



EFFECT4buildings

EFFECT4buildings

Projekti lõppraport

Raporti koostas:

DeltaE Inseneribüroo

Hoiame Kokku Grupp OÜ

Tõnis Vanaveski

Kristjan Hiob

Kristjan Kookmaa

info@deltaE.ee

Tallinn 2020

Sisukord

1	Projekti ülevaade	4
1.1	Tellija eessõna.....	4
1.2	Sissejuhatus ja tegevuste kirjeldus	6
1.3	Programmi kirjeldus	8
1.3.1	Rakendatud alarmide loogika kirjeldus	8
1.3.2	Energiamonitooringu teenuse ülevaade.....	10
1.4	Katseobjektide kirjeldus, tehniline liidestamine, avaldunud probleemid.....	12
1.4.1	Võru Riigigümnaasium	12
1.4.2	Tartu Tamme Gümnaasium	17
1.4.3	Tartu Päästkeskus	23
1.4.4	Põlva Riigigümnaasium.....	28
1.4.5	Lasnamäe 2 büroohoone.....	33
2	Saavutatud tulemused	39
2.1	Kõik objektid kokku.....	40
2.2	Võru Riigigümnaasium.....	45
2.3	Tartu Tamme Gümnaasium	49
2.4	Tartu Päästkeskus	57
2.5	Põlva Riigigümnaasium.....	62
2.6	Lasnamäe 2 büroohoone	65
3	Järeldused ja soovitused.....	68
3.1	Energia monitoorimise süsteemi laialdasem kasutuselevõtt avalikes hoonetes	68
3.2	Mida saab süsteemiga liidestada	68
3.3	Peamised probleemid ja üldistused	69
3.4	Vastused Tellija esitatud küsimustele	70
3.4.1	Kas energiamonitooring (lisarakendus) on rahaliselt tasuv?	70

3.4.2	Mis kasu saab lisateenusest/rakendusest hoone kasutaja, hoone omanik, haldur ja hooldaja?	70
3.4.3	Kas süsteemiga on võimalik liidestada erinevaid automaatikakontrollereid?	71
3.4.4	Monitooringuplatvormi ja automaatikasüsteemi koostötamine – mis on mõistlik ja mis mitte?	71
3.4.5	Kasu ja teostatavus avalikes hoonetes?	71
3.4.6	Mis määral tehisintellekt aitab kaasa tulemuste saavutamisele?	72
3.5	Monitoorimissüsteemi ja automaatikasüsteemi sümbioos.....	73
3.6	Potentsiaalsed turvariskid	74
3.7	Energiamonitooringu tasuvus	74
3.8	Energiakasutuse seiramine teenusena.....	76
3.8.1	Projekti raames.....	76
3.8.2	Kuidas võiks seire teenusena välja näha.....	77
4	Tellija ja kasutajate tagasiside	78
5	Kokkuvõte	81
6	Summary in English.....	83
7	Lisa 1 - Nõuded uutele ja renoveeritavatele hoonetele	85
7.1.1	Ehituslik.....	85
7.1.2	Automaatika ja juhtimine	85
7.1.3	Kauglugemissüsteem.....	88
7.1.4	Hoone kasutaja koolitamine ja informeerimine	91
8	Lisa 2 – Kuuraporti näidis.....	92
9	Lisa 3 – Tehnoloogiliste lahenduste mõju	97

1 Projekti ülevaade

1.1 Tellija eessõna

Riigi Kinnisvara AS on projektipartneriks Interregi läänemere regiooni koostööprojektis “EFFECT4Buildings” (<http://www.effect4buildings.se/>) mille eesmärk on suurendada Läänemere piirkonnas olemasolevate avalike hoonete rakendatud energiatõhususe meetmeid. Sihtrühmaks on avalik-õiguslikud kinnisvaraomanikud, kes on teadlikud tehniliselt võimalikest tegevustest ja arvutustest näitamaks investeringute kasumlikkust, kuid ei suuda neid rakendada finantsbarjääride tõttu.

Projekti tulemuseks on rahastamismeetodid, mis võivad parandada kasumlikkust, hõlbustada rahastamist ja vähendada avaliku kinnisvara investeringute riski. Vahendite näited on tasuvusarvutused, tegevuspaketid, EPC (energiateenus), multifunktsionaalsed kokkulepped, rohelised rendid ja majanduslikud mudelid üheaegseks energia tootmiseks ja tarbimiseks.

Riigi Kinnisvara AS testis tehnoloogiliste lahenduste tööriista all kahte energiamonitooringu teostamise võimalust, mille eesmärk on hallata energiatõhusalt suurt hooneportfelli ning mõõta energiatõhususprojektiga saavutatud energiasäästu.

Kõik uued mitteeluhooned omavad mingisugust hooneautomaatikasüsteemi mille eesmärk on hoone kliimasüsteemide (näiteks ventilatsioon, küte, jahutus) automaatjuhtimine. Nende tarkvarade peamine eesmärk on hoone kliimasüsteemide juhtimine, panemaks tehnosüsteemid tööle selliselt, nagu automaatik süsteemi programmeerinud on. Kas aga majad töötavad alati kõige energiatõhusamalt ning kas olemasolev automaatika võimaldab energiatõhususmeetme rakendamisel saavutatud tulemit mõõta ja anda reaalselt ülevaadet, kui energiatõhusalt hoone toimib? Suur mure on ka selles, et automaatikasüsteem annab veateate, kui seadme funktsionaalsus on häiritud, kuid süsteem ei teavita, kui see töötab ebaefektiivselt. Detailne tarbimisandmete pideva tarkvara abil jälgimise eesmärk on avastada energiakõikumised reaalselt operatiivselt.

Energiamonitooringu testprojektiga hankisime teenusena monitooringut 12 kuu pikkusele perioodile 5-le hoonele (3 koolimaja ja 2 büroohoonet).

Testprojekti peamine väljakutse ja soov oli saada vastused alljärgnevale küsimustele:

- Kuidas toimub pilvepõhise platvormiga lokaalsete energiaarvestite sidumine ja andmekorje erinevatel hoonetel (erinevad hooneautomaatika süsteemid)?

- Kas tunnipõhiste energiakasutuse andmete jälgimine võimaldab kiiremat reageerimist võimalikule ületarbimisele?
- Kas energiamonitooring teenusena aitab kaasa sisekliimakvaliteedi tõusule ja energiatõhususele?
- Kas energiamonitooring võimaldab mõõta energiatõhususprojekti efektiivsust?
- Kui palju mõjutab energiamonitooring hoone halduri ja tehnilise personali igapäevatööd? Mil määral lihtsustab see hoone haldamist?
- Kas välised infosüsteemid (nt Eleringi andmeladu) aitavad kaasa ja võimaldavad energiamonitooringut?
- Kas ja millised kasutatavad tehnoloogilised lahendused on kulutõhusad ja mõistlikud?

Käesolev testperioodi raport annab täpsema ülevaate teostatud tegevustest ja saavutatud tulemustest. Peatükis 4 Projekti ülevaade Tellija ja kasutajate tagasiside on võimalik tutvuda ka hoone tehnilise ja halduspersonali otsese tagasisidega programmi kasutusmugavuse võimaliku lisaväärtuse kohta igapäevatöö tegemisel.

1.2 Sissejuhatus ja tegevuste kirjeldus

Projekti raames valiti Tellija poolt välja viis võrdlemisi kaasaegset hoonet, kuhu on integreeritud mitmeid tehnoloogilisi lahendusi (nt hooneautomaatika, ruumikliima juhtimine, soojustagastusega ventilatsiooni vajaduspõhine juhtimine jne) (objekte kirjeldatakse täpsemalt peatükis 1.4), mis on kas püstitatud võrdlemisi hiljuti või milles on teostatud laiaulatuslikum renoveerimine. Seega on tegemist suhteliselt kaasaegsete hoonetega, mida saab läbi automaatikasüsteemide juhtida ja seirata, kuid millede ühiseks läbivaks probleemiks oli võrdlemisi suur energiakulu.

Projekti üheks laiemaks eesmärgiks ongi välja selgitada, kuidas energiakulu monitoorimine kaugloetava arvestisüsteemi kaudu võiks aidata hoone energiakulu vähendada ning kas seda on mõistlik teha (kas sellel on reaalne tulemus).

Tellija poolne kirjeldus projektile (väljavõtte hankedokumentatsioonist).

„Riigihanke eesmärk kõigis hanke osades on katsetada energiamonitooringu süsteemi, kui uudse tehnoloogilise lahenduse mõju ja võimalikku positiivset efekti kinnisvara optimaalseks haldamiseks, energiatõhususele suunatud investeeringu otstarbekuse mõõtmiseks ja ruumiõhu sisekliima parendamiseks. Hankija soovib hankida demoperioodiks kolme koolimaja, ühe büroohoone ja ühe sisejulgeolekuhoone liitmist energiamonitooringu rakendusega (Hange on jaotatud osadeks, osaga I soovib hankida kahe koolimaja ja ühe sisejulgeolekuhoone liitmist, osaga II ühe koolimaja ja osaga III ühe büroohoone), mis võimaldab reaalajas ja operatiivselt avastada võimalikke energiakasutuse kõrvalekaldeid optimaalsetest töörežiimidest. Pakkuja võib esitada pakkumuse ainult ühele või kahele või kõigile osadele.

Käesoleva hanke objektiks on energiamonitooringusüsteemi paigaldus ja hoonete energiakasutuse monitooring peale süsteemi häälestamist 12 kuu vältel koos regulaarse raporteerimise ja monitooringusüsteemi parendamisega. Tegevuste raames liidetakse monitooringusüsteemiga järgmised hooned (Tabel 1).“

Kuna kõikides hoonetes oli olemas BMS-süsteem kaugloetavate arvestitega, oli esimeseks ülesandeks välja töötada lahendused, kuidas olemasolevatest arvestisüsteemidest infokorjet teostada ja andmed turvaliselt energiamonitoorimisplatvormi toimetada. Viiel objektil oli kolme tüüpi BMS-süsteeme.

- Niagara AX.
- Siemens Desigo.

- Metasys.

Peale seda, kui andmeedastuskanalid olid loodud ning toimus tarbimisandmete korje, alustati energiatarbimise seiramist läbi energia monitoorimise platvormi. Igakuiselt koostati raport tarbimisandmetega, kvartaalselt võeti kokku teostatud tegevused, tulemused ja energiatarbimine (vaheraportid). Vaheraportite ja projekti käigus kogutud informatsiooni põhjal valmis käesolev lõppraport.

Töövõtja poolt osalesid projektis järgnevad spetsialistid ja osapooled.

- Tõnis Vanaveski, Diplomeeritud energiatõhususe spetsialist, tase 7 (kutse nr 112340); Ehitusinsener (küte ja ventilatsioon), tase 4. Roll projektis: BMS-süsteemide seiramine, energatõhususmeetmete väljatöötamine ja rakendamine, projektijuhtimine.
- Kristjan Hiob, Diplomeeritud elektriinsener, tase 7 (kutse nr 151006). Roll projektis: mõõtmissüsteemide integreerimine, andmekorje, seadistamine, projektijuhtimine.
- Kristjan Kookmaa, laialdase kogemusega projektijuht (elekter, automaatika, KVV). Roll projektis: projektijuhtimine ja nõustamine tehniliste lahenduste väljatöötamisel.
- Kristen Lalin, automaatikaspetsialist. Roll projektis: mõõtmissüsteemide integreerimine, andmekorje, BMS-süsteemide seadistamine.
- Martin Mäemees, automaatikainsener. Roll projektis: andmekorje, süsteemide seadistamine.
- Kalvin Juurik, valgustusinsener. Roll projektis: valgustuslahenduste hindamine.
- Vaido Velt, projektijuht. Roll projektis: hoonete detailsete kaardistuste koordineerimine.
- Pristis AS. Roll projektis: BMS-süsteemi liidestamine monitooringusüsteemiga, programmiliste ja loogikaliste muudatuste sisseviimine Niagara AX BMS-süsteemidega objektidel.
- Extech Design OÜ. Roll projektis: BMS-süsteemi liidestamine monitooringusüsteemiga Metasys BMS-süsteemiga objektil.
- Klik AS. Roll projektis: BMS-süsteemi liidestamine monitooringusüsteemiga Siemens Desigo BMS-süsteemiga objektil.

Lisaks nimetatule osales töövõtja poolelt projektis ka muud personali, kelle ülesandeks oli abistamine administratiivtegevustes, tehniliste lahenduste- ning energiatõhususmeetmete väljatöötamises, kuid kelle roll projektis ei olnud tsentraalne.

1.3 Programmi kirjeldus

Projektis esitati energia monitoorimise tarkvarale järgnevad tingimused (väljavõte hankedokumentatsioonist).

„Monitooringusüsteem peab omama sisseehitatud algoritme automaatseks energiakasutuse seiramiseks ja analüüsiks, omama kraadpäevade teisendust, võimaldama koostada energiatarbimise infovaadet mida on võimalik kuvada hoone kasutajatele nende harimise eesmärgil (st. olema vaadatav üle HTML veebisirvija);“

Kirjeldatud funktsionaalsuse põhjal valiti optimaalse lahendusena (arvestades funktsionaalsuse ja maksumuse suhet) välja tarkvara EcoSCADA, mille põhifunktsionaalsuses sisaldub (kuid ei ole sellega piiratud):

- Veebirakendus, mida saab avada veebilehitsejaga ning mille andmed asuvad pilveserveris (igalt poolt ligipääsetav).
- Tarbimise teisendamine kraadpäevadele.
- Graafikute genereerimine (luua saab erinevaid tüüpi graafikuid ning kasutaja saab valida, millist infot konkreetsel graafikul kuvatakse, näiteks erinevate mõõtepunktide või ajaperioodide võrdlemine).
- Automaatne seire ja alarmid (tarbimise järsk muutumine, andmeedastuse tõrge, tarbimise piirmäärad jms).
- Energia- ja rahalise kokkuhoiu kokkuvõtted võrreldes referentsaastaga.
- Raportite genereerimine.
- Võimalus luua erinevate ligipääsuastmetega kasutajaid ja kasutajagruppe.

Peamised argumendid tarkvara valikul olid selle funktsionaalsus (et hankes nõutud funktsionaalsus oleks täidetud), eelnev kogemus tarkvarade kasutamisel, kasutusmugavus ning selle maksumus. Alternatiividena kaaluti veel ka muid tarkvarasid, näiteks DEXCell Energy Manager ning R8, kuid projekti alustades oli optimaalseimaks valikuks EcoSCADA.

1.3.1 Rakendatud alarmide loogika kirjeldus

Alarmidega seotud tarbimisandmeid võrreldi ühe ööpäeva täpsusega. Kui tegelik tarbimine ületas alarmi piirmäära, saatis süsteem selle kohta teate järgmisel päeval. Teated alarmide kohta edastati e-kirja teel ühe koondkirjana. See tähendab, et kui üks adressaat oli mitme alarmi teate saajate hulgas, siis olid kõik alarmi teated ühes kirjas. Iga alarmi teate juurde oli lisatud ka veebilink, millega sai minna konkreetse alarmiga seotud tarbimisgraafikule, kus oli kuvatud tegelik tarbimine ja prognoositud tarbimine.

Alarmer energiatarbimise kohta genereeriti erinevate loogikate alusel. Suures plaanis oli alarmer kahte tüüpi, mille puhul peamiseks erinevuseks on lubatud piirmäär määramise reegel:

- fikseeritud tarbimise piirmäär – alarmi reeglisse kirjutati konkreetse ressursi tarbimise lubatud kogus,
- adaptiivne piirmäär – tarbimise lubatud kogus arvutati eelnenud nädala pikkuse perioodi keskmise ja alarmi reeglisse lisatud protsentuaalse lubatud tarbimise põhjal. See tähendab, et kui alarmi reeglis on piirmääraks näiteks 120%, siis sellest 100% moodustab eelneva nädala keskmine ja 20% on lubatud tarbimise kõrvalekalle (antud juhul 20% suurem tarbimine).

Mõlema variandi puhul pidid olema täidetud ka ülejäänud reeglid. Näiteks, kas tegemist on tööpäeva või puhkepäevaga. Kui alarmi reegel kehtis tööpäeval, siis võeti arvesse 7 varasema tööpäeva tarbimine ning puhkepäevasid ei arvestatud.

Lisaks oli võimalik alarmidele lisada reegleid, mille puhul arvestati konkreetset nädalapäeva, kellaaega või välisõhu temperatuuri (min, max, vahemik).

Alarmi reeglite valik sõltus väga palju mõõdetavast ressursist ja selle tarbimise iseloomust. Näiteks, Lasnamäe 2 büroohoone korruste vee alamarvestite puhul ei sobinud adaptiivne reegel, kuna tarbimised olid väga väikesed ja võisid väga suures ulatuses kõikuda. Seetõttu tuli kasutada fikseeritud piirmäärasid, mis aitaksid avastada pigem lekkivaid sanitaarseadmeid.

Alarmide seadistamise tegi keeruliseks energiamonitooringu platvormi võimaluste piiratus. Seetõttu genereeriti alarmer rohkem, kui oleks vaja olnud. Peamiseks takistuseks oli soojusenergia tarbimisel tegeliku väliskliima järgi soojusenergia tarbimise võrdlus. Kui soojusenergia tarbimine üldiselt teisendati ära kraadpäevade järgi, siis alarmide seadistamisel see võimekus puudus ning alarmer genereeriti ainult tegeliku tarbimise võrdluse tulemusel. See tähendab, et perioodil, kus väliskliima jahenes ja soojusenergia tarbimine kasvas, saatis süsteem alarmer praktiliselt iga päev.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et praegune versioon EcoSCADA süsteemist sobib väga hästi süsteemidele, mille tarbimine ei sõltu väliskliimast. Arendust vajab muutlikumate kliimadega piirkondade tarbeks alarmide funktsionaalsus (tarkvara omanik tegeleb aktiivselt tarkvara arendamisega). Kõikide jahutus- ja soojusenergiat tarbivate süsteemide tarbimise monitoorimiseks on vaja reeglite loogikas suuremat paindlikkust, mis loodetavasti lähiajal saabub. EcoSCADA praeguse versiooni puhul saab konfigureerida rohkem alarmer erinevate

välitemperatuuri vahemike kohta, millega saab täpsust paremaks, kuid suures plaanis see olukorda ei lahenda.

1.3.2 Energiamonitooringu teenuse ülevaade

Järgnevalt on antud lühiülevaade energiamonitooringu protsessist ja peamistest tegevustest.

Teostusdokumentatsiooniga tutvumine

Ülevaate saamine tehnosüsteemide arvust ja keerukusest. Esmaste mõtete kogumine, mida objektil lähemalt uurida ning mida teiste osapooltega arutada.

Hooneautomaatikaga tutvumine

Ülevaate saamine tehnosüsteemide seadistustest ja keerukusest. Esimeste suuremate probleemide tuvastamine. Esmaste mõtete kogumine, mida objekti ülevaatusel teiste osapooltega arutada.

Objektide ülevaatus

Ülevaatuste käigus tutvuti RKAS'i halduritega, hooldajatega ning hoonete lõppkasutajatega. Ülevaatuste eesmärgiks oli saada ülevaade hoone ja tehnosüsteemide füüsilisest olukorrast, saada erinevatelt osapooltelt ülevaade tehnosüsteemide ja sisekliimaga seotud probleemidest.

Sisekliima mõõtmised ja analüüsid

Kõikidel objektidel teostati sisekliima mõõtmised vähemalt ühe nädala pikkusel perioodil. Mõõdeti siseõhu temperatuuri, suhtelist niiskust ja süsihappegaasi kontsentratsiooni. Mõõtmiste eesmärk oli saada parem ülevaade ruumide sisekliimast ja tehnosüsteemide toimivusest.

Esmaste ettepanekute tegemine ja seadistuste teostamine

Eelneva info põhjal tehti esimesed ettepanekud suuremate sisekliima probleemide lahendamiseks või leevendamiseks ning suuremate liigtarbimist põhjustavate seadistuste muutmine. Kõik seadistuste muutmised kooskõlastati hoone kasutajaga, RKAS halduriga ja tehnohooldajaga. Enamasti teostas muudatused süsteemis tehnohooldaja, kuid erijuhtudel sai selleks õiguse ka energiamonitooringu teostaja.

Jooksev BMS'i ja EMS'i seire, ettepanekute tegemine jms

Pidev protsess, mille käigus konsulteeriti haldureid ja tehnohooldajaid ning vajadusel ka hoone kasutajat, tegeleti erinevate probleemide ning seadistustega.

EcoSCADA tarkvaras tarbimisalarmide konfigureerimine

Kõikide hoonete kõikidele arvestitele seadistati üks või rohkem alarmi. Ületarbimiste kohta saatis süsteem kõikidele sisestatud adressaatidele teate. Alarmidega tegelesid põhiliselt RKAS haldurid ise ning vajadusel juhtis tähelepanu energiamonitooringu teostaja. Peale alarmide konfigureerimist tuli pikalt palju „liigseid“ alarme, mille tõttu seadistati alarme ümber – muudeti lubatud tarbimise piirmäärasid või alarmi loogikaid.

Kuuraportite esitamine

Iga kuu tarbimiste kohta saadeti RKAS haldurile raport. Vaata näidist peatükis 8 Lisa 2 – Kuuraporti näidis.

Kvartaliraportite esitamine

Kvartaliraportite põhiline eesmärk oli anda ülevaade konkreetse kvartali tarbimiste, esile kerkinud probleemide ja lahenduste ning teostatud tööde kohta. Tarbimisandmetes võrreldi projekti kvartalit võrdlusperioodi kvartaliga (aasta varasem kvartal, projektis kasutati referentsperioodina eelneva aasta andmeid) ning toodi välja muutused ja saavutatud sääst. Elektrienergia ja vee tarbimise osas teostati tarbimisandmete võrdlust ka projekti perioodi enda kvartalite vahel. Tellija soovil lisati raportisse ka hinnanguline ülekulu. Selle eesmärk oli hinnata, kui palju oleks võinud veel säästa ehk teisisõnu kui palju toimus liigset tarbimist.

Kvartaliraportite ja tulemuste esitlemine

Peale iga kvartaliraporti valmimist ja edastamist toimus tulemuste esitus. Kohtumiste peamine eesmärk oli läbi arutada kirjeldatud probleemid ja ettepanekud ning nendele lahendused leida või otsustada nende lahendamise mõttekus. Vajadusel lepiti kokku täiendavalt, kes mida teostab või kes peab konkreetse probleemiga edasi tegelema. Lisaks anti tagasisidet varasemalt teostatud seadistuste ja muudatuste kohta.

Lõppraporti koostamine ja esitlemine

Projekti lõppedes koostati käesolev raport, mis annab ülevaate tulemustest, õpikohtadest ja soovitusdest tulevikuks. Raporti juurde kuulub ka esitus, kuid vastavalt koostamise hetkel valitsenud olukorrale (COVID-19 piirangud) toimub raporti esitlemine hiljem.

