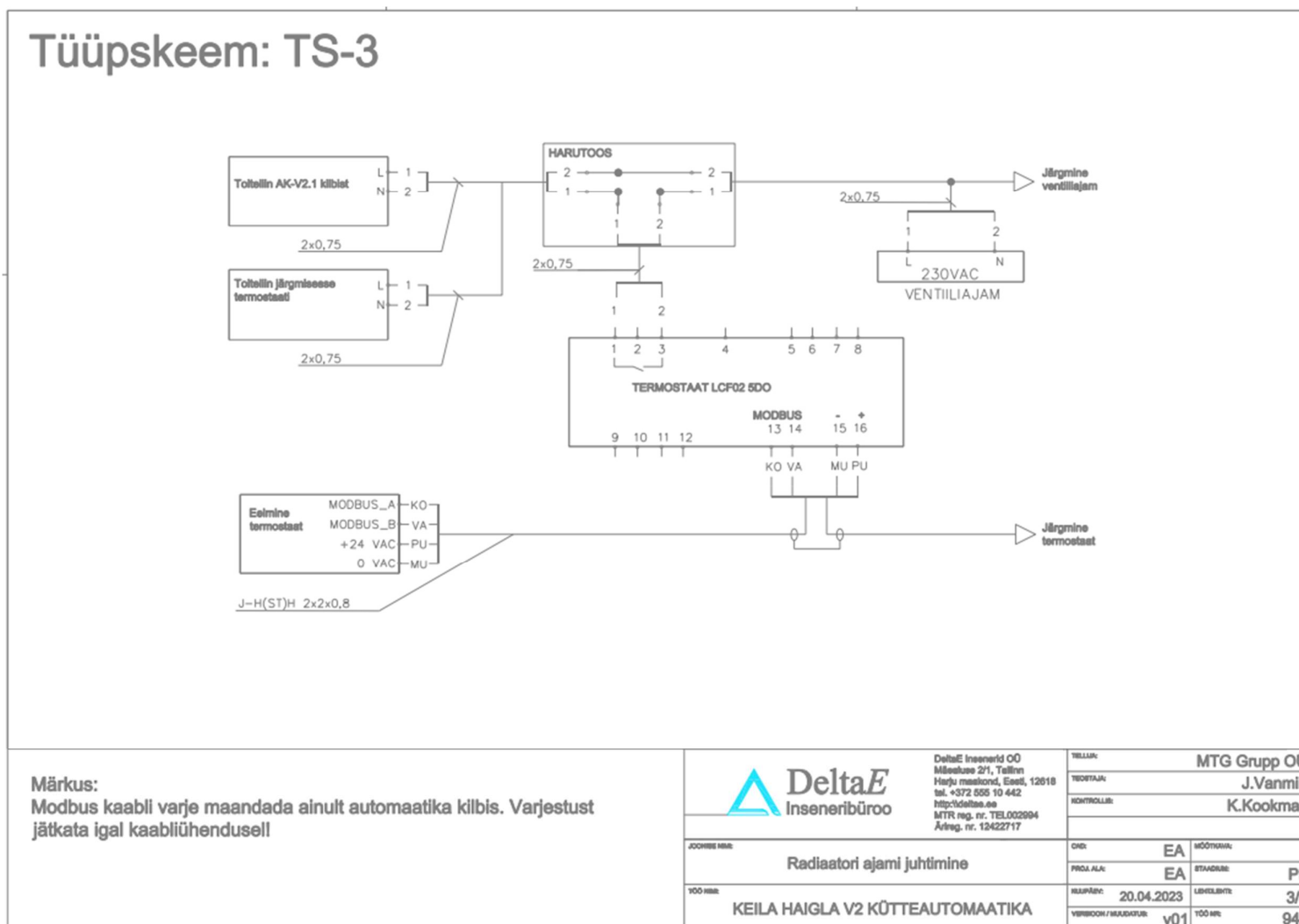
Lisa 5. Automaatikakilbi joonis 4



Lisa 7. Tüüpskeem TS-2



Lisa 8. Tüüpskeem TS-3