1.4 Katseobjektide kirjeldus, tehniline liidestamine, avaldunud probleemid

1.4.1 Võru Riigigümnaasium

1.4.1.1 Hoone üldine kirjeldus



Joonis 1. Võru Gümnaasiumi renoveeritud osa (allikas <https://lounaestlane.ee/wp-content/uploads/2017/11/voru-gumaasium.jpg>)

Köetav pind: 3321,7 m².

Hoone ehitamise või renoveerimise aasta: 2015.

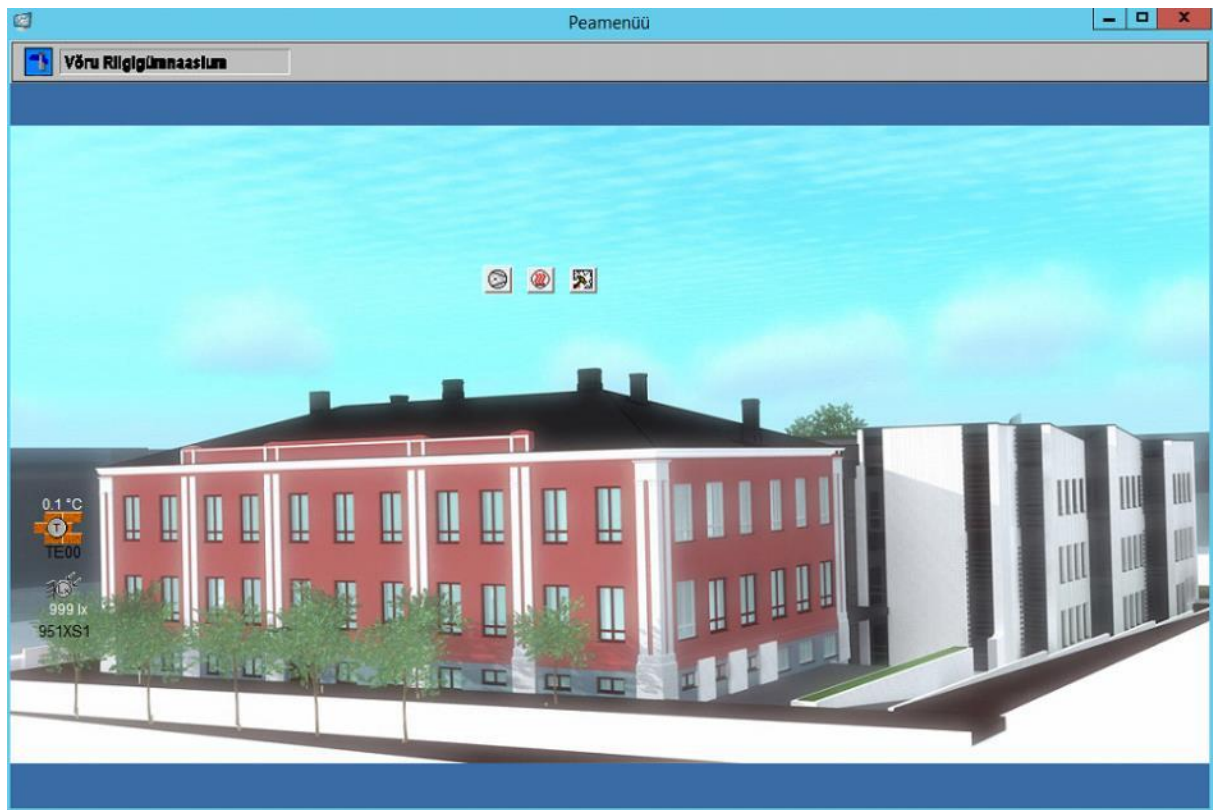
Kasutusel olev BMS-süsteem: Siemens Desigo.

Kasutuse iseloomustus: koolihoone, kus võib toimuda õppetöö välisel ajal ka muid tegevusi (huviringid).

1.4.1.2 Tehniline liidestus energia monitoorimise tarkvaraga

BMS-süsteem kasutab andmekorjeks M-Bus protokoll. Koostöös BMS-süsteemi väljaehitaja ja Tellijaga otsustati, et optimaalseimaks lahenduseks oli antud juhul arvestisüsteemi eraldamine BMS-süsteemist ning iseseisva keskseadme paigaldamine, mille ülesandeks oli andmekorje läbi M-Busi ning andmete edastamine vaheserverisse, läbi mille edastati andmed monitoorimisplatvormi. Põhjus, miks antud objektile kasutati süsteemide eraldamist, oli selles,

et see oli kiireim lahendus ning BMS-loojal ei olnud antud hetkel ressursi liidestamise teostamiseks. Keskseadme ja vaheserveri ühendus toimus läbi VPN-tarkvara ning andmeedastus vaheserveri ja monitoorimisplatvormi vahel läbi HTTPS protokoll.



Joonis 2. Hooneautomaatika esileht

1.4.1.3 Objektil avaldunud probleemid

Mõõtmisüsteem

- Hoone peaveearvesti ei ole BMS-süsteemiga liidestatud, andmekorjet tuli teostada käsitsi, mis oli ebamugav ja ei võimaldanud saada hoone veekasutusest reaalaja ülevaadet. Hoone ehitamisel oli veearvesti süsteemiga liidestatud, kuid hiljem vahetas vee edasimüüja arvesti välja ning uut arvestit süsteemi ei ühendatud.
- Kommunikatsioonivea tõttu käis tehnohooldaja näite koha peal käsitsi fikseerimas, kuigi andmed jõudsid BMS-süsteemi (ebamõistlik ressursikasutus).

BMS-süsteem, seadistus ja ehituslik

- Hooneautomaatikas on palju kinnitamata alarme.
- Kohapealseid hooldustöid teostav isik ei saa operatiivset infot alarmide kohta.

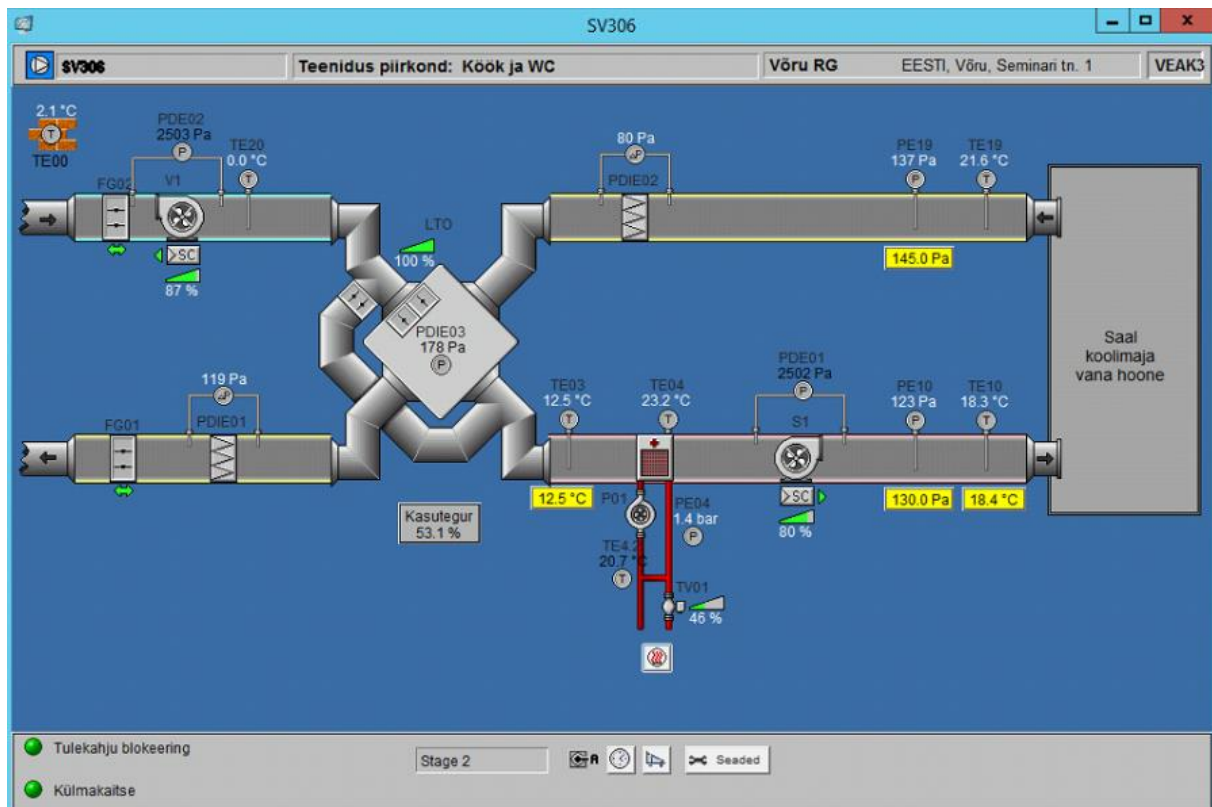
- Ruumikliima automaatika on välja ehitatud vaid põrandküttega ruumides (põhiliselt keldrikorrus). Klassiruumides ja teistes ruumides on käsitsi seadistatavad termostaadid radiaatoritel. Ühes ruumis võis erinevatel radiaatoritel olla seadistusi miinimumist maksimumini.
- Põrandakütte pumbasõlmed ei ole hooneautomaatikaga ühendatud.
- Ruumide ülekuumenemise korral avatakse aknaid, kuid radiaatorite termostaate minimaalse peale ei seadistata ning radiaatorid kütavad seetõttu edasi.



Joonis 3. Aknad on avatud ülekuumenemise tõttu ja radiaatorid kütavad

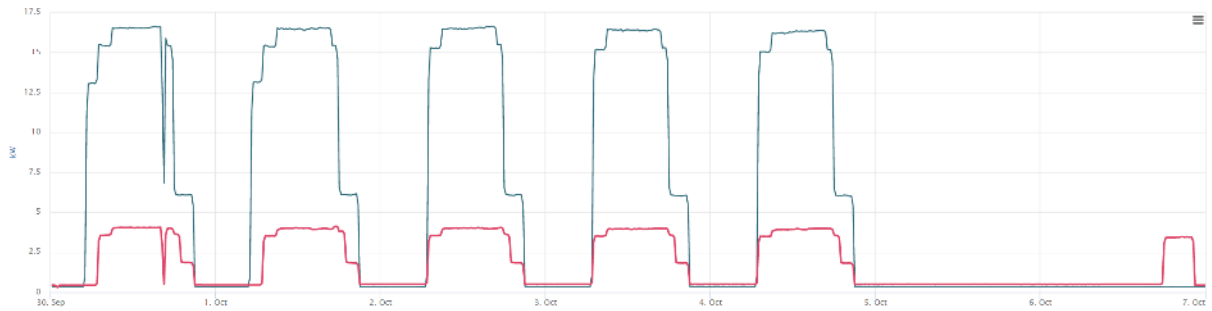
- Ventilatsiooni sissepuhke seadetemperatuurid on liiga kõrged.
- Küttesüsteemide küttegraafikud on liiga kõrged.
- Radiaatorkütte pealevoolu temperatuuri alandus toimub ainult nädalavahetustel.
- Ruumikliima automaatikaga ruumides on kütte seadetemperatuurid liiga kõrged.
- Ventilatsiooniseadmete visualiseering ei ole korrektne – plaatsoojusvahetiga seadmetel on väljatõmbeventilaator ja õhuvõtufilter vahetuses.
- Ventilatsiooniagregaatide SV304, SV305 visualiseeringus puudub järgnev info:
 - temperatuur: õhuvõtt, sissepuhke (soojustagasti ja järelküttekalorifeeri vahel), külmakaitse andur, kütteevee pealevool;
 - rõhuvahe: õhuvõtu filter, väljatõmbe filter, soojustagasti;
 - rõhk või õhuvooluhulk ventilatsiooniagregaadiga ühendatud sissepuhke ja väljatõmbe magistraalis;

- ventilaatori kiirus %-des ja/või ventilaatori poolt tekitatav rõhuvahe ja/või ventilaatori tootlikkus (õhuvooluhulk);
- soojustagasti kasuteguri hetkeväärtus %-des.
- Võrreldes ventilatsiooniseadmete tehniliste väljatrükkidega on plaatsoojusvahetiga seadmetel (SV306, SV308) tegelikkuses oluliselt madalam soojustagastuse kasutegur:
 - SV306 - väljatrükk 69%, tegelik 53%;
 - SV308 - väljatrükk 68%, tegelik 54%.



Joonis 4. Ventilatsiooniseadme SV306 soojustagastuse kasutegur on oluliselt madalam, kui tehnilises väljatrükis

- Kasutaja ei oska lisada erandeid ventilatsioonisüsteemide tööaegadele.
- Kasutajal puudub võimalus operatiivselt ventilatsioonisüsteeme erandolukordades sisse lülitada kindlaks perioodiks – lahenduseks võiks olla taimeriga nupud.
- Õhkkardin ÕK1 ventiil on avatud olukorras, kus see peaks olema suletud – seadetemperatuur on +10 °C, tegelik temperatuur +26,8 °C.
- Sooja tarbevee ringluspump töötab 24/7.
- Puudub vajadusepõhine juhtimine – aula ventilatsioon töötab ühel kiirusel aegprogrammi järgi (näide oktoobrist).



Joonis 5. Võru Gümnaasiumi ventilatsiooni energiakasutus oktoobris

- Ventilatsiooniseadmed ei anna infot tegelike õhuvooluhulkade kohta ja seetõttu puudub ülevaade, mis on süsteemide tegelikud õhuvooluhulgad ning kas need vastavad projektile ja/või Kasutaja soovidele.
- Söökla ventilatsioonisüsteemi tööaja algus on väga varajane, selleks et niiskus ja lõhnad välja ventileerida.
- Köögi kohal olevas füüsika klassis (124) on hommikuti köögist tulevad lõhnad ja õpetaja peab lõhnade eemaldamiseks ruumi tuulutama (akende avamisega).
- Ruumide ülekuumenemine päikesekiirguse tõttu.
- Ventilatsiooniseadmetel puudub öine vabajahutus.
- Aegprogrammid on seadistamata vastavalt hoone tegelikule kasutusele – erandid puuduvad.
- Peaveearvesti vahetusega katkes arvesti ühendus hooneautomaatikaga ning tarbimisandmeid tuleb koguda käsitsi.

1.4.2 Tartu Tamme Gümnaasium

1.4.2.1 Hoone üldine kirjeldus



Joonis 6. Allikas: https://tammegymnaasium.ee/wp-content/uploads/2017/12/2017_10_23-DJI_0003-nw-Tartu-Tamme-Gümnaasium_1680-e1537439597618.jpg, autor Ragnar Vutt

Köetav pind: 7979,5 m².

Hoone ehitamise või renoveerimise aasta: 2015.

Kasutusel olev BMS-süsteem: Niagara AX.

Kasutuse iseloomustus: koolihoone, kus võib toimuda õppetöö välisel ajal ka muid tegevusi (huviringid). Sisaldab Gümnaasiumi osa, Täiskasvanute Gümnaasiumi osa ja lasketiiru.

1.4.2.2 Tehniline liidestus energia monitoorimise tarkvaraga

BMS-süsteem kasutab andmekorjeks M-Bus protokoll. Koostöös BMS-süsteemi väljaehitaja ja Tellijaga otsustati, et optimaalseimaks lahenduseks oli tarkvaraline liidestus süsteemi haldaja (kes süsteemi ka välja ehitas) ja tööde teostaja vaheserveri vahel. Andmevahetus süsteemi haldaja ja tööde teostaja serverite vahel toimus krüpteeritult läbi Tellija VPN'i ning tööde teostaja vaheserver edastas andmed läbi HTTPS protokoll energia monitoorimise platvormi.

Tartu riigigümnaasium Nooruse 9, Tartu		Seadmete koondtabel										Kinnitamata häirete arv Aktiivsete häirete arv		Kellaeg: 20-Mar-19 5:22 PM EET Välisõhk: 4.9															
Koondtabel		Ventilatsioon		Soojasõlm		VTV		Erisignaamid		K1		K2		K3		K4		K5		Valgustus		Arvestid		DALI		Alarmid		Trendid	
Seade	Jahutus	Soojusv.	Küte	SPV	VTV	TE10 tegelik	TE10 seadesuurus	TE19 tegelik	TE19 seadesuurus	Energiamärgis																			
SV1a		0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	21.8 C	17.0 C	21.2 C	21.0 C	Auditoorium																			
SV1b		100.0 %	53.2 %	79.7 %	68.6 %	21.3 C	17.0 C	21.2 C	21.0 C	Aula																			
SV2		100.0 %	58.9 %	94.0 %	94.3 %	19.1 C	19.0 C	19.0 C	21.0 C	Sokikorruse riietusruumid ja WC																			
SV3		100.0 %	49.6 %	75.4 %	72.5 %	17.1 C	17.0 C	17.0 C	20.0 C	Võimla ja väike spordisaal																			
SV4		100.0 %	28.1 %	43.4 %	45.8 %	21.0 C	17.0 C	21.2 C	21.0 C	Köök ja söökla																			
SV5		100.0 %	28.0 %	25.5 %	21.2 %	20.8 C	17.0 C	21.0 C	21.0 C	Aatrium, kohvik																			
SV6		0.0 %	0.0 %	13.0 %	15.2 %	21.1 C	16.0 C	21.0 C	21.0 C	Klassiruumid																			
SV7		96.8 %	0.0 %	79.2 %	87.5 %	19.9 C	17.0 C	20.0 C	21.0 C	Klassiruumid																			
SV8		100.0 %	5.3 %	83.6 %	96.5 %	16.9 C	17.0 C	21.2 C	21.0 C	WC-d																			
VTV																													
		V6	V7																										
SS1		41.1 C	42.1 C	51.6 %	RV1.1					P1.1	VENTILATSIOON																		
		40.5 C	40.1 C	55.3 %	RV2.1					P2.1	RADIAATORKÜTE																		
		32.2 C	30.1 C	32.8 %	RV3.1					P3.1	PÕRANDAKÜTE																		
		38.1 C	37.0 C	20.0 %	RV4.1					P4.1	TARBEVESI																		
				43.0 %	RV4.2																								

Joonis 7. Hooneautomaatika koondvaade

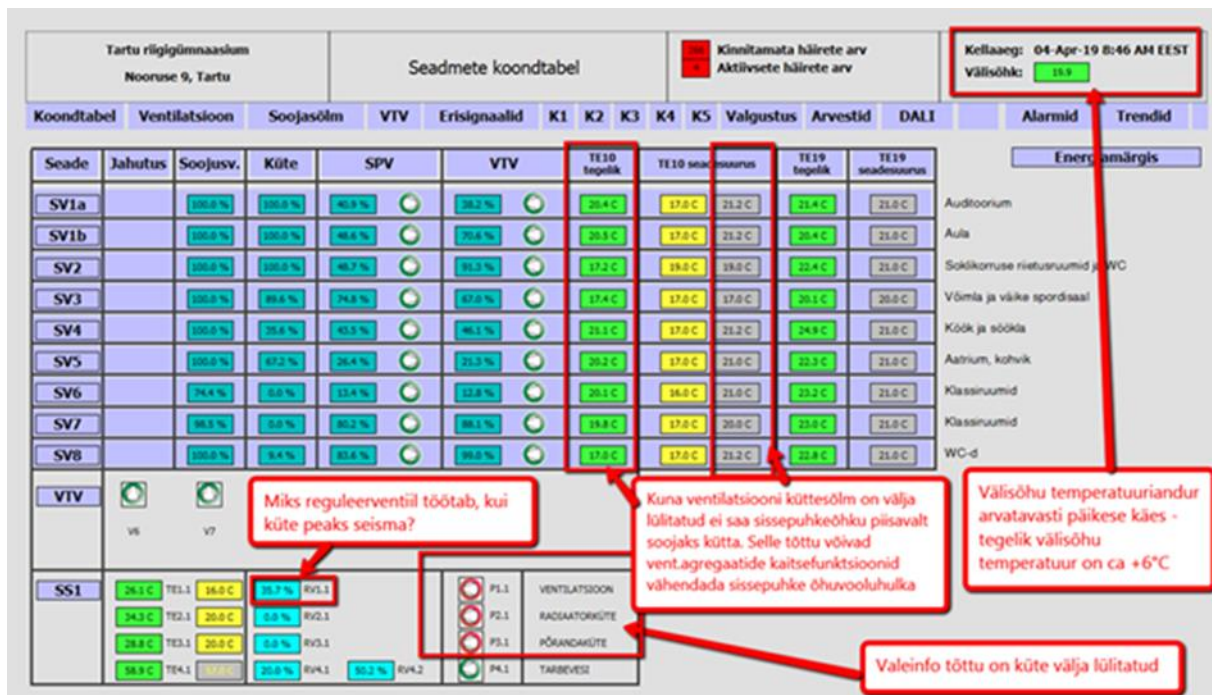
1.4.2.3 Objektil avaldunud probleemid

Mõõtmissüsteem

- Lasketiiru on paigaldatud kauglugemise valmidusega veearvestid, mida ei olnud süsteemi ühendatud.
- Puudub soojusarvesti sooja tarbevee kontuuri mõõtmiseks.
- Hoone peasoojusarvesti ei ole BMS-süsteemiga liidestatud, andmekorjet tuli teostada käsitsi, mis oli ebamugav ja ei võimaldanud saada hoone soojakasutusest reaalse ülevaadet. Hoone ehitamisel oli soojusarvesti süsteemiga liidestatud, kuid hiljem vahetas soojuse edasimüüja arvesti välja ning uut arvestit süsteemi ei ühendatud.
- Puudused täitedokumentatsioonis tegid arvestite struktuurse jagunemise tuvastamise keeruliseks.

BMS-süsteem, seadistus ja ehituslik

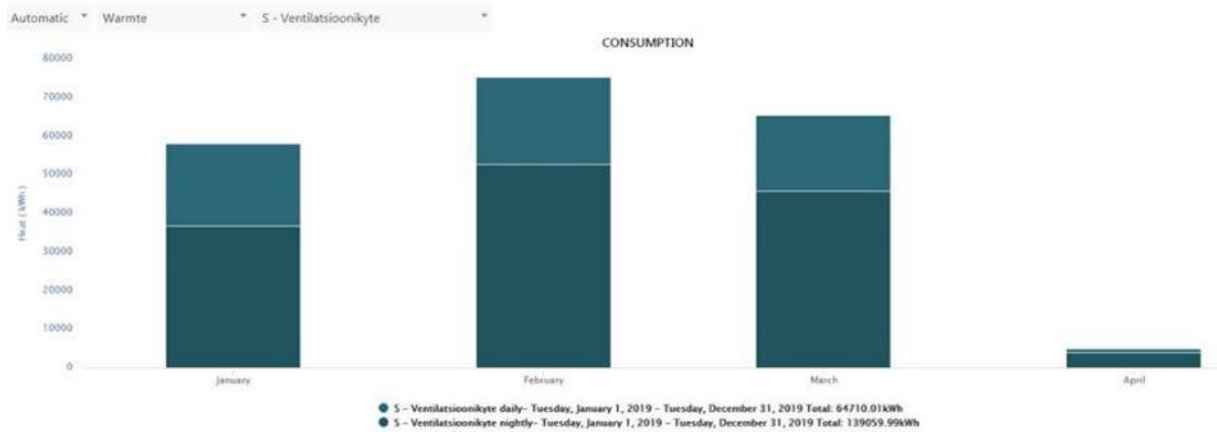
- Sooja tarbevee seade arv on liiga kõrge (+57 °C).
- Sooja tarbevee ringluspump töötab 24/7.
- Soojussõlme välisõhu temperatuuri andur ei näita tegelikku välisõhu temperatuuri, sest on paigaldatud päikese kätte.



Joonis 8. Välisõhu temperatuurianduri ebasobiva paigutuse mõju

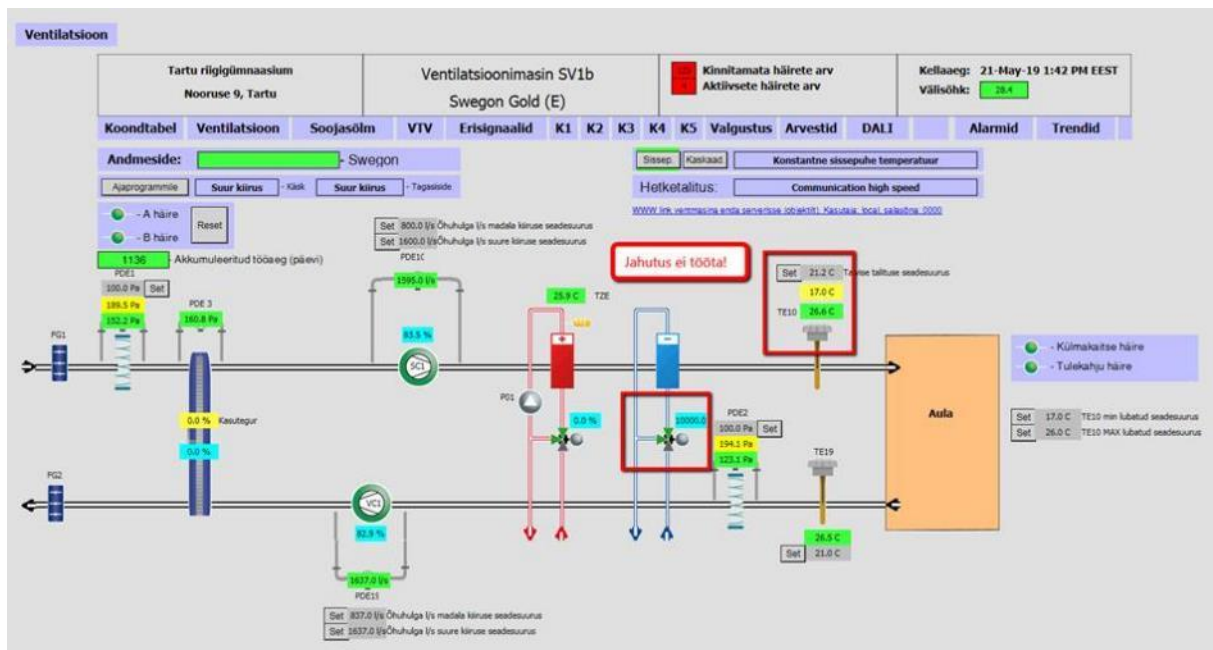
- Küttesüsteemide välisõhu temperatuuri järgsete blokeeringute seadearvud ei ole optimaalsed.
- Ventilatsiooni kütte reguleerventiil soojussõlmes on avatud, kui peab olema suletud - blokeering peaks rakenduma välisõhu temperatuuri järgi.
- Radiaatorkütel puudub aegprogramm, millega on võimalik suvevaheajaks süsteem seisma panna.
- Soojussõlmes puuduvad tagastava vee temperatuuriandurid ventilatsioonikütel, põrandkütel ja soojal tarbeveel.
- Põrandakütte pumbasõlmed ei ole ühendatud hooneautomaatikaga.
- Kaughaldusest vaadates on klassiruumide teenindavate agregaatide (SV6 ja SV7) kütteventiilid avatud, kui peavad olema suletud.
- Ventilatsiooniseadmetel ei ole rakendatud öise vabajahutuse funktsiooni.
- Ventilatsioonisüsteemide sissepuhkeõhu temperatuuride seadearvud on konstantsed - kaasneb liigne soojusenergiakulu ja piiratakse ventilatsioonisüsteemide vabajahutuse võimekust.
- Õhuvooluhulkade seadistused ei vasta projektis toodule. Õhuvooluhulgad on liiga väikesed ja selle tõttu ka siseõhukvaliteet kehvem.

- Hooneautomaatika ja ventilatsiooniseadmete kontrolleri seadistused ei ole kooskõlas - ventilatsiooniseadmed töötavad mõlema kontrolleri aegprogrammi järgi, mis tekitab anomaaliaid.
- Ventilatsiooniseadmete kontrolleri seadistuses on vaikeseadeks „Väike kiirus“, mille tõttu töötavad seadmed kogu aeg, kuigi peaks vahepeal seiskuma.



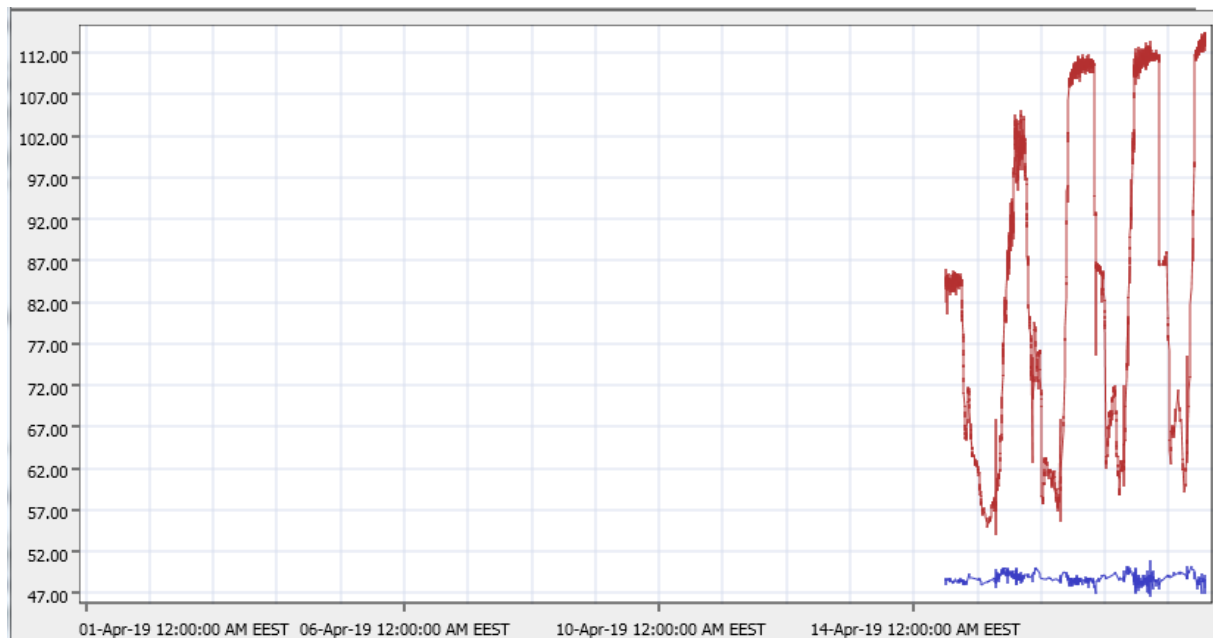
Joonis 9. Ventilatsioonisüsteemide ööpäevaringse töötamisega kaasnev suur energiakulu

- Ventilatsiooniseadmete kontrolleri kellaajad on valed.
- Ventilatsioonisüsteemide aegprogrammid hooneautomaatikas ei vasta tegelikule kasutusele ja vajadusele.
- Visualiseering ei ole korrektne - ventilatsiooniseadmete väljatõmbeventilaatorid on vale koha peal.
- Hooneautomaatika visualiseeringus puuduvad ventilatsiooniagregaatide õhuvõtu temperatuurid.
- Puudub info, kuidas juhitakse väljatõmbeventilaatorite V6 ja V7 tööd – kas konstantne rõhk, konstantne kiirus või midagi muud?
- Kasutajal puudub võimalus ventilatsioonisüsteeme kiirelt ja operatiivselt töövälisel ajal sisse lülitada.
- Puudub vajadusepõhine juhtimine – aula, võimla ja auditooriumi ventilatsiooniseadmed töötavad konstantsel õhuvooluhulgal aegprogrammi järgi.
- Aula sissepuhkeõhu jahutusseade on korduvalt rikkis.



Joonis 10. Ventilatsiooniseadme jahutus ei ole töökorras

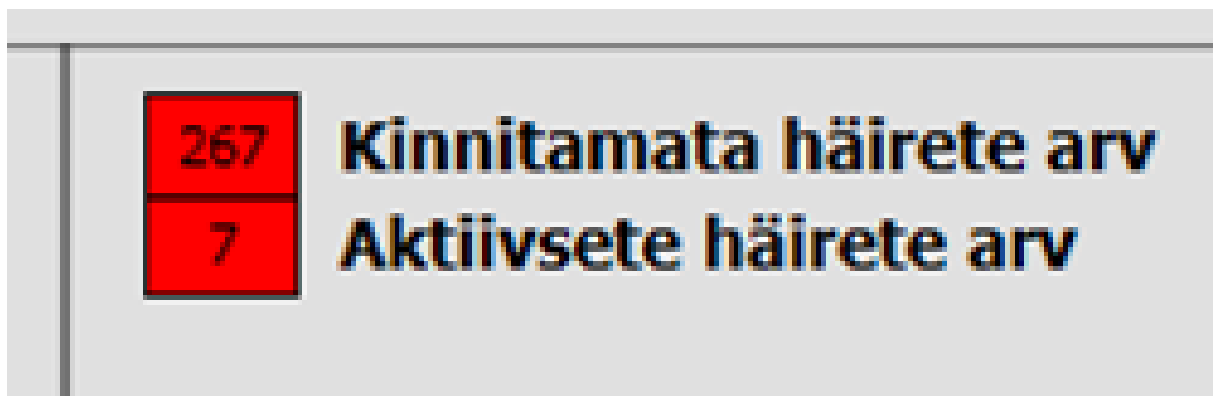
- Trendidest puuduvad ventilatsiooniseadmete õhuvooluhulgad, mis on olulise tähtsusega parameetrid.
- Trendide andmed BMS'is on katkendlikud ja liiga lühikesed.



Joonis 11. Trendide ajalugu on liiga lühike

- Trendide tähised BMS'is on raskesti mõistetavad.
- Hooneautomaatika kasutusjuhend ei lähe kokku tegeliku hooneautomaatika visualiseeringuga.

- Hooneautomaatikast sisse logides VPN ühendusega Internet Explorerit kasutades ei ole võimalik vaadata mitmeid erinevaid andmeid - hooneautomaatika tarkvaraga seotud probleem.
- Ruumikliima juhtimine ei ole välja ehitatud kogu köetavale pinnale.
- Ruumikontrollerite kütte seadearvud on liiga kõrged.
- Ruumikontrolleritel on korruste kaupa aegprogrammid hooneautomaatikas, kuid puudub info tööloogika kohta - öise ja päevase talituse seadearvud ning kuidas neid muuta saab.
- Ruumide ülekuumenemine päikesekiirguse tõttu.
- Hooneautomaatikas on tihti palju kinnitamata ja aktiivseid häireid.



Joonis 12. Palju kinnitamata ja aktiivseid alarme

- Puudulik hooldus - probleemidest ei olda teadlikud, probleemidele reageeritakse aeglaselt, ei kasutata või ei osata kasutada hooneautomaatikat.
- Aegprogrammid on seadistamata vastavalt hoone tegelikule kasutusele – nädala programmid, erandid.
- Lasketiiru ventilatsioonisüsteemidel S2, V2, V3 puudub soojustagastus.
- Lasketiiru ventilatsioonisüsteemid ei ole liidestatud hooneautomaatikasse.
- Lasketiiru sooja ja külma vee arvestid ei ole ühendatud BMS-süsteemi, kuigi neil oli olemas kaugsidemoodul.
- Segadus tarbimisandmetega - seoses veearvestite vahetusega ei lähe alamarvestite kogutarbimised kokku peaarvesti tarbimisega.
- Teadmata eesmärgiga veearvestid - sooja tarbevee süsteemile on soojussõlmes paigaldatud kokku kolm arvestit: külm vesi sooja vee süsteemi, sooja vee pealevool ning sooja vee ringlus. Viimase kahe puhul on arusaamatu, mis on nende kasutamise eesmärk.

- Soojuse peaarvesti vahetusega katkes arvesti ühendus hooneautomaatikaga ning tarbimisandmeid tuleb koguda käsitsi.

1.4.3 Tartu Päästekeskus

1.4.3.1 Hoone üldine kirjeldus



Joonis 13. Allikas: <https://www.rescue.ee/et/asukohad/paastekeskused/louna-paastekeskus>
Kõetav pind: 4011 m².

Hoone ehitamise või renoveerimise aasta: 2014.

Kasutusel olev BMS-süsteem: Niagara AX.

Kasutuse iseloomustus: ööpäevaringselt töötav erihoone, kus paikneb häirekeskus.

1.4.3.2 Tehniline liidistus energiamonitoorimistarkvaraga

BMS-süsteem kasutab andmekorjeks M-Bus ja Modbus protokolle. Koostöös BMS-süsteemi väljaehitaja ja Tellijaga otsustati, et optimaalseimaks lahenduseks oli tarkvaraline liidustus süsteemi haldaja (kes süsteemi ka välja ehitas) ja tööde teostaja vaheserveri vahel. Andmevahetus süsteemi haldaja ja tööde teostaja serverite vahel toimus krüpteeritult läbi

Tellijä VPN'i ning tööde teostaja vaheserver edastas andmed läbi HTTPS protokolliga energiamonitoorimisplatvormi.

Päästeameti ja häirekeskuse hoone Jaama 207, Tartu		Seadmete üldvaade				Energiamonitor		14:37 26-8-19 EEST Valmistemperatuur 24,9 Valgustatus 983 lx							
SV1	SV2	SV3	SV4	SV5	SV6	Vent.seadistused	Soojasõlm	Jahutus	VT	Ruumikliima	Erisignaamid	Valgustus	Arvestid	Häired	Trendid
Masin	Töötsoon	Jahutus	LTO	Küte	Ventilaator		Sissepuhe	Sissepuhke seade			Väljatõmme				
SV1	Garaazi ja remondiruumid		0 %	0 %			27,2 °C	17,2 °C			25,4 °C				
SV2	1. korruse pesu- ja nietusruumid		0 %	0 %			26,4 °C	19,8 °C			24,7 °C				
SV3	1. ja 2. korruse olme- ja üldruumid	42 %	0 %	0 %			20,1 °C	19,8 °C			22,7 °C				
SV4	Päästeameti ja Häirekeskuse bürooruumid	44 %	0 %	0 %			19,8 °C	19,9 °C			22,6 °C				
SV5	Häirekeskuse tööruumid	54 %	0 %	0 %			18,7 °C	18,8 °C			23,6 °C				
SV6	San. ruumide ventilatsioon		0 %	0 %			26,5 °C	21,0 °C			24,7 °C				
	Töötsoon			Ventil	Pump	Pealevool	Seade	Tagasivool							
	Tarbevasi		34 %			55,3 °C	55,0 °C								
	Radiatorküte		0 %			23,6 °C	20,0 °C	23,9 °C							
	Põrandaküte		0 %			23,6 °C	20,0 °C	23,4 °C							
	Ventküte		0 %			25,9 °C	23,0 °C	26,0 °C							
	Töötsoon			Ventil		Pealevool	Seade	Tagasivool							
	Jahutus		0 %			28,2 °C	7,0 °C	15,3 °C							

Joonis 14. Hooneautomaatika koondvaade

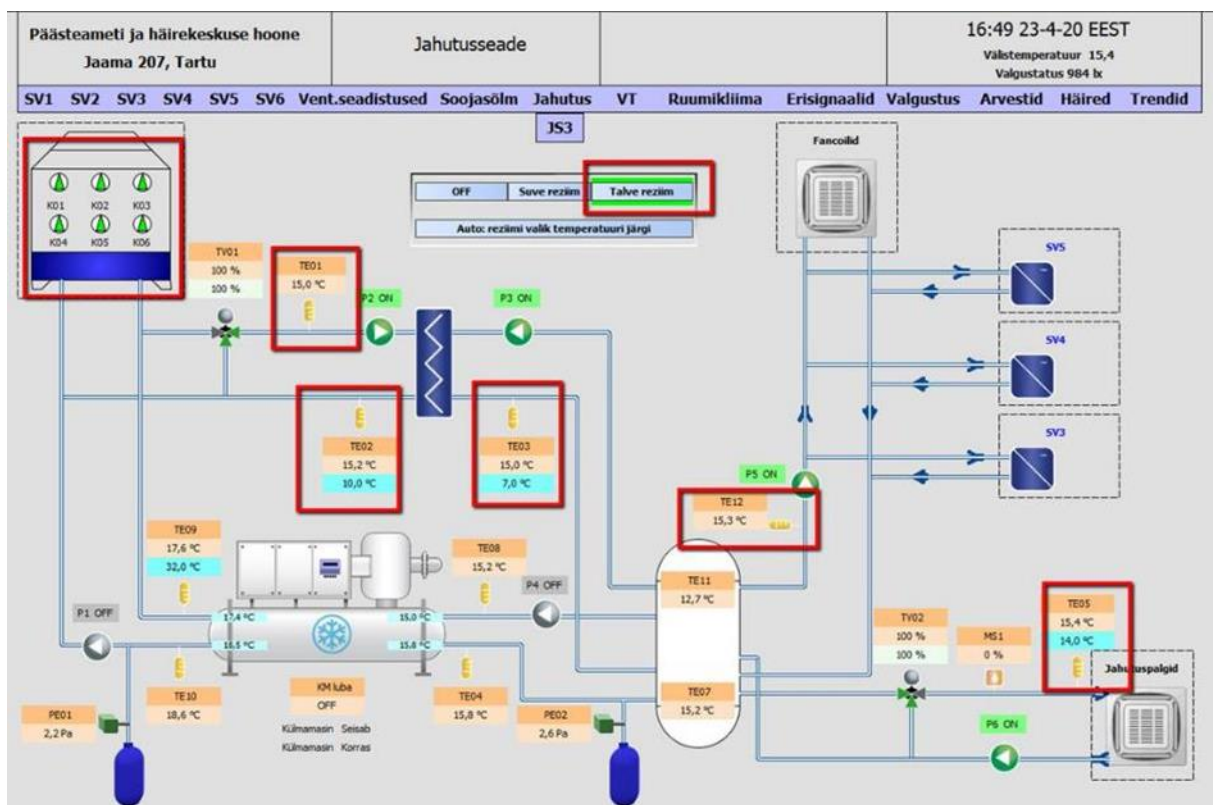
1.4.3.3 Objektile avaldunud probleemid

Mõõtmisüsteem

- Puudub soojusarvesti sooja tarbevee kontuuri mõõtmiseks.
- Hoone peasoojusarvesti ei ole BMS-süsteemiga liidestatud, andmekorjet tuli teostada käsitsi, mis oli ebamugav ja ei võimaldanud saada hoone soojakasutusest reaalaja ülevaadet.
- Puudused täitedokumentatsioonis tegid arvestite struktuurse jagunemise tuvastamise keeruliseks.
- Üks veearvestitest oli paigaldatud valele kontuurile, mistõttu üks kontuuridest on mõõtmata ja teisele on paigaldatud kaks arvestit.
- Peaelektriarvestite andmekorjes esines tõrkeid (süsteem ei töötanud töökindlalt).
- Puudused täitedokumentatsioonis tegid arvestite struktuurse jagunemise tuvastamise keeruliseks.

BMS-süsteem, seadistus ja ehituslik

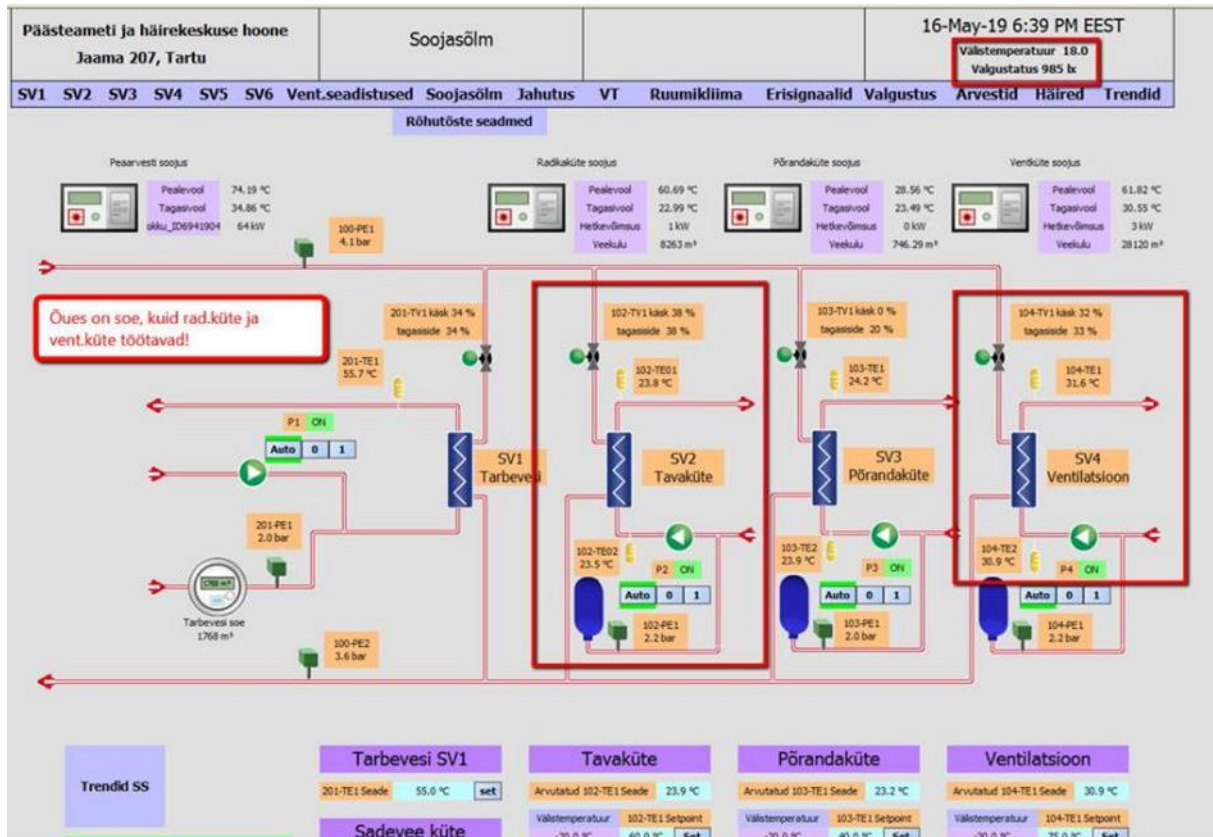
- Ventilatsiooniagregaadi SV1 õhuvõtu temperatuuriandur näitab ca 6 K madalamat temperatuuri, kui teiste ventilatsiooniagregaatide õhuvõtu temp.andurid ja välisõhu temp.andur
- Generaatoriruumi R146 välisõhuklappide juhtimise kirjeldus puudu BMS'i visualiseeringus. Ei ole võimalik aru saada mis ja kuidas juhib välisõhuklappide tööd.
- Päästetehnika garaaži välisõhuklappide tagasiside näitab 67%, kuigi juhtsignaal on 0%.
- Jahutussüsteemile on paigaldatud liiga väike akumulatsioonipaak. See põhjustab külmamasina liiga tihedat sisse-välja lülitamist, mis vähendab külmamasina eluiga ja suurendab elektrienergiakulu
- Külmajaam töötab käsijuhtimisel (režiimi valik). Käsirežiimil töötades ei tööta süsteem optimaalselt ja kulutab liigselt elektrienergiat.