Lisa 9. Esimese korruse kaablitabel

Kella haigla AS
Hooneautomaatika
941_PP_EA-5-1-v01_Automaatika-kaabeldus

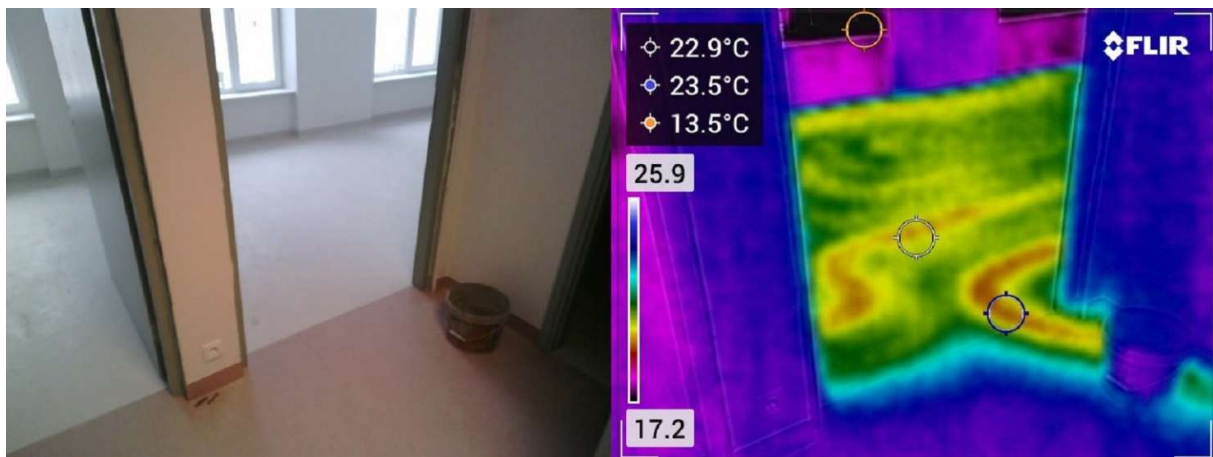
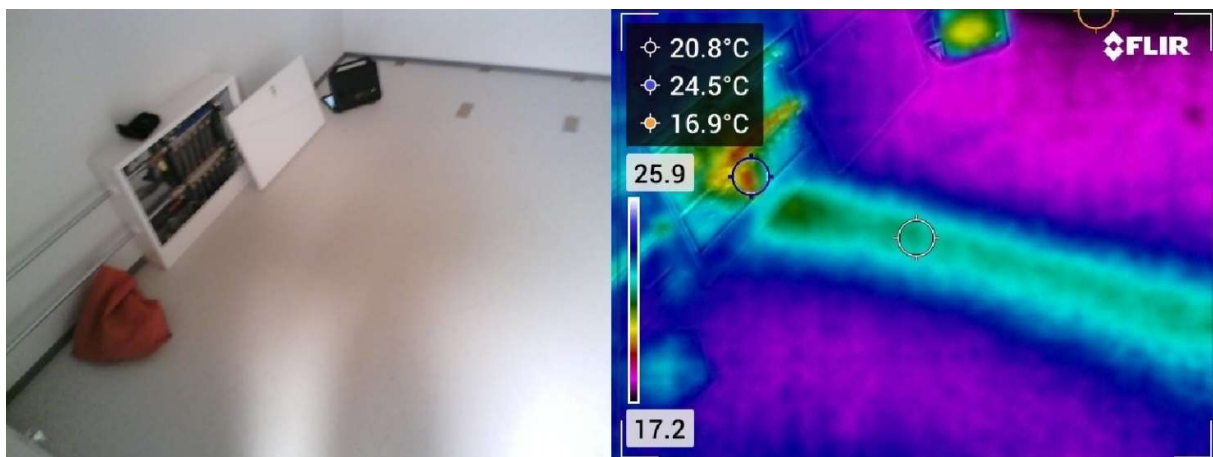
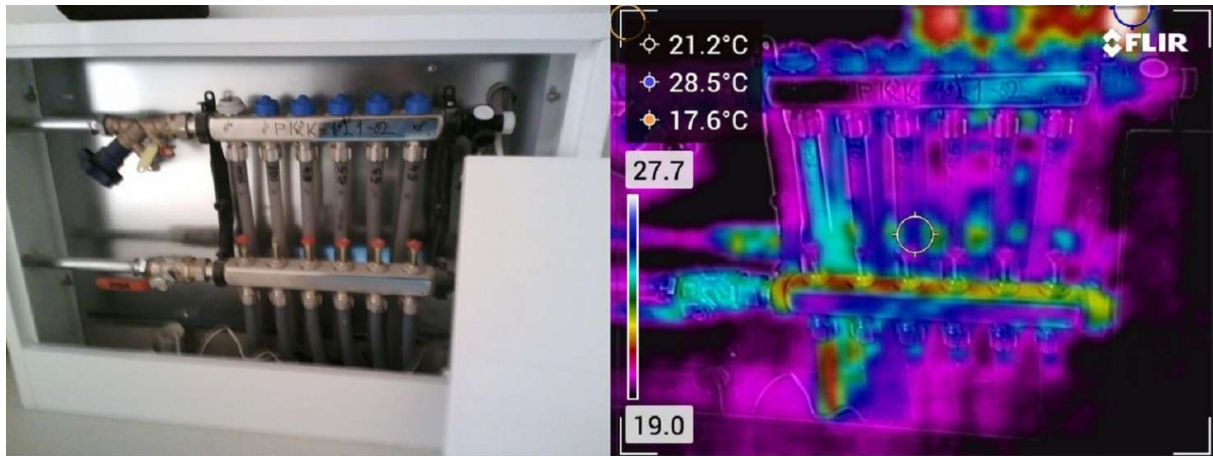
Automaatika kaablid

I/O loetelu															
Kaabli tähtis	Nimetus	Tingmärk	DO	DI	AO	AI	Aadr ess	Signaali tüüp	Kaabli tüüp	Algus	Ruumi nr.	Tüüpske eml joonise tähtis			
PLATSEADMED (W31-W400)			52	52	78	26									
AK1, Modbus liin 2															
W70	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	49	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	AK1			TS-2		
W71	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	50	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-49			TS-2		
W72	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	51	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-50	TK1		TS-3		
W73	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	52	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-51	141		TS-2		
W74	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	53	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-52	140		TS-2		
W75	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	54	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-53	139		TS-1		
W76	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	55	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-54	138		TS-1		
W77	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	56	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-55	135		TS-2		
W78	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	57	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-56	133		TS-2		
W79	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	58	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-57	131		TS-2		
W80	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	59	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-58	128		TS-2		
W81	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	60	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-59	125		TS-2		
W82	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	61	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-60	118		TS-2		
W83	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	62	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-61	114		TS-1		
W84	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	63	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-62	111		TS-2		
W85	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	64	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-63	111		TS-1		
W86	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	65	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-64	110		TS-1		
W87	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	66	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-65	109		TS-1		
W88	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	67	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-66	TK2		TS-3		
W89	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	68	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-67	150		TS-3		
W90	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	69	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-68	148		TS-3		
W91	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	70	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-69	146		TS-3		
W92	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	71	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-70	159		TS-3		
W93	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	72	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-71	154		TS-3		
W94	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	73	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-72	101		TS-1		
W95	LCF02D05	TC1	2	2	3	1	74	Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-73	102		TS-1		
W96	AK1							Modbus	J-H(S)H2x2x0,8	TC-74					
KUTTEKONTUURIDE JUHTIMINE (PK vastavalt KVJ jooniste)			0	0	0	0									
Korrus 1 kütte															
PKR-137.1	Küttekontuur kollektorisse	PKK-137						230Vac	2x0,75	TC-65	137		TS-2		
PKR-137.2	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-64	137		TS-2		
PKR-137.3	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-53	137		TS-2		
PKR-137.4,5	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-52	137		TS-2		
PKR-137.6	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-50	137		TS-2		
PKR-137.7	Küttekontuur kollektorisse	PKK-117.1						230Vac	2x0,75	TC-49	137		TS-2		
PKR-117.1.1	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-61	117		TS-2		
PKR-117.1.2,3	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-66	117		TS-2		
PKR-117.1.4-5	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-65	117		TS-2		
PKR-117.2.1-2	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-64	117		TS-2		
PKR-117.2.3	Küttekontuur kollektorisse	PKK-117.1						230Vac	2x0,75	TC-63	117		TS-2		
PKR-117.2.4	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-62	117		TS-2		
PKR-120.1.1-2	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-59	120		TS-2		
PKR-120.1.3,4	Küttekontuur kollektorisse	PKK-120.1						230Vac	2x0,75	TC-60	120		TS-2		
PKR-120.2.1-2	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-58	120		TS-2		
PKR-120.2.3	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-57	120		TS-2		
PKR-120.2.4-5	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-56	120		TS-2		
PKR-103.1,2	Küttekontuur kollektorisse	PKK-103						230Vac	2x0,75	TC-73	103		TS-3		
PKR-103.3	Küttekontuur kollektorisse							230Vac	2x0,75	TC-74	103		TS-2		
Trepikoja radiaatorite kütte, ajamite kaablid															
W97	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-51	TK 1		TS-3		
W98	Radiaatorajamite ajamite toide							230Vac	2x0,75	AK1			TS-3		
W99	Radiaatorajamite ajamite toide							230Vac	2x0,75	AK1			TS-3		
W100	ajamite toide järgmisesse termostaati TC-72							230Vac	2x0,75	TC-67	154		TS-3		
W101	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-67	TK 2		TS-3		
W102	ajamite toide järgmisesse termostaati TC-88							230Vac	2x0,75	TC-72	150		TS-3		
W103	ajamite toide järgmisesse termostaati TC-71							230Vac	2x0,75	TC-68	159		TS-3		
W104	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-72	154		TS-3		
W105	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-68	159		TS-3		
W106	ajamite toide järgmisesse termostaati TC-71							230Vac	2x0,75	TC-69	148		TS-3		
W107	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-71	159		TS-3		
W108	ajamite toide järgmisesse termostaati TC-70							230Vac	2x0,75	TC-69	146		TS-3		
W109	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-69	148		TS-3		
W110	Radiaatorajamite juhtimine	M						230Vac	2x0,75	TC-70	146		TS-3		