Joonis 15. Jahutussüsteem töötab käsijuhtimisel suure energiakuluga ja väga väikese efektiivsusega

- Jahutussüsteemide tagasivoolu temperatuurid puuduvad BMS'i visualiseeringust. Puudub ülevaade jahutussüsteemi tööst tervikuna.

- Radiaatorkütte ja ventilatsiooni kütte soojussõlmedel puudub välisõhutemperatuuriga seotud blokeering. Küttesüsteemid töötavad ka sooja väliskliima korral, millega kaasneb liigne energiakulu.



Joonis 16. Radiaatorkütte ja ventilatsioonikütte sõlmed töötavad sooja ilmaga

- BMS'is puudub info ja seadearvud ventilatsiooniagregaatide eelkütte juhtimiseks. Ei ole võimalik analüüsida, kas eelkütet kasutatakse optimaalselt.
- Ventilatsiooniküte on soojussõlmes "auto" režiimil peatatud. Ei ole võimalik aru saada, mis loogika või seadearvu järgi on peatamine toimunud.
- BMS'is puudub ventilatsiooniseadmetel kasuteguri %. Vastav tekst on olemas, kuid väärtust ei kuvata. Automaatiku sõnul kuvatakse kasuteguri väärtus, kui välisõhu temperatuur on alla 8 °C.
- Jahutuspalkide pealevoolu temperatuuri muutmine sõltuvalt kastepunktist. Ei ole võimalik aru saada, kus kohas mõõdetakse õhu parameetreid ja mille järgi arvutatakse kastepunkt.
- BMS'i on kirjutatud, et kastepunkti seadesuuruse järgi toimub jahutuspalkide pealevoolu temperatuuri alandamine. Tegelikult peaks toimuma temperatuuri

tõstmine. Trendides vastav info puudub ning ei ole võimalik kontrollida, kuidas loogika tegelikult toimib

- Ventilatsiooniseadmete temperatuuriandurid näitavad kohati ebaloogilisi numbreid. Seetõttu ei ole võimalik lõpuni aru saada, kas ja kus probleemid asuvad. Näiteks, 26.08 kell 14:45 on SV4 väljatõmbe õhu temperatuur +22,6 °C ja heitõhu temperatuur 28,1 °C ning soojustagasti ei tööta. 5,5 K temperatuuri tõus ei saa olla tingitud ainult ventilaatori mootorist.
- Ventilatsiooniseadmete õhuvõtu temperatuurid on ca 5 K kõrgemad, kui on välisõhu temperatuurianduri näit (26.08, kell 14:45). Viitab sellele, et välisõhk soojeneb lisaks millegi mõjul, näiteks tume sein või katus, mille kohalt õhku võetakse.
- Ventilatsiooniseadmetel ei ole rakendatud soojusvahetite jahutusetagastuse funktsiooni. See tähendab, et kui jahutusperioodil on väljatõmbe õhu temperatuur madalam, kui õhuvõtu temperatuur, siis liigset soojust ei anta ära väljatõmmatavale õhule. See tähendab suuremat jahutuse energiakulu.
- Garaaže teenindava ventilatsiooniseadme sissepuhkeõhu temperatuuri seadearvud (väljatõmbeõhu temperatuuri järgi) on liiga kõrged - väljatõmme 15-28 °C ning sissepuhe vastavalt 17-24 °C.

Päästeameti ja häirekeskuse hoone Jaama 207, Tartu			Seadmete üldvaade				Energiamonitor		12:34 1-4-19 EEST						
									Välitemperatuur 8,4 Valgustatus 985 lx						
SV1	SV2	SV3	SV4	SV5	SV6	Vent.seadistused	Soojasõlm	Jahutus	VT	Ruumikliima	Erisignaaliid	Valgustus	Arvestid	Häired	Trendid
Masin	Töötsoon	Jahutus	LTO	Küte	Ventilaator		Sissepuhe	Sissepuhke seadearv			Väljatõmme				
SV1	Garaaži ja remondiruumid	<input type="checkbox"/>	100 %	51 %			20,6 °C	20,4 °C			21,8 °C				
SV2	1. korruse pesu- ja riietusruumid	<input type="checkbox"/>	100 %	29 %			21,0 °C	20,9 °C			23,4 °C				
SV3	1. ja 2. korruse olme- ja üldruumid	<input type="checkbox"/>	100 %	36 %			20,4 °C	20,4 °C			21,6 °C				
SV4	Päästeameti ja Häirekeskuse bürooruumid	<input type="checkbox"/>	100 %	0 %			21,6 °C	19,6 °C			23,1 °C				
SV5	Häirekeskuse tööruumid	<input type="checkbox"/>	100 %	14 %			21,3 °C	20,7 °C			22,7 °C				
SV6	San. ruumide ventilatsioon	<input type="checkbox"/>	100 %	37 %			21,1 °C	21,0 °C			21,5 °C				

Joonis 17. Liiga kõrged ventilatsiooni sissepuhke seadetemperatuurid

- Kevadkuudel on vabajahutus toimunud ebaefektiivselt - suure elektrienergiakuluga.
- Soojusenergia peaarvesti ei ole ühendatud hooneautomaatikasse.
- Kõik ventilatsioonisüsteemid töötavad täiskiirusel ööpäevaringselt.

Päästeameti ja häirekeskuse hoone Jaama 207, Tartu		SV1 Ventilatsiooni seade kuubik soojusvahetiga						
SV1	SV2	SV3	SV4	SV5	SV6	Vent.seadistused	Soojasõlm	Jahutus
Auto	0	1/2	1					
Ajakava rez: Tais		Režiim: Auto						
Ajakava: Tööaeg		Tööluba: Jah						

Joonis 18. Ventilatsiooniseade SV1 töötab käsijuhtimisel täiskiirusel

- Sanruume teenindava ventilatsiooniseadme sissepuhke seadetemperatuur on liiga kõrge.
- Mitmete ruumide CO2-andurid näitavad mõõtetulemusi 300 ppm'i või alla selle. Sellised näidud ei ole reaalsed.
- Ruumikontrollerite seadearvud on liiga kõrged (23-25 °C).
- Talverežiimil ei ole jahutussüsteemi seadistused loogilised - vabajahutuse primaarpoole seadearv on kõrgem, kui sekundaarpoole seadearv.
- Jahutussüsteem töötab, kui selleks vajadus puudub

1.4.4 Põlva Riigigümnaasium

1.4.4.1 Hoone üldine kirjeldus



Joonis 19. Põlva Riigigümnaasium

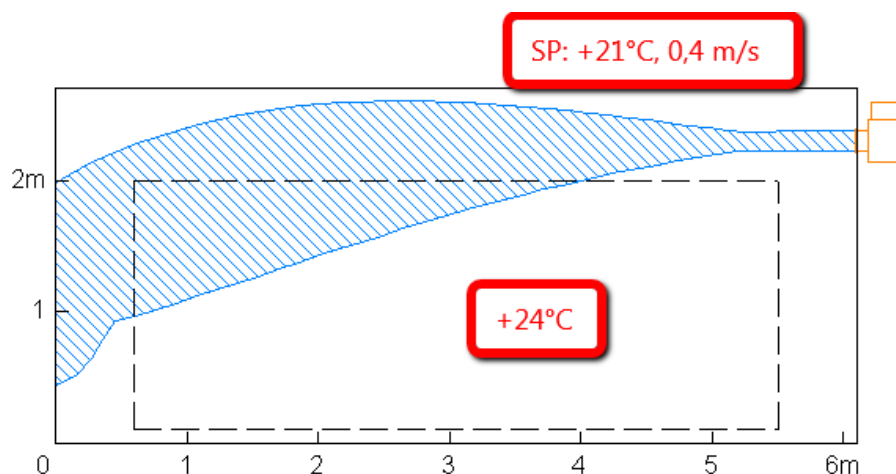
1.4.4.3 Objektil avaldunud probleemid

Mõõtmissüsteem

- Päikesepaneelide tootlikkuse arvestamiseks paigaldatud arvesti ei olnud korrektselt seadistatud (süsteemi loeti tarbitud, mitte toodetud energia kogust).
- Puudub soojusarvesti sooja tarbevee kontuuri mõõtmiseks.
- Puudused täitedokumentatsioonis tegid arvestite struktuurse jagunemise tuvastamise keeruliseks.

BMS-süsteem, seadistus ja ehituslik

- PV-paneelide elektriarvesti ei olnud korrektselt seadistatud. Kogu elektrienergia toodangu info hakkas laekuma alles 2019 aasta sügisel. Võrku müüdavast elektrienergiast ülevaade puudub, seda oleks võimalik näha läbi võrguanalüsaatori (vajalik on teostada seadistus).
- Klassiruumidesse on paigaldatud ebasobivad õhujaoitajad. Ventilatsiooni sissepuhe on lahendatud siseseinas paiknevate restidega. Restide omapäraks on see, et neist väljuv õhujuga langeb suhteliselt ruttu alla, kui sissepuhkeõhk on ruumi õhutemperatuurist madalam. Mida suurem on temperatuuride vahe, seda rohkem hakkab peale puhuma akende pool paiknevatele inimestele. Restide asemel tuleks kasutada õhujaoitajaid, mis aitavad sissepuhkeõhul seguneda ruumiõhuga ning ei tekita nii kergesti sarnaseid tõmbuse probleeme.



Joonis 21. Sissepuhkerestiga õhujuga kukub viibimistsooni

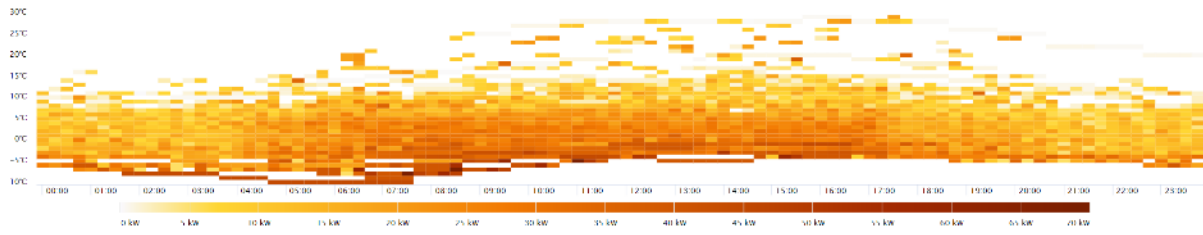
- Valitud on valed küttekehad, mis on ebasobivalt paigaldatud. Klassiruumides on peaaegu maani ulatuvad aknad, mille ees peaksid olema küttekehad, mis tekitavad

kütteperioodil akende ette sooja õhuga „kardina“, mis vähendab akna madala kiirgustemperatuuri mõju ning kütab üles akna ees tekkiva jaheda õhuvoo. Tegelikult on paigaldatud radiaatorid vaheseina äärde, mis tagavad ruumis vajaliku küttevõimsuse, kuid ei vähenda külmast aknapinnast tingitud ebamugavustunde tekkimist.



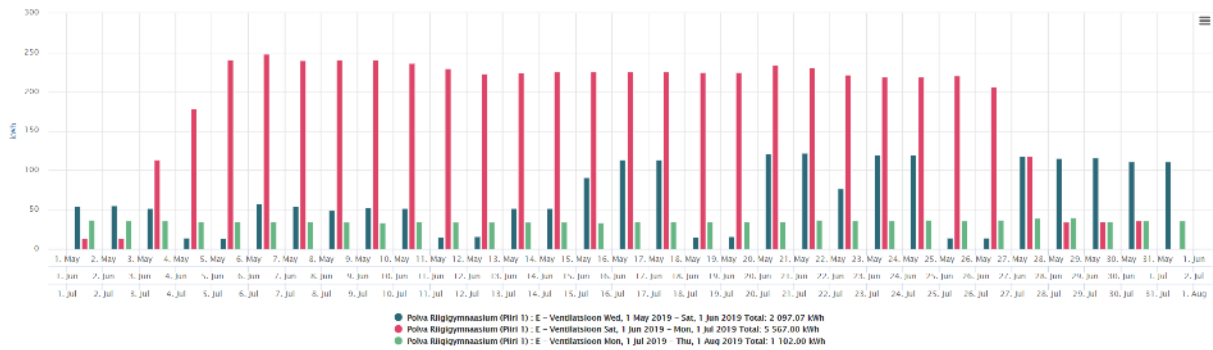
Joonis 22. Küttekeha ebasobiv paigutus

- Ruumide ülekuumenemine päikese kiirguse tõttu. Väljapoole akende ette paigaldatud automatiseeritud rulood leevendavad olukorda, kuid ei lahenda probleemi.
- Ventilatsioonisüsteemidel puuduvad või ei ole seadistatud vajalikud funktsioonid öine vabajahutus ja jahutustagastus.
- Kasutajal puudub võimalus operatiivselt ventilatsioonisüsteeme erandolukordades sisse lülitada. Lihtsaimaks lahenduseks oleks taimeriga nupud.
- Ruumikliima automaatika ei ole välja ehitatud täismahus – köetavast pinnast on kaetud ca 2/3.
- Aegprogrammid ei ole seadistatud vastavalt hoone tegelikule kasutusele – nädala programmid, erandid. Küte töötab ka suvel. Ventilatsioonisüsteemid töötavad öösel või nädalavahetusel, kui hoones kedagi ei viibi.



Joonis 23. Küttevõimsus vastavalt välistemperatuurile ja kellaajale

- Ventilatsioonisüsteeme lülitati käsijuhtimisele, mille tulemusel töötasid need pidevalt ühel kiirusel.



Joonis 24. Ventilatsioonisüsteemi elektrienergia tarbimine 01.05-01.08

- Liiga kõrged kütte seadetemperatuurid ruumikontrolleritel ja ventilatsiooni sissepuhkel.
- Ruumikliima automaatikaga ruumides on kütte seadetemperatuurid ja lubatud piirid liiga kõrged.
- Ruumikontrollerite tööaeg/puhkeaeg seadistus ei ole optimaalne – hommikuse üleskütmisega alustatakse liiga vara.
- Ventilatsiooni küttesõlme blokeering toimub liiga kõrge välisõhu temperatuuri juures.

1.4.5 Lasnamäe 2 büroohoone

1.4.5.1 Hoone üldine kirjeldus



Joonis 25. Lasnamäe 2 büroohoone (allikas: <https://www.arihooned.ee/719-lasnamaee-2>)
Kõnetav pind: 8928 m².

Hoone ehitamise või renoveerimise aasta: 2009.

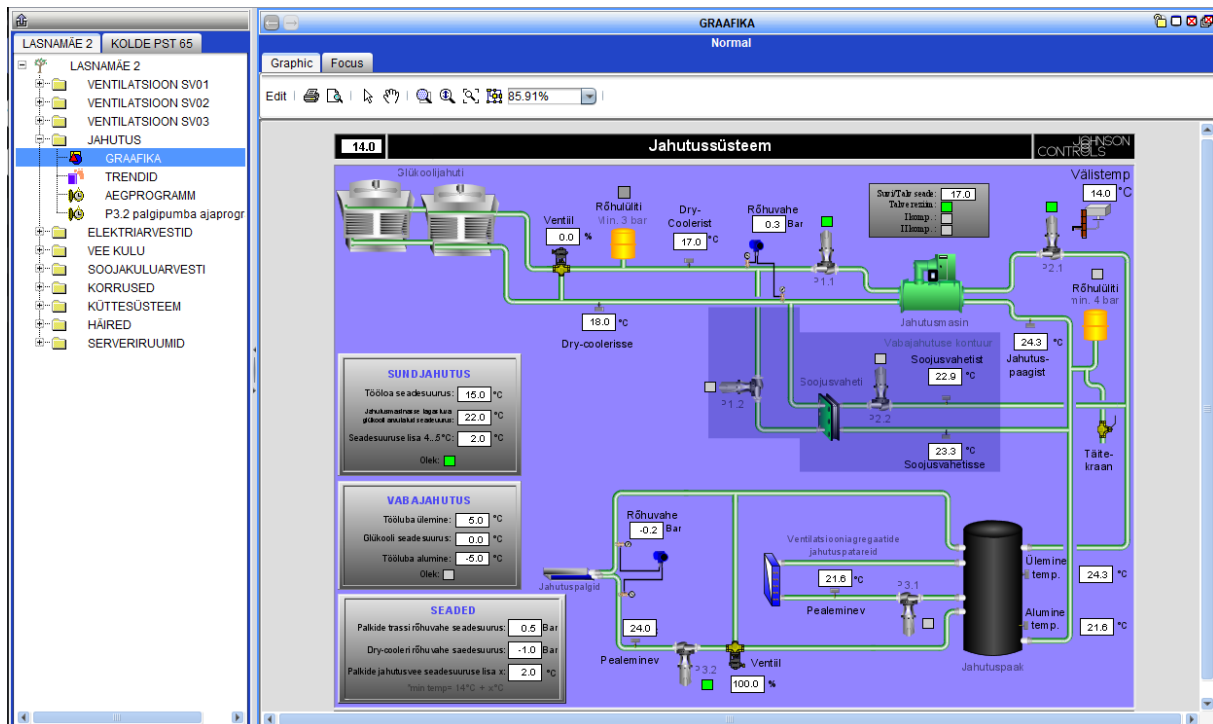
Kasutusel olev BMS-süsteem: Metasys.

Kasutuse iseloomustus: büroohoone.

1.4.5.2 Tehniline liidestus energiamonitoorimistarkvaraga

BMS-süsteem põhines Bacnet protokollil ning andmekorje arvestitest toimus M-Bus protokollil ja impulsskontsentraatorite kaudu. Koostöös BMS-süsteemi väljaehitaja ja Tellijaga otsustati, et optimaalseimaks lahenduseks oli tööde teostaja keskseadme ühendamine BMS'i Bacnet võrku ning läbi IP-kommunikatsiooni pärida andmeid otse BMS-süsteemist. Keskseadme ülesandeks oli andmekorje läbi Bacnet protokollil ning andmete edastamine vaheserverisse, läbi mille edastati andmed monitoorimisplatvormi. Keskseadme ja vaheserveri ühendus toimus läbi

VPN-tarkvara ning andmeedastus vaheserveri ja monitoorimisplatvormi vahel läbi HTTPS protokoll.



Joonis 26. Hooneautomaatika menüü ja külmajaama visualiseering

1.4.5.3 Objektil avaldunud probleemid

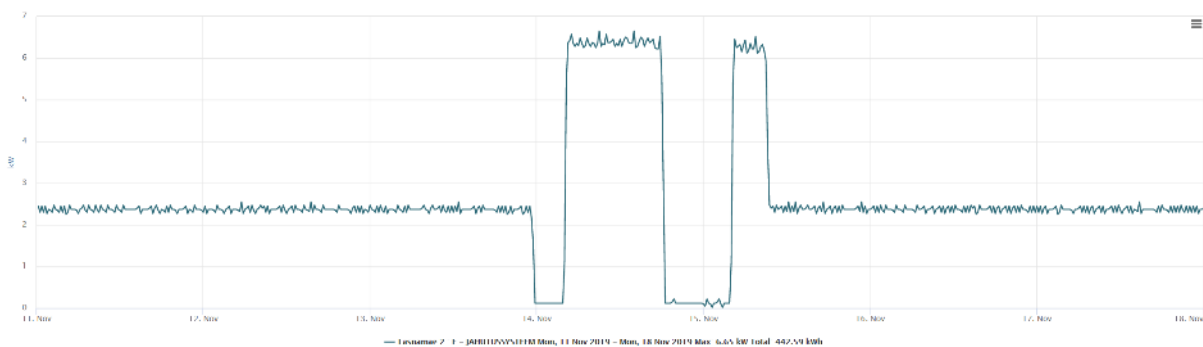
Mõõtmissüsteem

- Vee peaarvestile on paigaldatud kauglugemismoodul, kuid see ei ole ühendatud BMS-süsteemi.
- Osa korruste veearvestitest on paigaldatud ebakorrektsesse asendisse, kus arvesti "pea" on suunatud alla. Tootja poolt ei ole selline paigaldus lubatud. Osa veearvestitest on ka paigaldatud selliselt, et nende lugemine ei ole füüsiliselt võimalik, ehk lähtuma peab süsteemis kuvatavast infost. Seetõttu ei ole võimalik kontrollida, kas näit süsteemis vastab reaalsele näidule.
- Korruse veearvestid on mõned aastad tagasi välja vahetatud uute vastu, kuid kuna andmeedastus toimub impulsside kaudu, siis ei lähe BMSi näit kokku reaalse füüsilise arvesti näiduga, sest BMSis sisalduvad ka eelnevalt paigaldatud arvestite saadetud impulssid (ehk praegune näit koosneb praeguse arvesti ja eelmise arvesti näitude summast).

- VI ja X korruse ühe püstaku arvestite näit BMS-süsteemis ei muutu (süsteem ei toimi korrektselt või on tehtud viga paigaldamisel).
- Soojasõlme kõrvalruumis paiknevad elektriarvestid Elisa ja Telia antennimastide elektrikulu mõõtmiseks. Arvestid ei ole ühendatud BMS-süsteemi ning ülevaatusel osalenud isikud ei osanud öelda, kas neid arvesteid ka loetakse. Kuna antennid võivad moodustada märkimisväärse osa elektrienergia tarbimisest, oleks oluline nende kohta eraldi arvet pidada.
- Niisutussüsteemil puudub eraldi veearvesti.
- Ventilatsiooniseadme alamarvesti tarbimine on ebareaalselt väike (süsteem ei toimi korrektselt).
- Puudused täitedokumentatsioonis tegid arvestite struktuurse jagunemise tuvastamise keeruliseks.

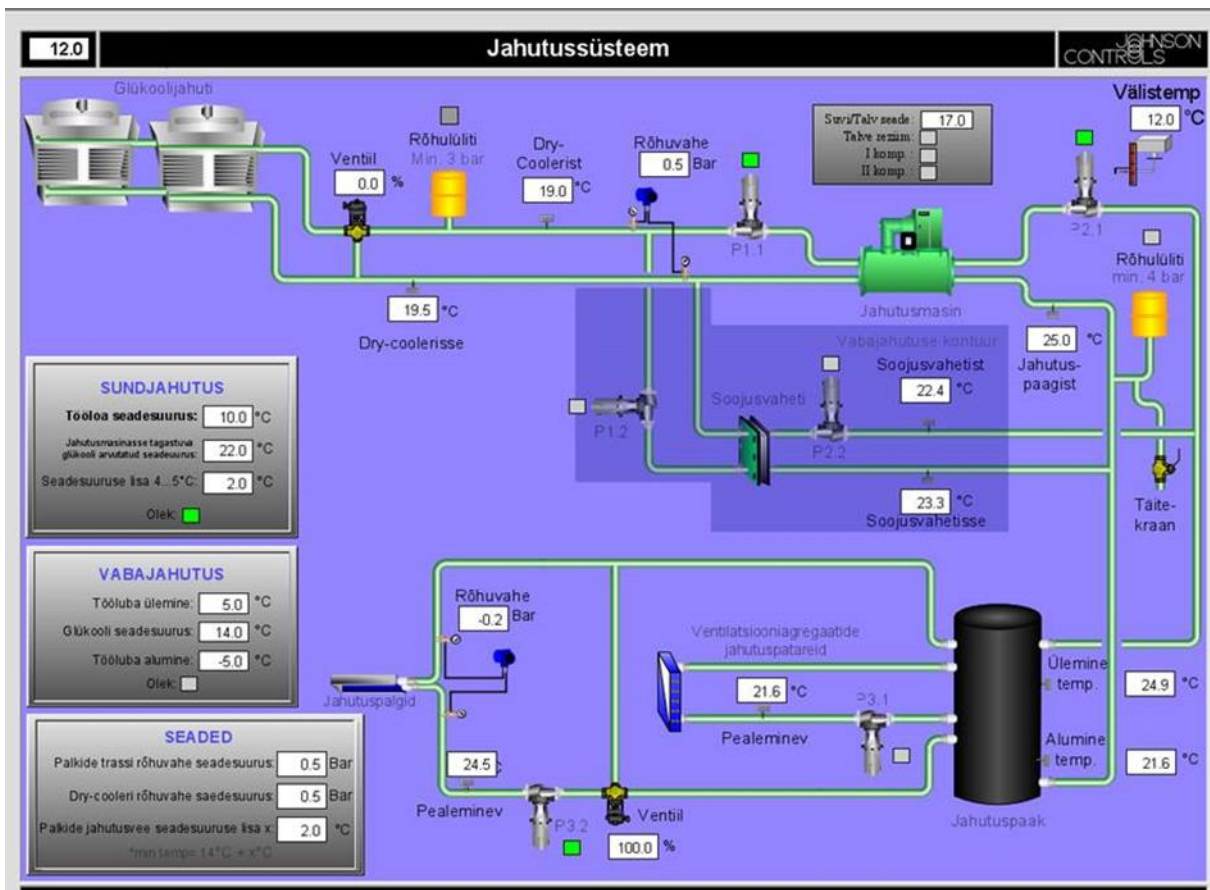
BMS-süsteem, seadistus ja ehituslik

- Aegprogrammi järgi töötab jahutussüsteem teatud perioodidel ka öisel ajal, kui ventilatsioonisüsteemid seisavad.



Joonis 27. Jahutussüsteemi elektrienergia tarbimine 11-18.11

- Ventilatsioonisüsteemide aegprogrammidest puuduvad erandid.
- Jahutussüsteemide aegprogrammidest puuduvad erandid.
- Vabajahutuse glükooli seadesuurus on liiga madal (+12 °C).
- Ei kasutata radiaatorkütte pealevoolu temperatuurialandust töövälisel ajal.
- Küttesüsteemide küttegaafikud on kohati liiga kõrged.
- Vabajahutuse tööloa ülemise seadeväärtuse ja sundjahutuse tööloa seadesuuruse vahel on nõ katmata ala, kus kumbki ei ole lubatud ning jahutamist ei toimu.



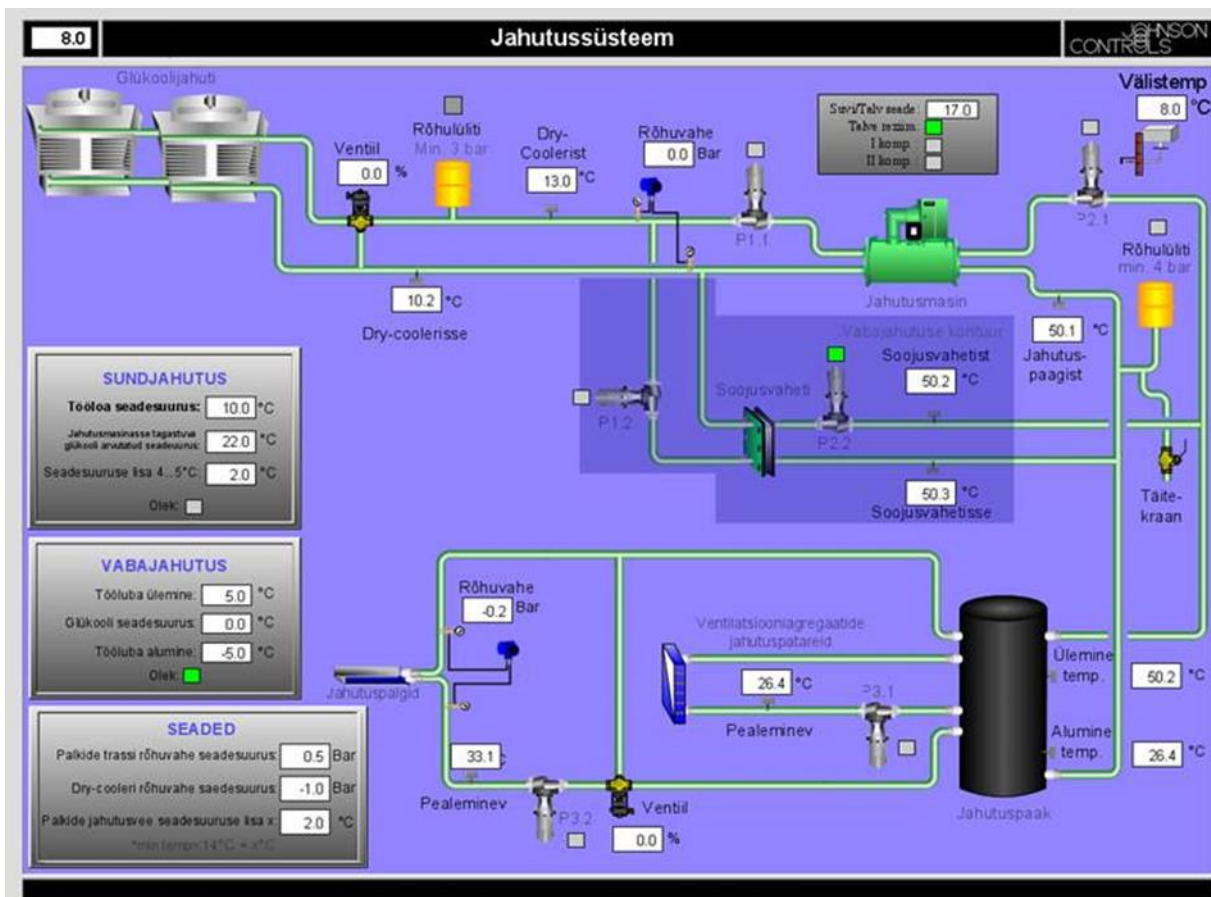
Joonis 28. Mittesobiliku seadistuse tõttu külmamasin ei tööta ja külmakandja jahutamist ei toimu, kuid ringluspumpad kulutavad elektrienergiat

- Jahutusmasinasse tagastuva glükooli arvutatud seadesuuruse lisa on liiga madal (2 K). Selle tõttu tuleb *dry-coolerist* rohkem õhku läbi liigutada, et jahutusvedelikku jahutada ja seetõttu elektrienergiat kulutada selleks, et tagastuvat glükoolilahust jahutada.
- Ventilatsioonisüsteemid töötavad kütteperioodil poolel kiirusel tööpäevadel 4.00-6.00.
- Puudub info, millise loogika järgi toimub *dry-coolerite* ventilaatorite juhtimine.
- *Dry-coolerite* ventilaatorid on visualiseerimata.
- Jahutuse akumulationipaagi alumise osa temperatuuriandur ei ole ühendatud hooneautomaatikasse. Visualiseeringus on näidatud ventilatsiooni jahutuse pealevoolu temperatuur.



Joonis 29. Akumulatsioonipaagi alumise temperatuurina kuvatakse ventilatsioonijahutuse pealevoolu temperatuuri

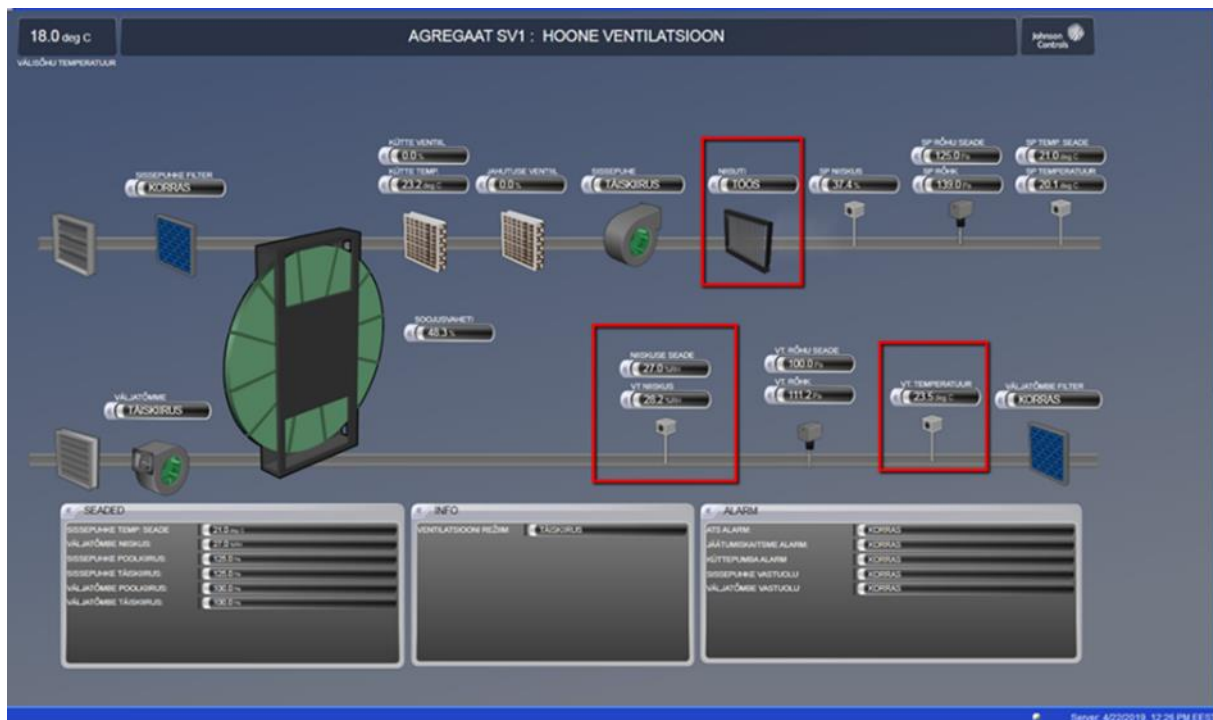
- Jahutuse graafikal puudub jahutuspaalide ja ventilatsiooni jahutuse tagasivooludel temperatuuriandurid.
- Jahutuse graafikal puuduvad ringluspumpade sagedusmuundurite hetkenäidud.
- Tähised külmajaamas, visualiseeringus ja trendides ei ole ühtlustatud.
- Puudub info kuidas arvutatakse jahutuspaalide pealevoolu temperatuuri seadearvu komponent X.
- Jahutuspaalide süsteemi rõhuvahe seadesuurus on 0,5 bar-i, kuid tegelik näit on 0,1 bar.
- Dry-cooleri rõhuvahe seadesuurus on jahutuse graafikal -1,0 bar, kuid tegelik näit on 0,3 bar.
- Puudub info, millise loogika järgi juhivad jahutuse graafikal toodud vabajahutuse ülemine ja alumine tööloa ning sundjahutuse tööloa seadesuurus süsteemide tööd.
- Puudub info, kuidas arvutatakse jahutuse graafikal näidatud „jahutusmasinasse tagastuva glükooli arvutatud seadesuurus“ ja mida tähendab seal juures "seadesuurse lisa".
- Puudub info millise seadearvu või loogika järgi lülitatakse tööle ventilatsiooni jahutuse ringluspump P3.1.
- Ringluspump P2.2 ei allu automaatjuhtimisele ning kulutab elektrienergiat ja kütab jahutussüsteemi külmakandjat



Joonis 30. Ringluspump P2.2 ei allu automaatjuhtimisele

- Puudub info, kas jahutuse ringluspumpasid P1.1 ja P2.1 juhib külmamasin ning milline on nende pumpade töö juhtimise loogika.
- Soojussõlme välisõhu temperatuuri anduri näit on +20,9 °C ja samal ajal on hoone välisõhutemperatuuri anduri näit +10 °C
- Katla põletite häired ei kajastu häirete graafikas.
- 1-6 ja 8. korruse ruumikontrollerite info ei ole kuvatud visualiseeringus analoogselt 7. ja 9. korrusele. Seetõttu puudub üldine ülevaade ja info saamine võtab väga palju aega.
- Puudub info, kui suur on ruumikontrollerite seadetemperatuuri hüsterees.
- Puudub info, kui suur on ruumikontrollerite seadetemperatuuri surnud tsoon ja millise loogika järgi arvutab kontroller kütte ja jahutuse jaoks seadetemperatuuri.
- Söökla lõhnad liiguvad konverentsisaalidesse.
- Puudub info kuidas saab hooneautomaatika visualiseeringus valida trendide kuvatavat ajavahemikku muuta.
- VAV ja CAV-klapid puuduvad visualiseeringust ning nende olekute kohta puudub info.

- Liiga kõrged sissepuhkeõhu temperatuuride seadearvud. Madalamate seadetemperatuuride korral kurdavad kasutajad tõmbuse üle.
- Niisutusega kaasneb suur energiakulu. Niisutus töötab ka soojemal perioodil.



Joonis 31. Niisutus töötab ka sooja väliskliimaga perioodil

- EAS'i 4. korruse serveriruumi kliimaseadmete seadearv on liiga madal. Kõrgema seadetemperatuuri korral on suhteline õhuniiskus liiga kõrgeks.
- EAS'i 4. korruse serveriruumi temperatuur on BMS'i ühendatud anduri järgi oluliselt madalam, kui on jahutuse seadearv.

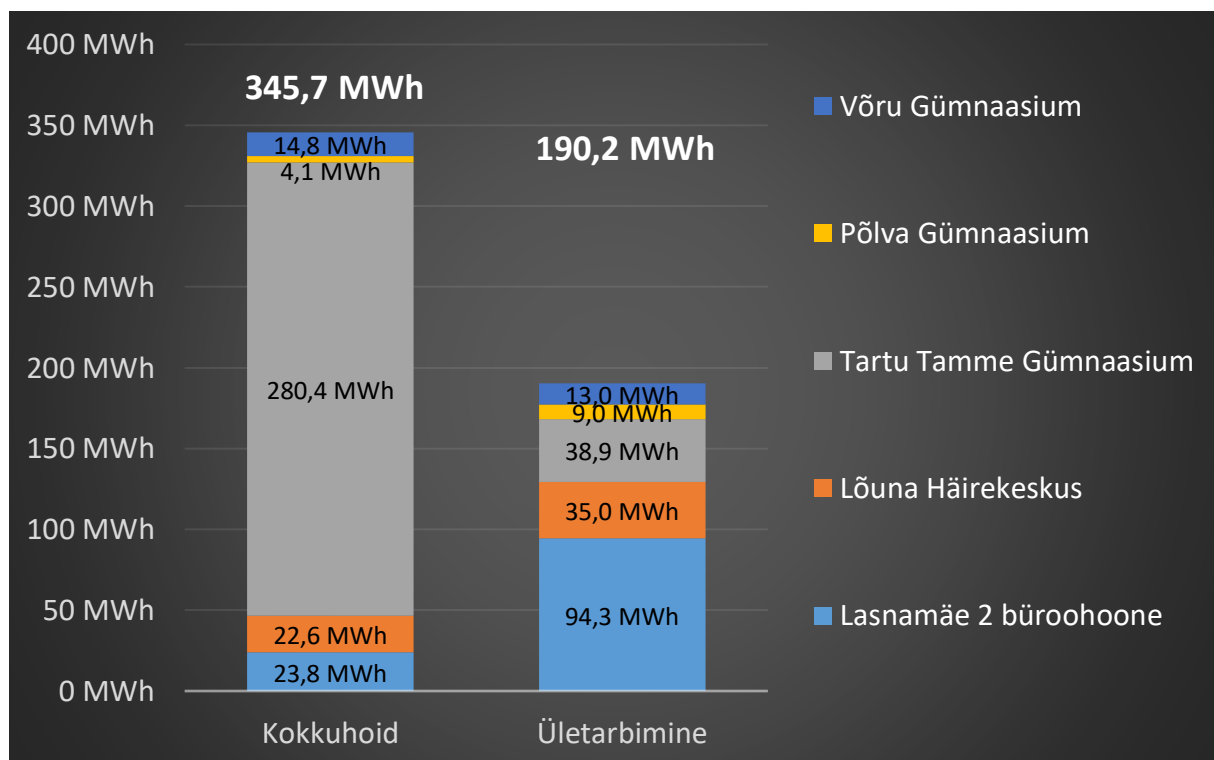
2 Saavutatud tulemused

Tulenevalt asjaolust, et objektide täitedokumentatsioonis esines puudusi, süsteemid ei olnud korrektselt seadistatud ning tehtud oli ehituslikke vigu, oli võimalik süsteemide optimeerimisega alustada oluliselt hiljem kui planeeritud, sest enne energiakasutuse optimeerimist tuli välja selgitada ja parandada eelnimetatud vead, mille diagnoosimine võttis aega, kuid mida sai tänu energia- ja BMS-seirele diagnoosida. See ilmestab, kui oluline on Tellija poolne põhjalik kontroll hoone täitedokumentatsiooni ning süsteemide töö kontrollimisel ja vastuvõtmisel, sest hilisem vigade diagnoosimine ja parandamine on oluliselt ajamahukam ja kulukam.

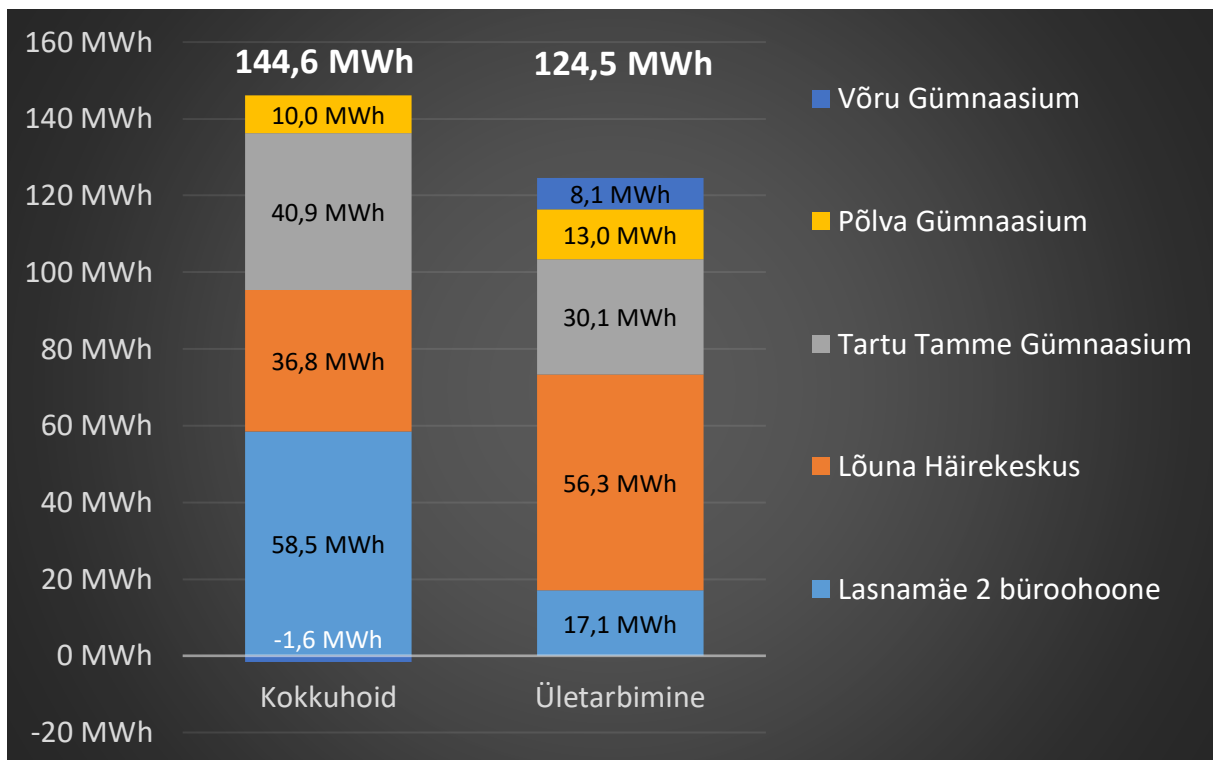
Allpool on tulemuste kirjeldamisel ja tarbimiste võrdlusel juures kasutatud mõisteid võrdlusperiood (ehk referentsperiood) ja projekti periood.

- Võrdlusperiood on projektile vahetult eelnenud 12 kuud: 01.03.2018-28.02.2019. Projektile eelneva viimase kuni 3 aasta tarbimised on pikemalt kasutusel olnud hoonetel ühtlased. Uutel ja värskest renoveeritud hoonetel on esimestel aastatel tarbimine väga suures ulatuses kõikunud. Selle tõttu võeti võrdlusperioodiks vaid viimased 12 kuud.
- Projekti periood, mil toimus monitoorimine, on võrdlusperioodile järgnevad 12 kuud: 01.03.2019-29.02.2020.