Lisa 10. Pilt kollektorikapist



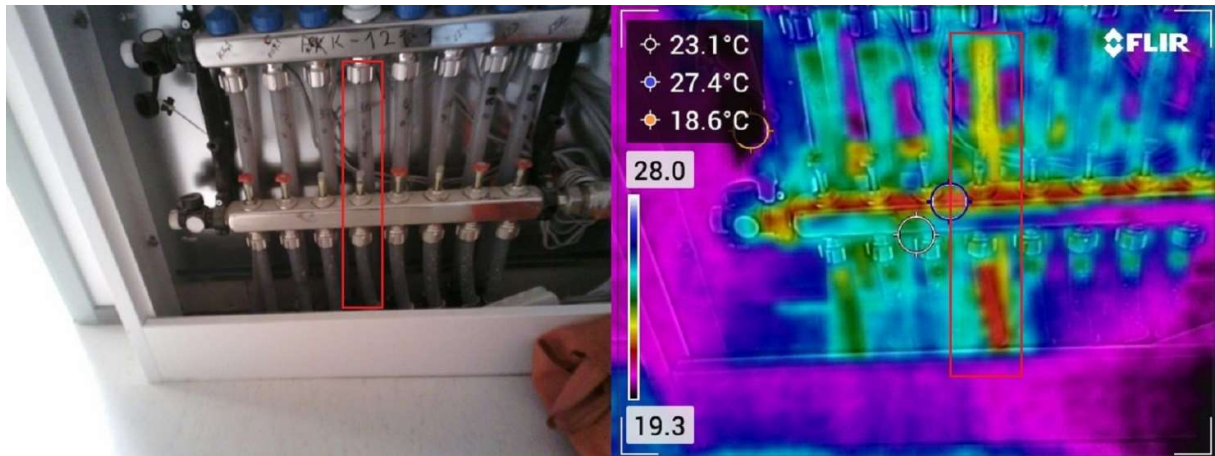
Lisa 11. Pildid peale kontuuri avamist



Lisa 12. Täidetud kontrolltabel

Märgista värviga						
Korras						
Valesti						
Termostaat	Kollektorikapp ja ajam	Ruum	Modbus aadress	Õige ajam	Küttekontuur	Kommentaar
TC-29	PKK-121.1.4	125	29		Juhib tegelikult koridori	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-30	PKK-121.1.3	124	30		Juhib tegelikult ruumi 107	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-31	PKK-121.1.2	123	31		Juhib tegelikult ruumi 107	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-32	PKK-121.1.1	122	32		Juhib tegelikult ruumi 106	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-33	PKK-121.1.5	100	33		Juhib tegelikult ruumi 125	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-61	PKK-121.1.8	106.1	61		Juhib tegelikult ruumi 122	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-62	PKK-121.1.7	107.1	62		Juhib tegelikult ruumi 123	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-63	PKK-121.1.6	107	63		Juhib tegelikult ruumi 124	Markeerimist valelt poolt alustatud
TC-37	PKK-117.2.4/5/6	108	37			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-38	PKK-117.2.2	100	38			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-39	PKK-117.2.3/4	109	39			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-53	PKK-117.2.1	102	53			Aadress oli jäänud sisestamata
TC-33	PKK-121.2.4	100	33			
TC-34	PKK-121.2.5/6	120	34			Kontuurid vahetuses. Asuvad samas ruumis.
TC-58	PKK-121.2.3	105.1	58			
TC-59	PKK-121.2.2	105	59			
TC-60	PKK-121.2.1	106	60			
TC-42	PKK-110.7	113	42			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-43	PKK-110.8	113.1	43			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-44	PKK-110.1	111	44			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-45	PKK-110.2	110	45			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-46	PKK-110.3/4/5	112	46			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-49	PKK-110.6	100	49			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-40	PKK-114.4	115	40			
TC-46	PKK-114.6/7	112	46			
TC-47	PKK-114.8	126	47			
TC-48	PKK-114.1	114	48			Esimene ja teine ajam vahetuses
TC-49	PKK-114.5	100	49			
TC-50	PKK-114.2	101.1	50			Esimene ja teine ajam vahetuses
TC-51	PKK-114.3	101	51			
TC-33	PKK-117.1.2	100	33			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-35	PKK-117.1.1	118	35			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-52	PKK-117.1.7	102.1	52			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-54	PKK-117.1.6	103.1	54			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-55	PKK-117.1.5	103	55			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-56	PKK-117.1.4	104	56			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid
TC-57	PKK-117.1.3	116	57			Peale olid märgitud ruuminumbrid, mitte kontuurid

Lisa 13. Pildid kontuuri vale paiknemise kohta



Lisa 14. Automaatne kulu arvutamise tabel esimese korruse tulemustega

Kordajad	
Objekti kaugus ajaliselt	0.5 tundi
Tunnihinne	60 eurot
Probleemseid kohti	10 kordaja

	Aeg ühe vea kohta, h	Kindel aeg, h	Ajakulu, h	Rahakulu, €
Esmane reageerimine	0.25		2.5	150
Käib kohapeal, analüüsib	0.25		3.5	210
Sisend tehnikule (mõlema osapoole aeg)		2	2	120
Tehnik käib kohapeal ja testib hooneautomaatika paigaldust	0.5		6	360
Edasine uurimine (küttejoonised)	0.25		2.5	150
Sisend tehnikule küttekontuuride osas (mõlema osapoole aeg)		2	2	120
Seireinseneri teavitamine klieti seoses küttekontuuride ebatäpsusest ja edasisest tegevusest		1	1	60
Tehnik käib kohapeal ja keerab probleemseid kohad kinni	0.25		3.5	210
Termokaameraga kontuuride kontrollimine	0.75		8.5	510
Muu	0.25		2.5	150
		Kokku	34	2040