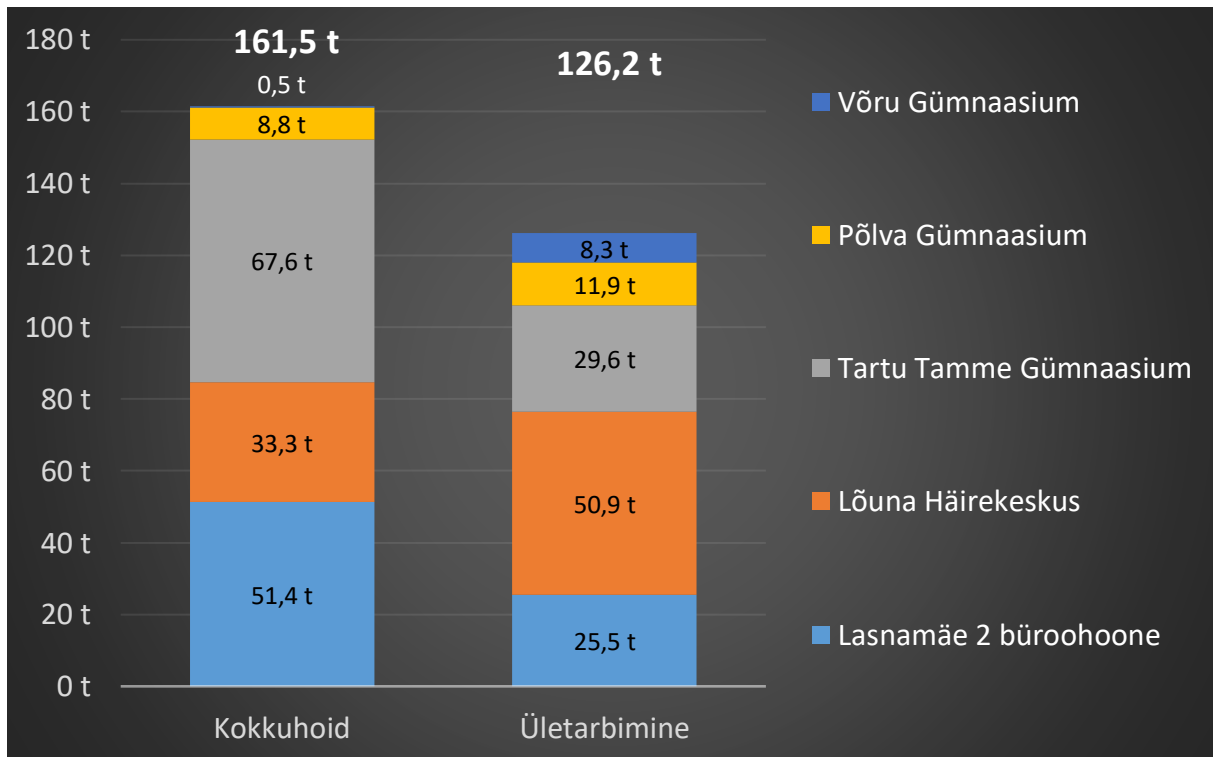
2.1 Kõik objektid kokku



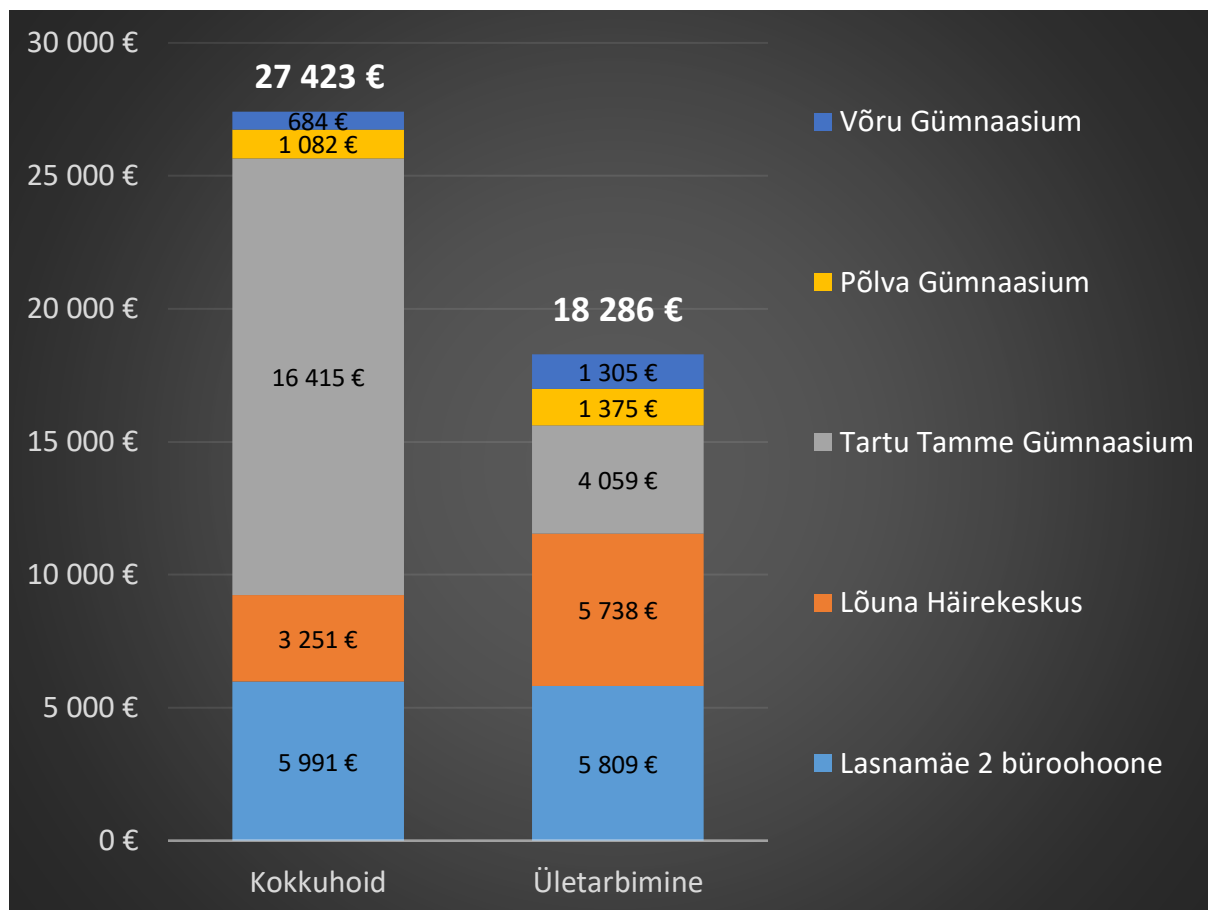
Joonis 32. Projekti perioodil saavutatud soojusenergia kokkuhoid ja hinnanguline ületarbimine (tarbimine, mida oleks veel võimalik kokku hoida). Tarbimisandmed on taandatud normaalaastale.



Joonis 33. Projekti perioodil saavutatud elektrienergia kokkuhoid ja hinnanguline ületarbimine (tarbimine, mida oleks veel võimalik kokku hoida)



Joonis 34. Projekti perioodil energia kokkuhoiust tingitud kasvahoonegaaside heitmete vähenemine ning hinnanguline ületarbimisest tingitud heitmete kogus, CO2 ekv



Joonis 35. Projekti perioodil saavutatud rahaline kokkuhoid ning hinnanguline ületarbimise maksumus

Tabel 1. Energiatarbimine võrdlusperioodil ja projekti perioodil

Hoone		Lasnamäe 2 büroohoone	Lõuna Häirekeskus	Tartu Tamme Gümnaasium	Põlva Gümnaasium	Võru Gümnaasium	KOKKU	
Kõetav pindala		8928,0 m ²	4011,0 m ²	7979,5 m ²	2321,6 m ²	3321,7 m ²	26561,8 m²	
Soojusenergia tarbimine*	Võrdlusperiood	MWh/a	700,8	384,2	1030,5	126,1	362,8	2604,4
	Projekti periood		677,0	361,6	750,2	122,0	345,1	2255,8
	Muutus		-23,8	-22,6	-280,4	-4,1	-17,7	-348,6
Elektrienergia tarbimine	Võrdlusperiood	MWh/a	723,1	595,1	397,8	70,4	185,6	1972,1
	Projekti periood		664,6	558,3	356,9	60,4	187,2	1827,4
	Muutus		-58,5	-36,8	-40,9	-10,0	1,6	-144,6
Energia tarbimine kokku	Võrdlusperiood	MWh/a	1423,9	979,3	1428,4	196,4	548,5	4576,5
	Projekti periood		1341,6	919,8	1107,1	182,4	532,3	4083,2
	Muutus		-82,3	-59,5	-321,3	-14,1	-16,1	-493,3

* Soojusenergia normaalaastale taandatuna

Tabel 2. Energia eritarbimine võrdlusperioodil ja projekti perioodil

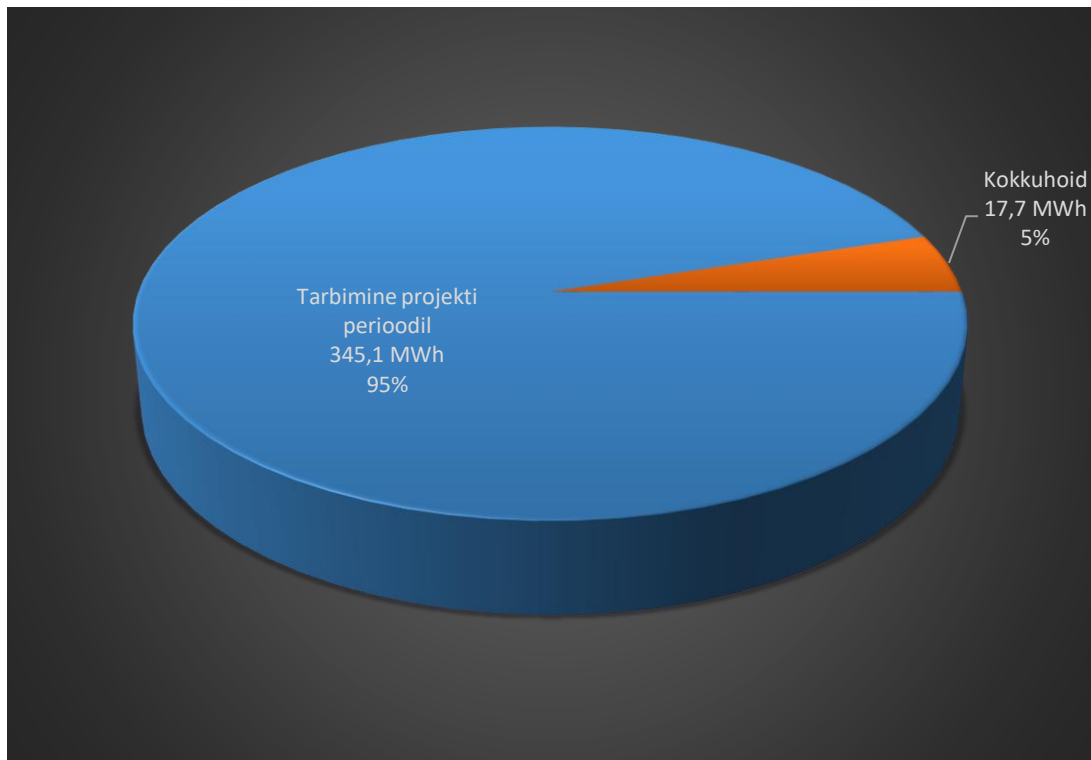
Hoone			Lasnamäe 2 büroohoone	Lõuna Häirekeskus	Tartu Tamme Gümnaasium	Põlva Gümnaasium**	Võru Gümnaasium	KOKKU
Kõetav pindala			8928,0 m ²	4011,0 m ²	7979,5 m ²	2321,6 m ²	3321,7 m ²	26561,8 m²
Soojusenergia erikasutus*	Võrdlusperiood	kWh/(m ² a)	78,5	95,8	129,1	54,3	109,2	467,0
	Projekti periood		75,8	90,1	94,0	52,5	103,9	416,4
	Muutus		-2,7	-5,6	-35,1	-1,8	-5,3	-50,5
Elektrienergia erikasutus	Võrdlusperiood	kWh/(m ² a)	81,0	148,4	49,9	30,3	55,9	365,4
	Projekti periood		74,4	139,2	44,7	26,0	56,4	340,7
	Muutus		-6,6	-9,2	-5,1	-4,3	0,5	-24,7
Energia erikasutus kokku	Võrdlusperiood	kWh/(m ² a)	159,5	244,1	179,0	84,6	165,1	832,4
	Projekti periood		150,3	229,3	138,7	78,6	160,3	757,1
	Muutus		-9,2	-14,8	-40,3	-6,1	-4,9	-75,2

NB! Tabelis on igal real värvidega välja toodud madal ja kõrge tarbimine. Roheline – väike tarbimine ehk hea tulemus; punane – suur tarbimine ehk halb tulemus. Ülejäänud toonid jäävad vahepeale. Iga rida tuleb vaadelda eraldi.

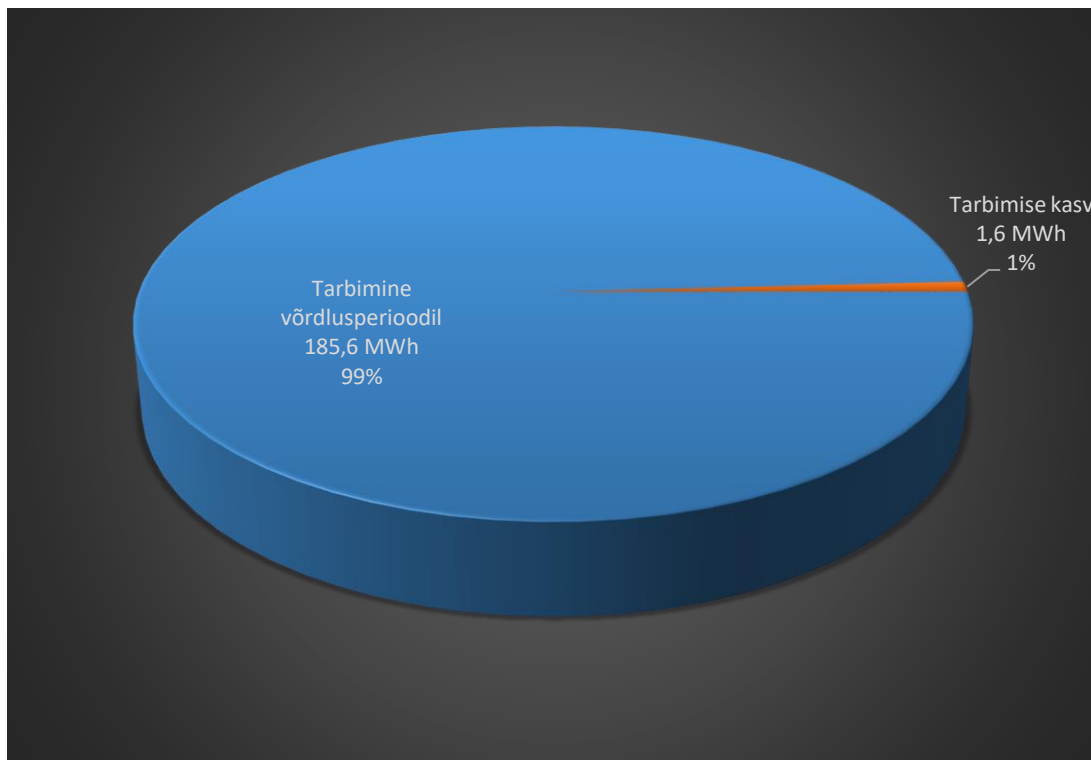
* Soojusenergia normaalaastale taandatuna.

** Põlva Gümnaasiumi elektrienergia tarbimises ei sisaldu PV-paneelide toodetud ja kohapeal tarbitud elektrienergia, mistõttu tabelis kajastatud energia erikasutus Põlva Gümnaasiumis on tegelikust mõnevõrra madalam.

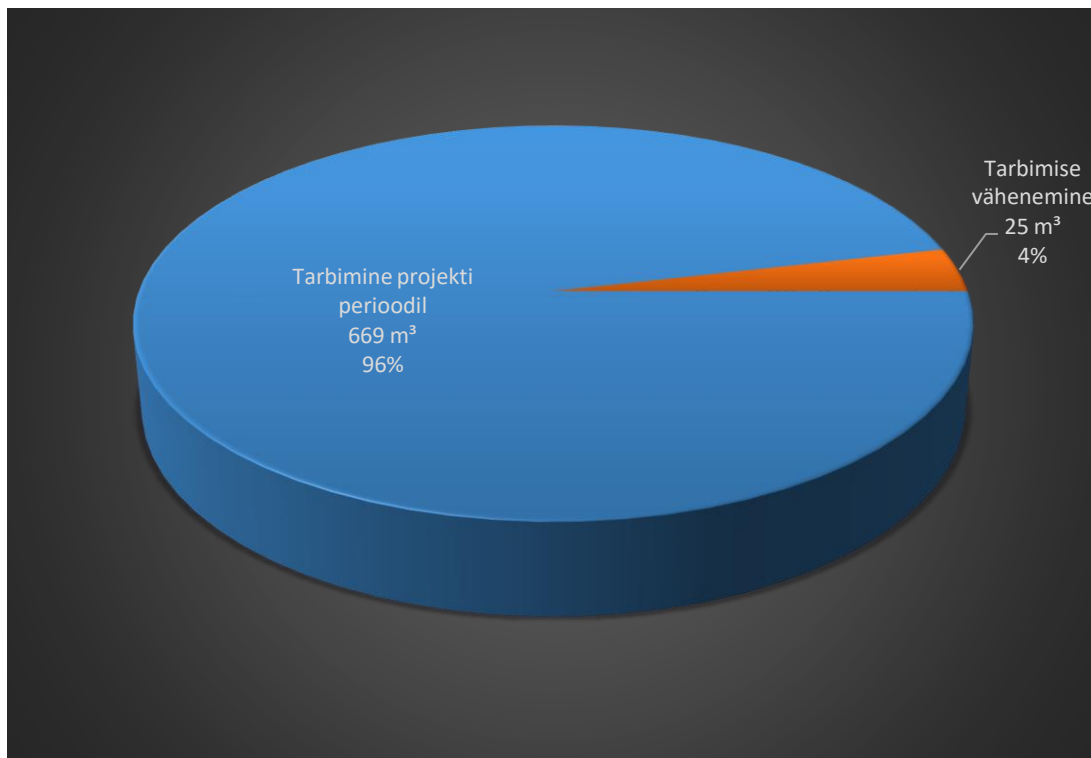
2.2 Võru Riigigümnaasium



Joonis 36. Normaalaastale taandatud soojusenergia kulu projekti raames



Joonis 37. Elektrienergia kulu projekti raames



Joonis 38. Vee kulu projekti raames

Eripärad:

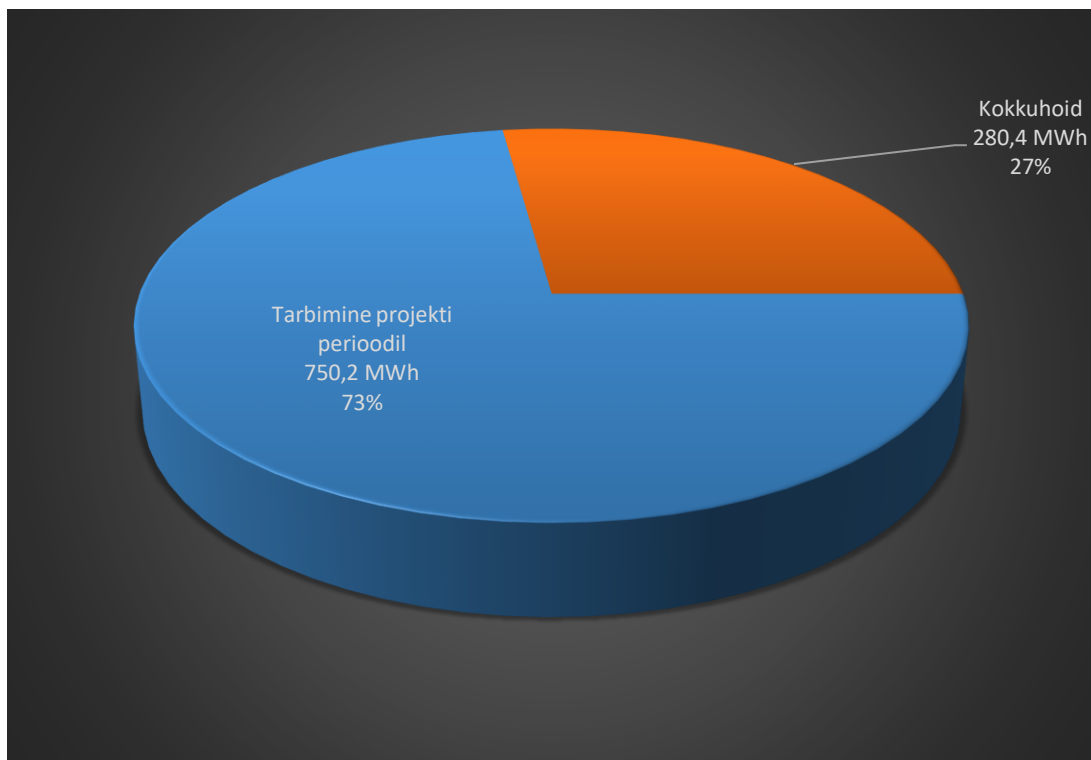
- Enamus hoone ruumikliima (kütte) juhtimisest on automatiseerimata.
- Palju erinevaid üritusi väljaspool tavapärast kasutusaega.

Tabel 3. Objektil tuvastatud ja lahendatud probleemid ning teostatud seadistused

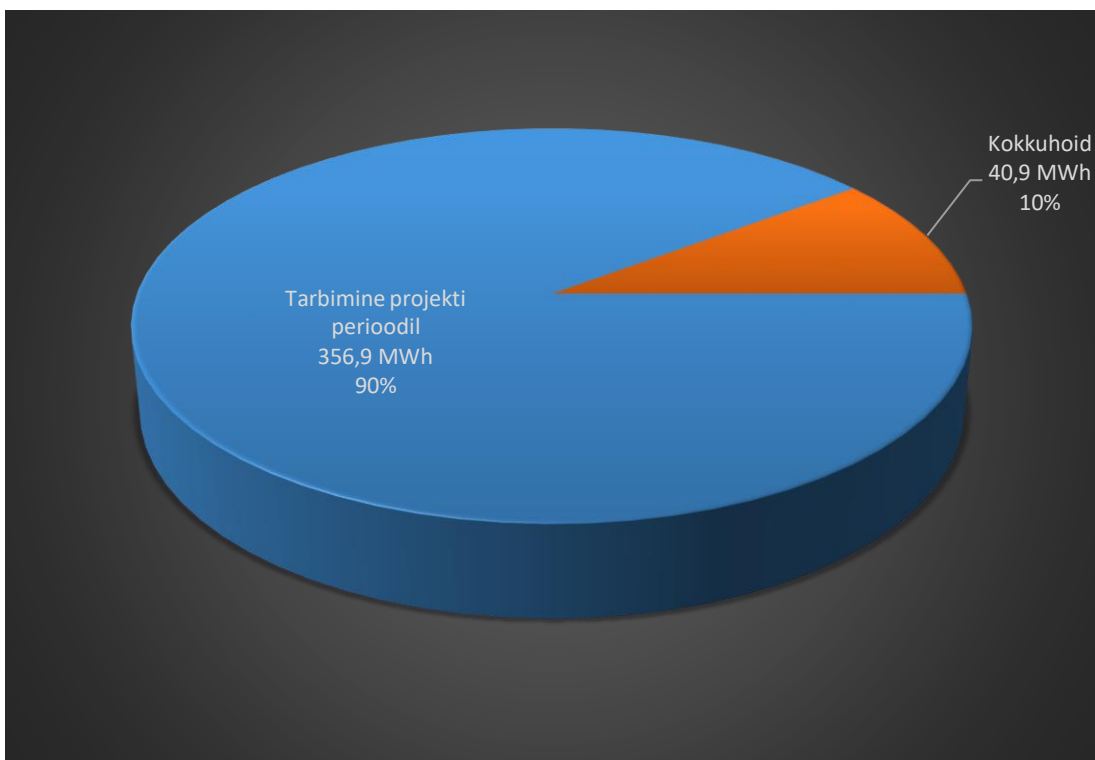
Jrk. nr.	Probleem/teema	Lahendus/tegevus	Staatus	Mõju
1	Klassiruumides on radiaatorite termostaatidel kohati väga erinevad seadearvud. Ühes ruumis võib-olla seaded min ja max.	Informeerida kasutajat: ühtlustada radiaatorite termostaatide seadearvud ruumis (soovituslik maksimaalne seadearv on 3)	Teostatud	Väike
2	Kui ruumides läheb palavaks, siis tehakse aknad lahti ja samal ajal radiaatorid kütavad.	Informeerida kasutajat: avatud akende ajal peavad radiaatorite termostaadid olema keeratud miinimumi peale	Teostatud	Keskmine
3	Köögi kohal olevas füüsika klassis (124) on hommikuti köögist tulevad lõhnad ja õpetaja peab lõhnade eemaldamiseks ruumi tuulutama akende avamisega abil	Muuta füüsikaklassi teenindava ventilatsioonisüsteemi (SV303) töökiirust ja tööaega järgnevalt. Hetkel töötab süsteem E-R: 6.00-7.00 poole kiirusega - ettepanek E-R: 6.00-7.00 täiskiirus	Teostatud	Väike
4	Ventilatsioonisüsteemide sissepuhke temperatuurid on liiga kõrged	Langetada seadetemperatuure	Teostatud	Keskmine
5	Küttesüsteemide küttegaafikud liiga kõrged	Langetada seadetemperatuure	Teostatud	Väike
6	Ventilatsioonisüsteemide tööaegade algus on tööpäevadel liiga vara	Korrigeerida aegprogramme	Teostatud	Keskmine
7	Kohapealseid hooldustöid teostav isik ei saa operatiivset infot alarmide kohta	Lisada hooneautomaatikas vastavad kontaktid alarmi teavituste saajate nimekirja	Tehnohooldaja informeeritud	Keskmine
8	Hooneautomaatikas on palju kinnitamata (Unacked) alarme.	Alarmidele peab kiiremini reageerima ning ära kinnitama, kui nendega on tegeletud	Tehnohooldaja informeeritud	Väike
9	Hooneautomaatikas on palju alarme alates aasta algusest (valdavalt ventilatsioonisüsteemidega seotud).	Välja selgitada alarmide põhjus ja kui neid on võimalik tulevikus vältida, siis teostada selleks vajalikud toimingud	Tehnohooldaja informeeritud	Väike

10	Hoone kasutaja ei oska lisada erandeid ventilatsioonisüsteemide tööaegadele.	Teha kasutajale koolitus	Teostatud	Keskmine
11	Õhkkardin ÕK1 ventiil on avatud olukorras, kus seadetemperatuur on +10°C ja tegelik temperatuur +26,8°C	Välja selgitada, mis on avatud ventiili põhjuseks ja probleem kõrvaldada	Teostatud	Väike
12	Radiaatorkütte pealevoolu temperatuuri alandus 2,5K toimub ainult nädalavahetustel (L ja P) ajavahemikus 7:00-24:00	Langetada radiaatorkütte pealevoolu temperatuuri 5K järgnevalt: E 0:00-04:00 E-R 19.00-06:00; L-P 0:00-24:00	Teostatud	Väike

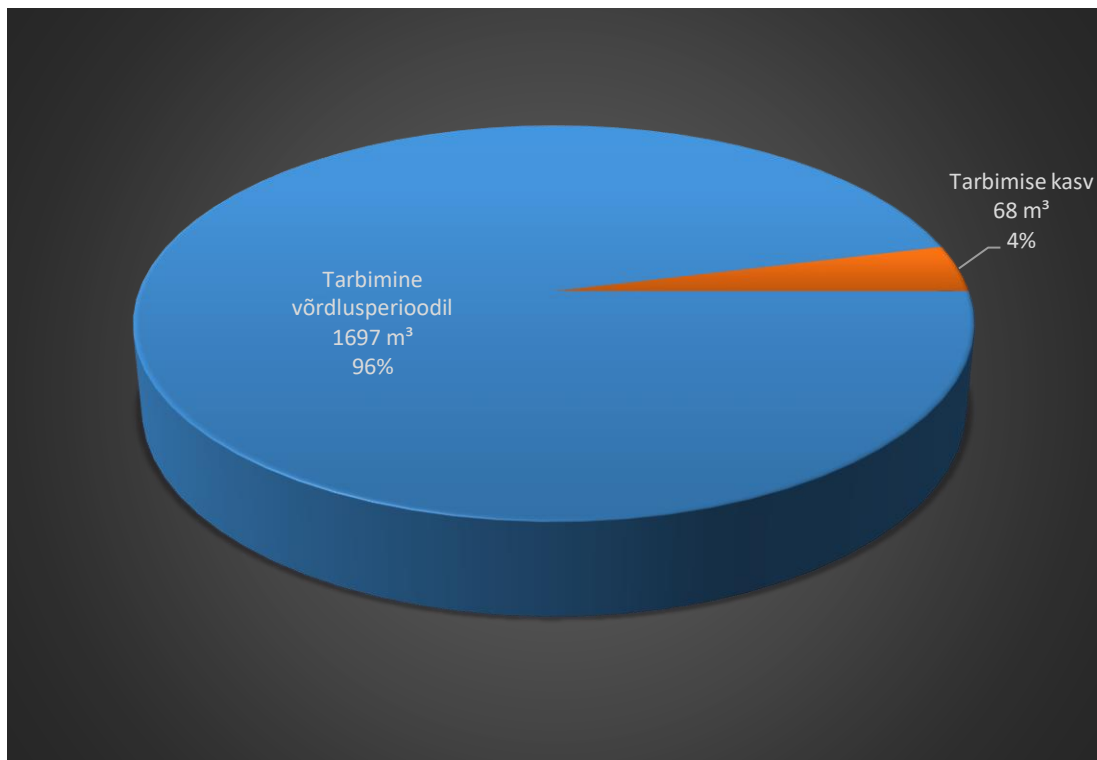
2.3 Tartu Tamme Gümnaasium



Joonis 39. Normaalaastale taandatud soojusenergia kulu projekti raames



Joonis 40. Elektrienergia kulu projekti raames



Joonis 41. Vee kulu projekti raames

Eripärad:

- Ventilatsioonisüsteemid töötasid võrdlusperioodil ööpäevaringselt.
- 1-3. kvartalil tuli väga palju kasutada öist vabajahutust.

Tabel 4. Objektil tuvastatud ja lahendatud probleemid ning teostatud seadistused

Jrk. nr.	Probleem/teema	Lahendus/tegevus	Staatust	Mõju
1	Sooja tarbevee seade arv on liiga kõrge +57°C. Põhjustab liigset energiakulu.	Kui tavapärasest kõrgemale seade arvule põhjendus puudub, siis langetada +55°C peale.	Teostatud	Väike
2	Mitteoptimaalsed seade arvud soojussõlmes. Põhjustab liigset energiakulu või sisekliima probleeme.	Korrigeerida soojussõlme seade arve alljärgnevalt. Eelduseks on soojussõlme välisõhu temperatuuri anduri korrektne paigaldus ja õige näit. P1.1 startimise seadesuurus: +15°C P2.1 startimise seadesuurus: +15°C P3.1 startimise seadesuurus: +20°C	Teostatud	Keskmine
3	Ruumid kuumenevad üle päikesest tingitud vabasoojuse tõttu	Rakendada ventilatsiooniseadmetel öine vabajahutuse funktsioon	Teostatud	Suur
4	Sissepuhkeõhu temperatuuri seade arv on konstantne. Põhjustab liigset soojusenergiakulu. Piirab ventilatsioonüsteemide vabajahutuse võimekust.	Rakendada ventilatsiooniseadmetel väljatõmbeõhu temperatuuri järgi sissepuhkeõhu temperatuuri juhtimine	Teostatud	Keskmine
5	Õhuvooluhulkade seadistused ei vasta projektis toodule. Õhuvooluhulgad on liiga väikesed ja selle tõttu siseõhukvaliteet kehvem.	Õhuvooluhulkade seade arvude korrigeerimine	Teostatud	Suur

6	Ventilatsiooniseadmed töötavad seadme enda kontrolleri ja hooneautomaatika ajakava järgi. Kaasneb liigne energiakulu ning arusaamatus, miks ja millal seade töötab.	Juhtida ainult hooneautomaatika aegprogrammi järgi ja kustutada vastavad seadistused ventilatsiooniseadmete kontrolleritest.	Teostatud	Keskmine
7	Ventilatsiooniseadmete kontrollerites on vaikeseadeks „Väike kiirus“, mille tõttu töötavad seadmed kogu aeg, kuigi ei peaks. Kaasneb liigne energiakulu.	Muuta vastav seadistus ventilatsiooniseadmete kontrollerites „Normal stop“ peale.	Teostatud	Suur
8	Ventilatsiooniseadmete kontrollerite kellaajad on valed	Korrigeerida kellaajad	Teostatud	Väike
9	Ventilatsioonisüsteemide aegprogrammid hooneautomaatikas ei vasta tegelikule kasutusele ja vajadusele.	Korrigeerida aegprogrammid	Teostatud	Suur
10	Ruumikontrollerite seadearvud liiga kõrged. On oht, et küttesüsteem hakkab vabajahutusele vastu töötama	Ruumikontrollerite seadearvud langetatud +22°C peale	Teostatud	Keskmine
11	Visualiseeringus on väljatõmbeventilaatorid vale koha peal - peaks olema peale soojustagastit, kuid on enne	Korrigeerida visualiseering.	Teostatud	Väike
12	Trendidest puuduvad seadmete õhuvooluhulgad, mis on olulise tähtsusega parameetrid. Trendide lühendid on raskesti mõistetavad (mis on mis)	Täiendada trende ja visualiseeringut. Vajalikud info andmepunktide kohta saab kätte ventilatsiooniseadmete modbus registrist.	Teostatud	Väike

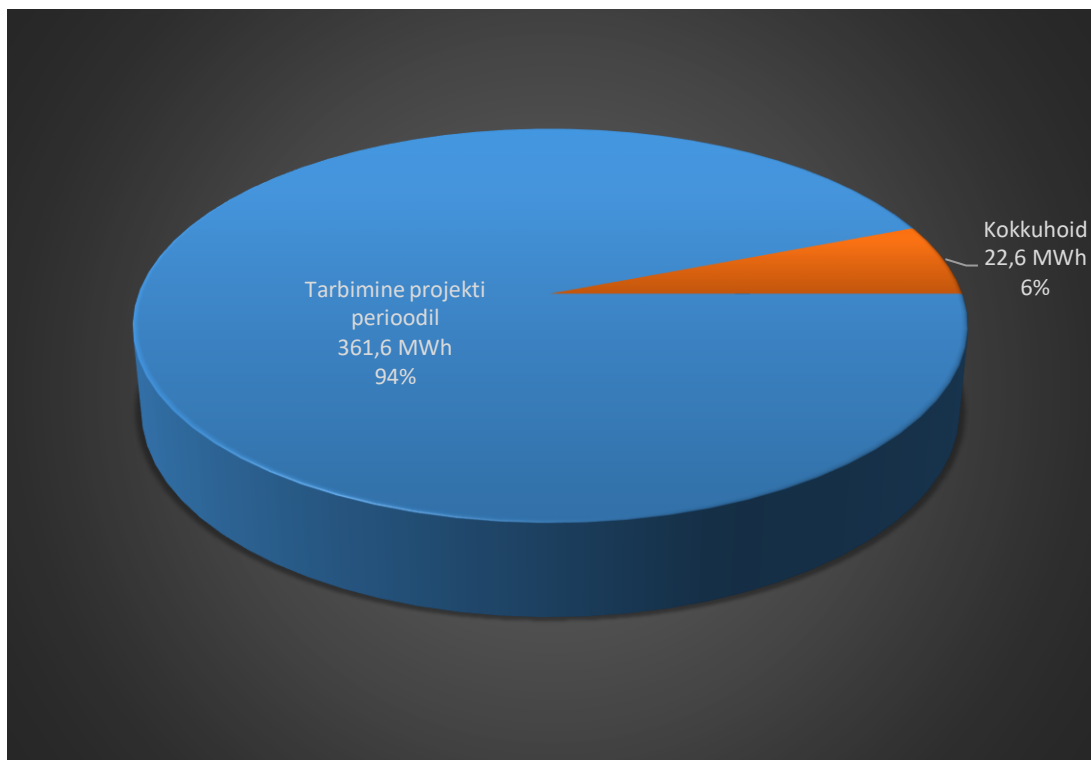
13	Trendide andmed on katkendlikud	Välja selgitada põhjus ja teha vajalikud korrektuurid, et trendide andmed oleksid jätkuvad	Teostamisel	Väike
14	Soojussõlme välisõhu temperatuuri andur ei näita tegelikku välisõhu temperatuuri. Arvatavasti jääb päikese kätte ning selle tõttu võib näidata tegelikkusest 15K kõrgemat temperatuuri	Välja selgitada vale näidu põhjus ja teha vajalikud korrektuurid, et süsteemi jõuaks õige temperatuuri väärtus.	Paigaldatud uus andur, mis jääb vähem päikese kätte. Hooldaja jälgib edaspidi, kas andur on sobiva kohapeal – temperatuuri järgi. Mida pikemad on päevad, seda rohkem võib päike andurit mõjutada.	Suur
15	Ventilatsioonikütte reguleerventiil soojussõlmes oli avatud, kui ringluspump seisis välisõhu kõrge temperatuuri tõttu. Kui pump seiskub kõrge välisõhu temperatuuri tõttu, siis peab reguleerventiil sulguma.	Kontrollida kohapeal, kas ventilatsioonikütte reguleerventiil sulgub, kui ringluspump seiskub kõrge välisõhu temperatuuri tõttu. Kui ei sulgu, siis tuvastada probleemi põhjus ning see kõrvaldada.	Hooldaja ütleb, et ventiil sulgub. Hooneautomaatikast trende vaadates, ventiil sulgub. Probleem lahenenud.	Keskmine
16	Hooneautomaatikast sisse logides VPN ühendusega IE'd kasutades ei ole võimalik vaadata mitmeid erinevaid andmeid: põrandkütte ja radiaatorkütte küttegaafik, väljatõmbeventilaatorite V6 ja V7 aegprogramm, alarme jne. Vastavat info näeb vaid RKAS'e serveri kaudu sisse logides.	Probleemi põhjus(ed) tuvastada ja kõrvaldada.	Oletatav põhjus on kohapealse arvuti Java tarkvara uuendamise vajadus. Kui tegelikult ka on põhjus selles, siis hooldaja peaks pidevalt jälgima uuendamise vajadust. Hetkel probleemi ei esine. Jälgimisel.	Suur
17	Ruumikontrolleritel on korruste kaupa aegprogrammid hooneautomaatikas, kuid puudub info tööloogika kohta - mis juhtub kui päevase talituse asemel rakendatakse öötalitus ja	Edastada vastav info.	Teostatud	Keskmine

	kus kohas saab muuta juhtimisega seotud seadearvusi?			
18	Hooneautomaatikas on tihti palju kinnitamata ja aktiivseid häireid. Miks keegi ei tegele tekkinud häiretega?	Suhelda vajalike inimestega, et häiretele reageeritaks piisava kiirusega ning et need hooneautomaatikas ära kinnitataks.	Teostatud	Keskmine
19	Hooneautomaatika visualiseeringus puuduvad ventilatsiooniagregaatide õhuvõtu temperatuurid. Kuna üldine välisõhutemperatuur on päikesest mõjutatud, siis tuleks õhuvõttude temperatuurid kuvada, et teaks tegelikku olukorda, mis on ventilatsiooniseadmetes.	Täiendada visualiseeringut.	Teostatud	Keskmine
20	Kasutaja puudub võimalus ventilatsioonisüsteeme kiirelt ja operatiivselt sisse lülitada töövälisel ajal. Kõike tuleb teha hooneautomaatika kaudu	Paigaldada vajalikele süsteemidele taimeriga nupud (1-6 tundi) Kasutaja jaoks sobivasse kohta	Töö on osaliselt lisatud remonttööde eelarvesse. Teostamisel.	Keskmine
21	Aula ventilatsioon töötab ühel kiirusel aegprogrammi järgi	Paigaldada ja ühendada CO2 ning kohaloleku andurid. Visualiseerida andurite näidud/olekud BMS'i. Vastavalt näitudele ja olekutele muudetakse konkreetse agregaaadi tootlikkust. Tootlikkuse juhtimine CO2 ja jahutusvajaduse järgi	Teostamisel	Suur
22	Auditooriumi ventilatsioon töötab ühel kiirusel aegprogrammi järgi	Paigaldada ja ühendada CO2 ning kohaloleku andurid. Visualiseerida andurite näidud/olekud BMS'i. Vastavalt näitudele ja olekutele muudetakse konkreetse agregaaadi tootlikkust.	Teostamisel	Suur

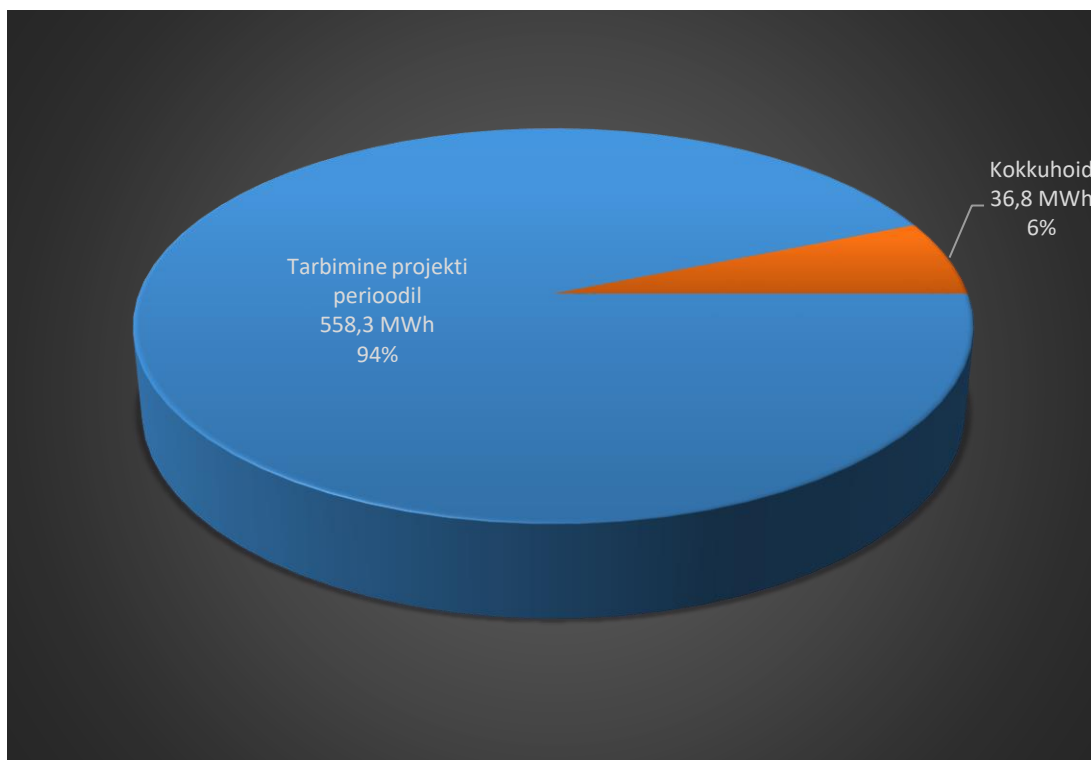
23	Võimla ventilatsioon töötab ühel kiirusel aegprogrammi järgi.	Paigaldada ja ühendada CO2 ning kohaloleku andurid. Visualiseerida andurite näidud/olekud BMS'i. Vastavalt näitudele ja olekutele muudetakse konkreetse agregaadid tootlikkust. Andureid kaitsta füüsiliste vigastuste eest. Sama süsteem teenindab ka väiksemat spordisaali. See tähendab, et kindlasti tuleb ka sinna üks CO2 andur paigaldada. Lisaks tasuks mõelda VAV-klappidele, kuna üks süsteem teenindab kahte ruumi.	Teostamisel	Suur
24	Ruumikliima juhtimine on ainult osaliselt ühendatud hooneautomaatikaga	Välja ehitada kaasaegne ruumikliima juhtimine, mis on ühendatud hooneautomaatikaga (ajamid, akna andurid, ruumikontrollerid jne)	Auditooriumi ruumikliima juhtimine on plaanis ühendada hooneautomaatikasse. Mujal ei teostata	Keskmine
25	Radiaatorküttele puudub aegprogramm, millega on võimalik suvevaheajal süsteem seisma panna. Juhul kui suvel hoonet ei kasutata, siis ei ole vaja kulutada soojusenergiat sisekliima tagamiseks.	Juhul, kui radiaatorkütte süsteemi pikemaajaliseks seiskamiseks või taaskäivitamiseks, ei ole vaja kohapealseid hooldustöid teostada, lisada radiaatorkütte töö juhtimiseks aegprogramm hooneautomaatikasse.	Küte lülitatakse soojussõlmest suvel välja.	Keskmine
26	Soojussõlmes puuduvad tagastuva vee temperatuurandurid ventilatsiooniküttele, põrandküttele ja soojal tarbeveel. Selle tõttu puudub info, kas süsteemi pealevoolu temperatuur või ringluspumba töörežiim on optimaalne.	Lisada puuduolevad temperatuurandurid. Juhul kui ringluspumbad ühendada otse hooneautomaatikasse, siis sealt kaudu on võimalik enamus süsteemidele kõnealused temperatuurid kätte saada. Lisaks veel palju muud infot pumpade töö kohta, näiteks: vooluhulk, rõhuvähe, hetkevõimsus, tarbitud elektrienergia jne.	Teostamisel	Väike

27	<p>Kaughaldusest vaadates on klassiruumeteenindavate agregaatide (SV6 ja SV7) küttevõlliidid lahti, kui ei peaks olema. Kaasneb liigne soojusenergiakulu.</p>	<p>Kontrollida kohapeal ventiilide ja ajamite tegelikke olekuid ning tuvastada probleemi põhjus.</p>	<p>Teadmata</p>	<p>Keskmine</p>
28	<p>Aula ventilatsiooniseadme jahutus ei tööta.</p>	<p>Tuvastada põhjus ja probleem lahendada.</p>	<p>Põhjuseks oli külmaaine leke. Edaspidi peaks hooldaja aktiivsemalt jälgima seadmete tehnilist seisundit.</p>	<p>Keskmine</p>
29	<p>Soojemal perioodil kuumenevad ruumid vabasoojuste tõttu üle ning jahutamiseks puudub vajalik ressurss.</p>	<p>Paigaldada passiivsed või aktiivsed päikesevarjestuse lahendused. Paigaldada ventilatsiooniseadmete jahutusseadmed.</p>	<p>Jahutusseadmeid ei paigaldata. Kasutatakse vaid päikesevarjestuse lahendusi. Teostamisel</p>	<p>Suur</p>

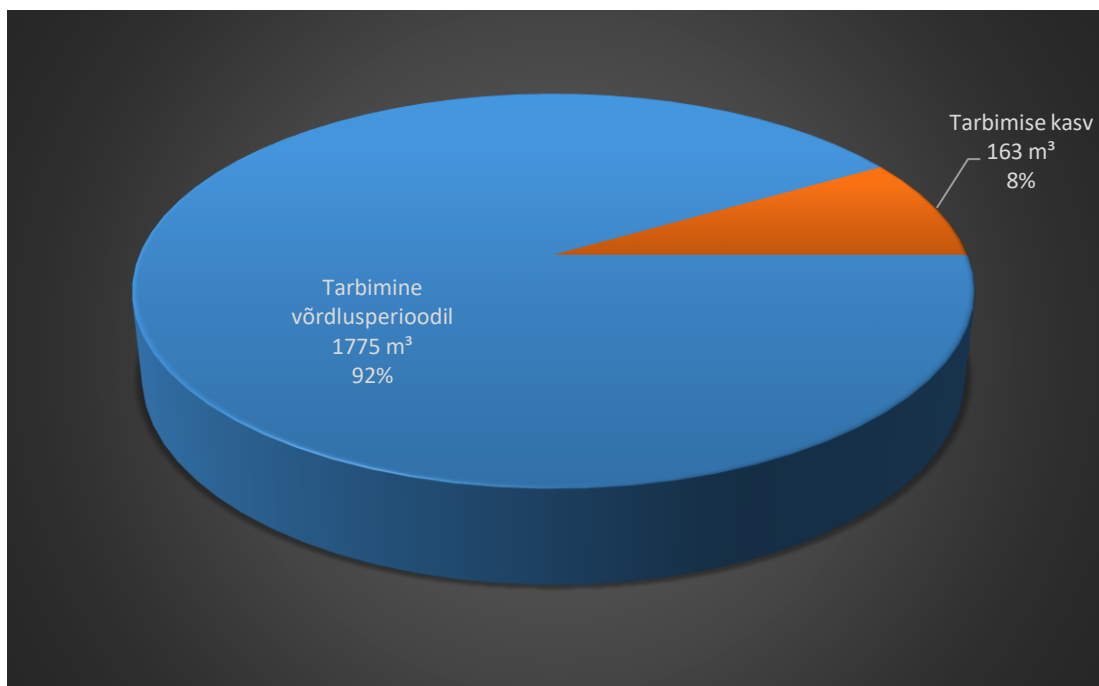
2.4 Tartu Päästokeskus



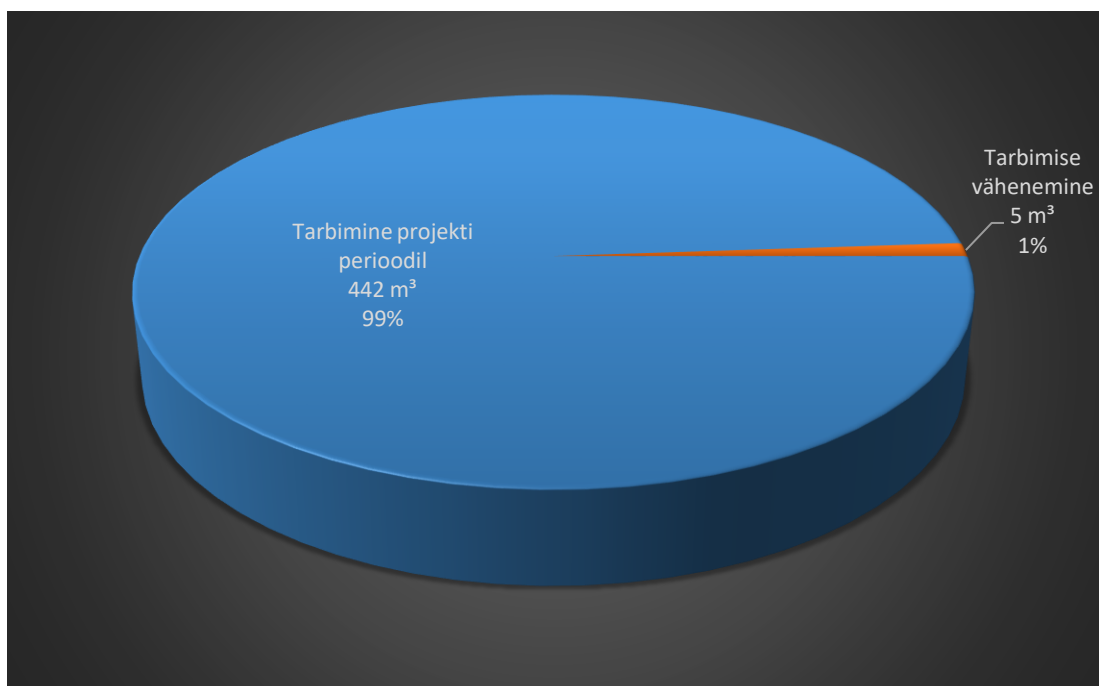
Joonis 42. Normaalaastale taandatud soojusenergia kulu projekti raames



Joonis 43. Elektrienergia kulu projekti raames



Joonis 44. Tarbevee kulu projekti raames



Joonis 45. Tuletõrjevee kulu projekti raames

Eripärad:

- Hoone ööpäevaringne kasutus.
- Suur veekulu.
- Palju erinevaid arvesteid.

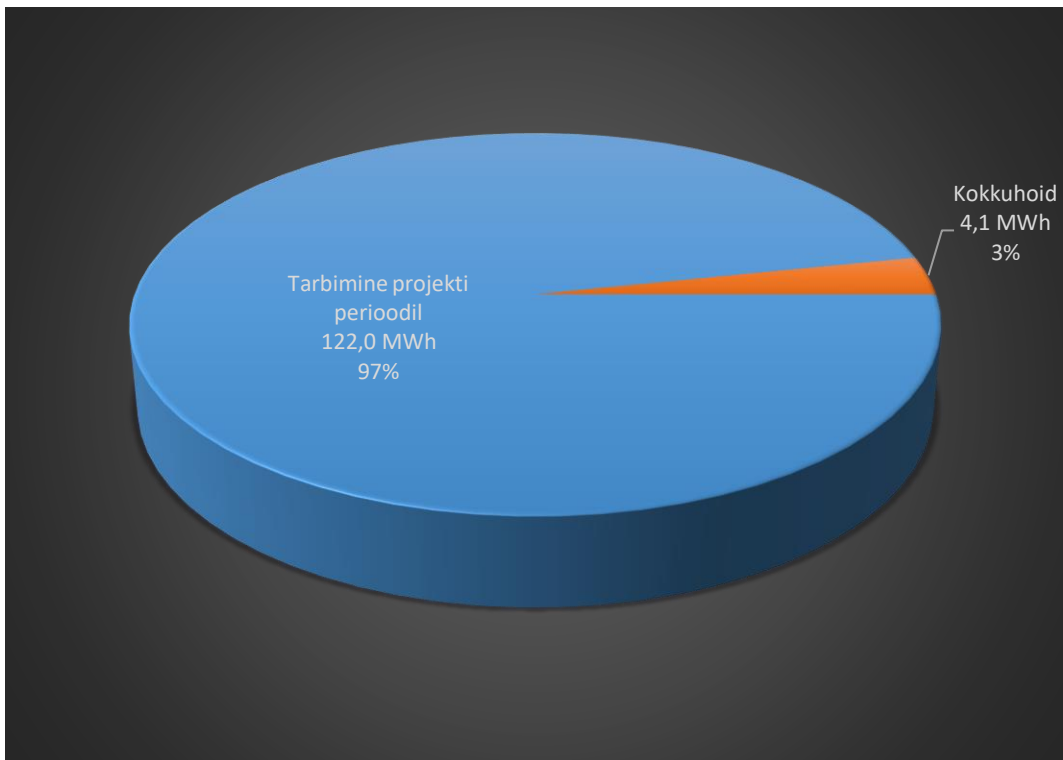
Tabel 5. Objektil tuvastatud ja lahendatud probleemid ning teostatud seadistused

Jrk nr	Probleem/teema	Lahendus/tegevus	Staatus	Mõju
1	Ventilatsiooniagregaadi SV1 õhuvõtu temperatuuriandur näitab ca 6K madalamat temperatuuri, kui teiste ventilatsiooniagregaatide õhuvõtu temperatuuriandurid ja välisõhu temperatuuriandur	Andur välja vahetada	Teostatud	Väike
2	Generaatoriruumi R146 välisõhuklappide juhtimise kirjeldus puudub BMS'i visualiseeringus. Ei ole võimalik aru saada mis ja kuidas juhib välisõhuklappide tööd.	Täiendada visualiseeringut	Teostatud	Väike
3	Päästetehnika garaaži välisõhuklappide tagasiside näitab 67%, kuigi juhtsignaal on 0%.	Tuvastada probleemi põhjus ja see kõrvaldada	Teostatud – klapid olid füüsiliselt ära piiratud	Keskmine
4	Radiaatorkütte ja ventilatsiooni kütte soojussõlmedel puudub välisõhutemperatuuriga seotud blokeering. Küttesüsteemid töötavad ka sooja väliskliima korral, millega kaasneb liigne energiakulu.	Täiendada BMS'is soojussõlme juhtimist (ja visualiseeringut) reeglina, mis kindla välisõhu temperatuuri korral (seade arv) lülitab soojussõlmes vastava küttesüsteemi välja. Igale süsteemile peab olema oma seade arv	Teostatud	Keskmine
5	BMS'is puudub info ja seade arvud ventilatsiooniagregaatide eelkütte juhtimiseks. Ei	Täiendada visualiseeringut	Eelkütte kasutus on seotud jäätumise/härmatumisega - kui soojustagasti rõhukadu tõuseb üle seade arvu, siis rakendub	Keskmine

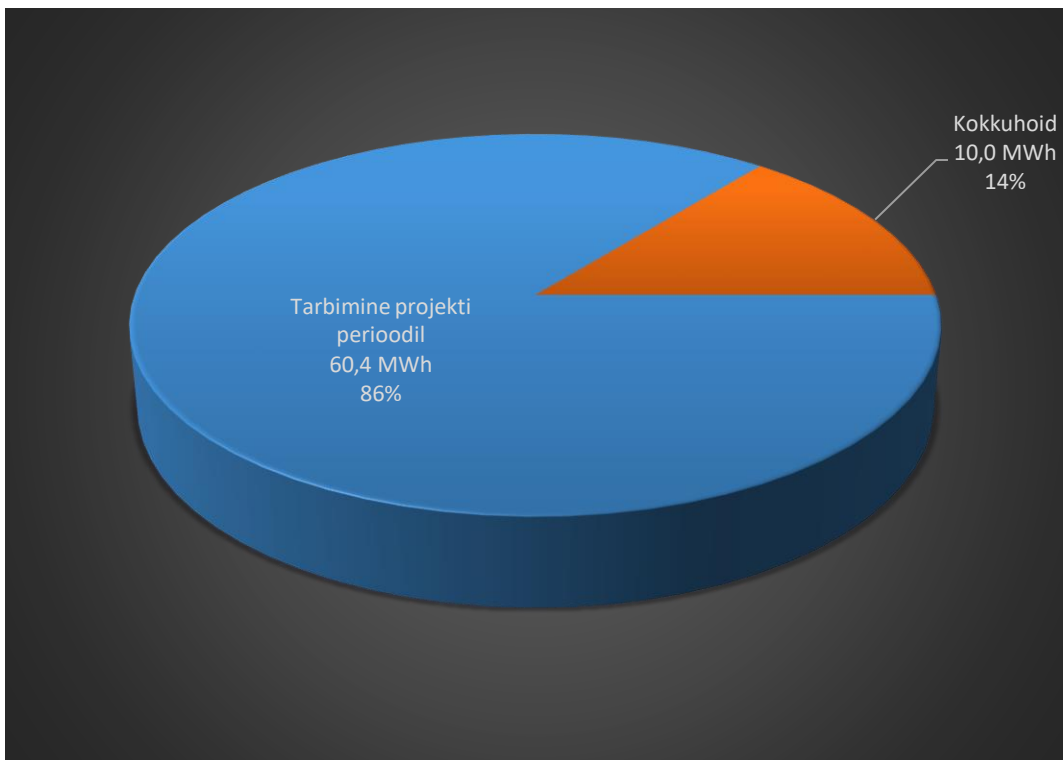
	ole võimalik analüüsida, kas eelkütet kasutatakse optimaalselt.		eelküte sulatuse eesmärgil. Visualiseeringusse lisatakse eelkütte rakendumise rõhuvahe seadearvud. Teostatud	
6	Ventilatsiooniküte on soojussõlmes "auto" režiimil peatatud. Ei ole võimalik aru saada, mis loogika või seadearvu järgi on peatamine toimunud.	Edastada vastav info	Teostatud. Pumbad ei allunud juhtimisele ja vajasis restarti.	Väike
7	BMS'is puudub ventilatsiooniseadmetel kasuteguri %. Vastav tekst on olemas, kuid väärtust ei kuvata. Automaatiku sõnul kuvatakse kasuteguri väärtus, kui välisõhu temperatuur on alla 8°C.	Piirang välja lülitada	Teostatud	Väike
8	Jahutuspalkide pealevoolu temperatuuri muutmine sõltuvalt kastepunktist. Ei ole võimalik aru saada, kus kohas mõõdetakse õhu parameetreid ja mille järgi arvutatakse kastepunkt.	Lisada vastav info BMS'is jahutuse osa juurde	Kastepunkti temperatuuri arvutatakse ventilatsiooniagregaatide niiskusandurite järgi. Aluseks võetakse halvim näit. Teostatud.	Keskmine
9	BMS'i on kirjutatud, et kastepunkti seadesuuruse järgi toimub jahutuspalkide pealevoolu temperatuuri alandamine. Tegelikult peaks toimuma temperatuuri tõstmine. Trendides vastav info puudub ning ei ole võimalik kontrollida, kuidas loogika tegelikult toimib	Edastada vastav info, kuidas loogika tegelikult toimib ning korrigeerida tekst BMS'is.	Pealevoolu temperatuuri alandamist kasutatakse, kui hoones probleeme ei ole ja jahutuspalkidele kondensaati ei teki. Visualiseeringus tuuakse välja kastepunkti temperatuur. Teostatud.	Keskmine
10	Ventilatsiooniseadmetel ei ole rakendatud soojusvahetite jahutusetagastuse funktsiooni.	Täiendada ventilatsiooniseadmete soojustagasti kasutamise loogikat vastava funktsiooniga.	Teostatud	Keskmine

11	Garaaže teenindava ventilatsiooniseadme sissepuhkeõhu temperatuuri seadevud (väljatõmbeõhu temperatuuri järgi) on liiga kõrged - väljatõmme 15°-28°C ning sissepuhe vastavalt 17°-24°C	Langetada sissepuhke temperatuuri seadevud 16°-22°C peale	Teostatud	Suur
12	Kõik ventilatsioonisüsteemid töötavad täiskiirusel ööpäevaringselt	Seadistada minimaalselt bürooruume ja garaaže teenindavate ventilatsiooniseadmete tööajad vastavalt vajadusele.	Teostatud	Suur
13	Ruumikontrollerite seadevud on liiga kõrged (+23°...+25°C)	Langetada seadetemperatuurid +23°C peale või allapoole	Teostatud	Keskmine

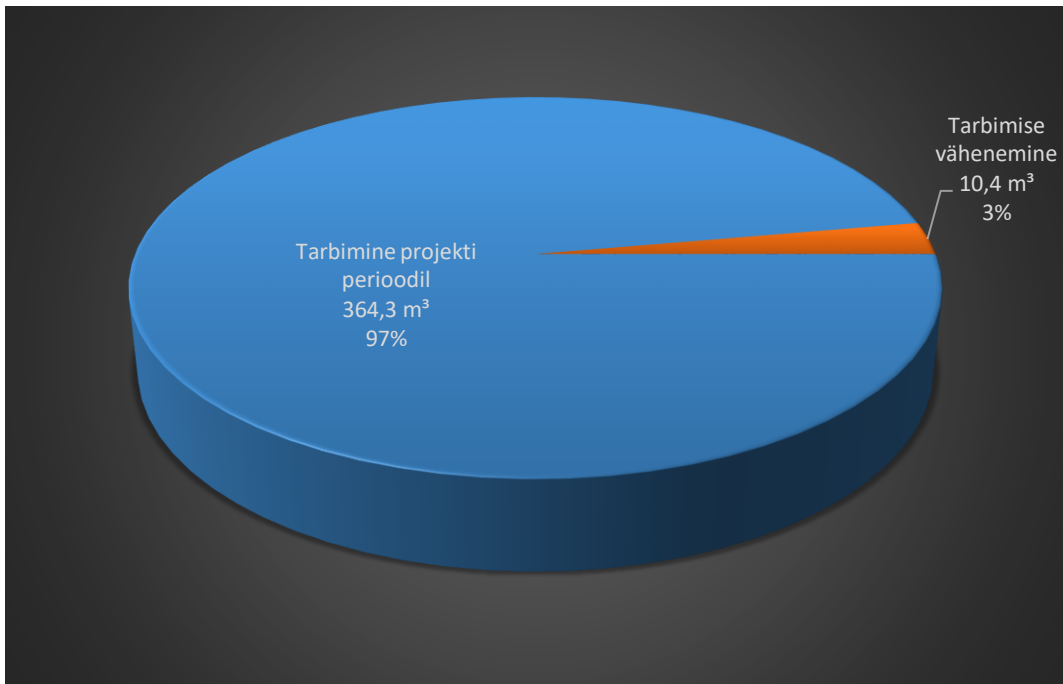
2.5 Põlva Riigigümnaasium



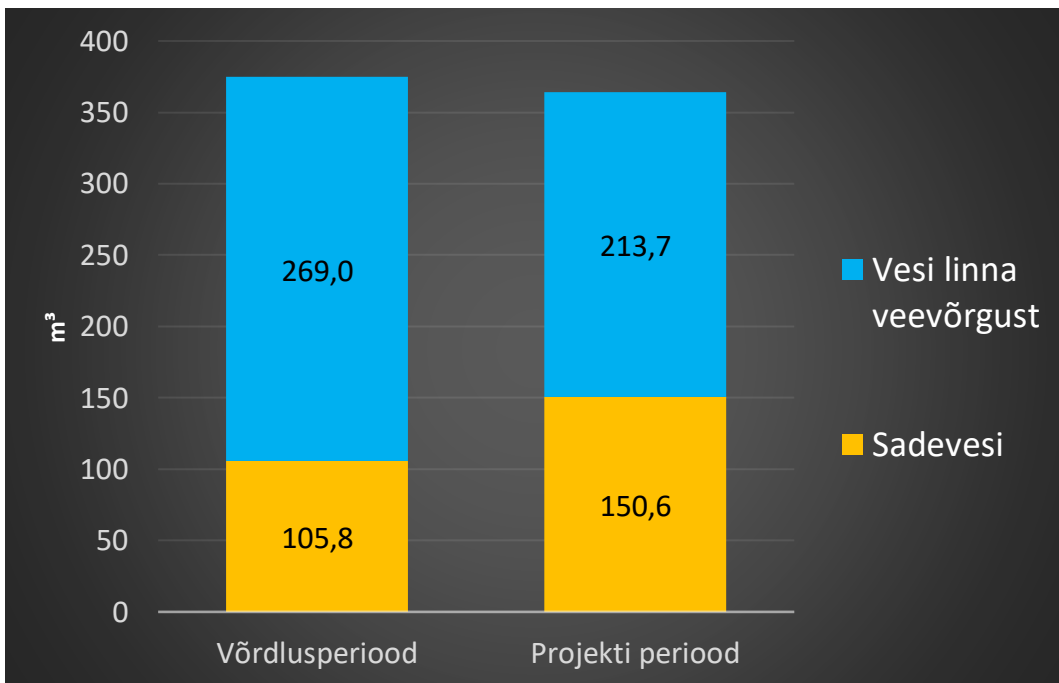
Joonis 46. Normaalaastale taandatud soojusenergia kulu projekti raames



Joonis 47. Elektrienergia kulu projekti raames



Joonis 48. Vee kulu projekti raames



Joonis 49. Veekasutus sõltuvalt allikast

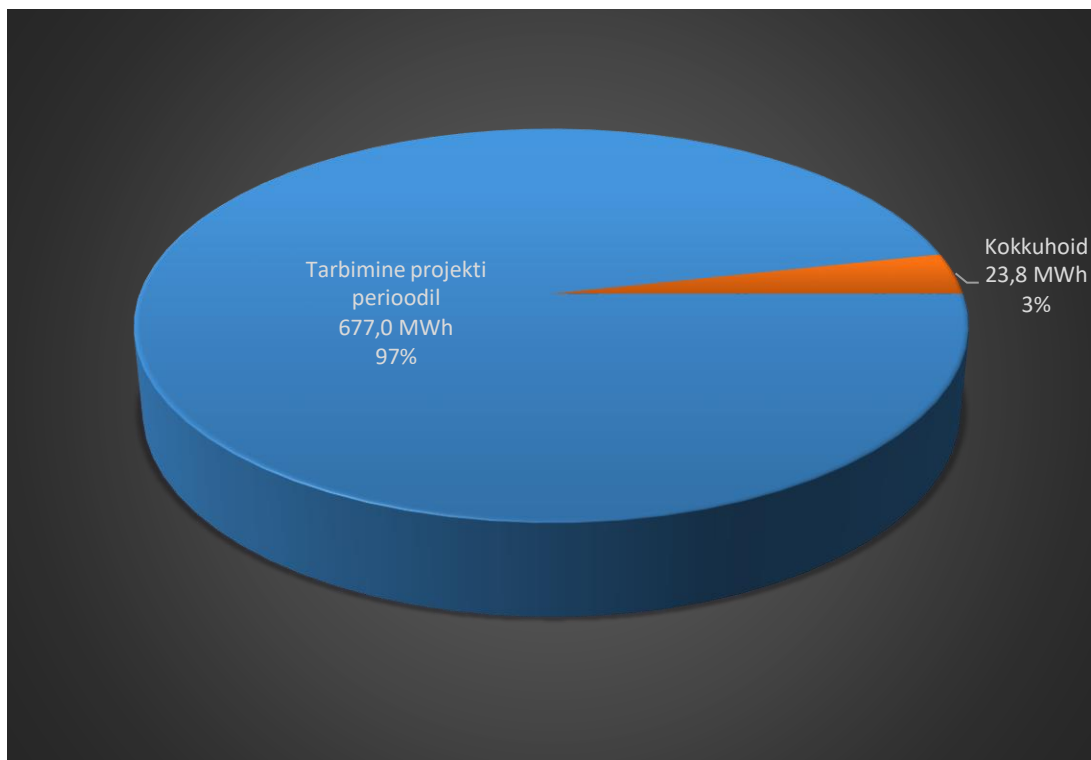
Eripärad:

- Hoone katusel on PV-paneelid, mille kogu elektrienergia toodang ja hoones tarbitud elektrienergia võrdlusperioodil ja projekti perioodil on teadmata.
- Kogutakse sadevett, mida kasutatakse põhiliselt WC'de loputusveena.

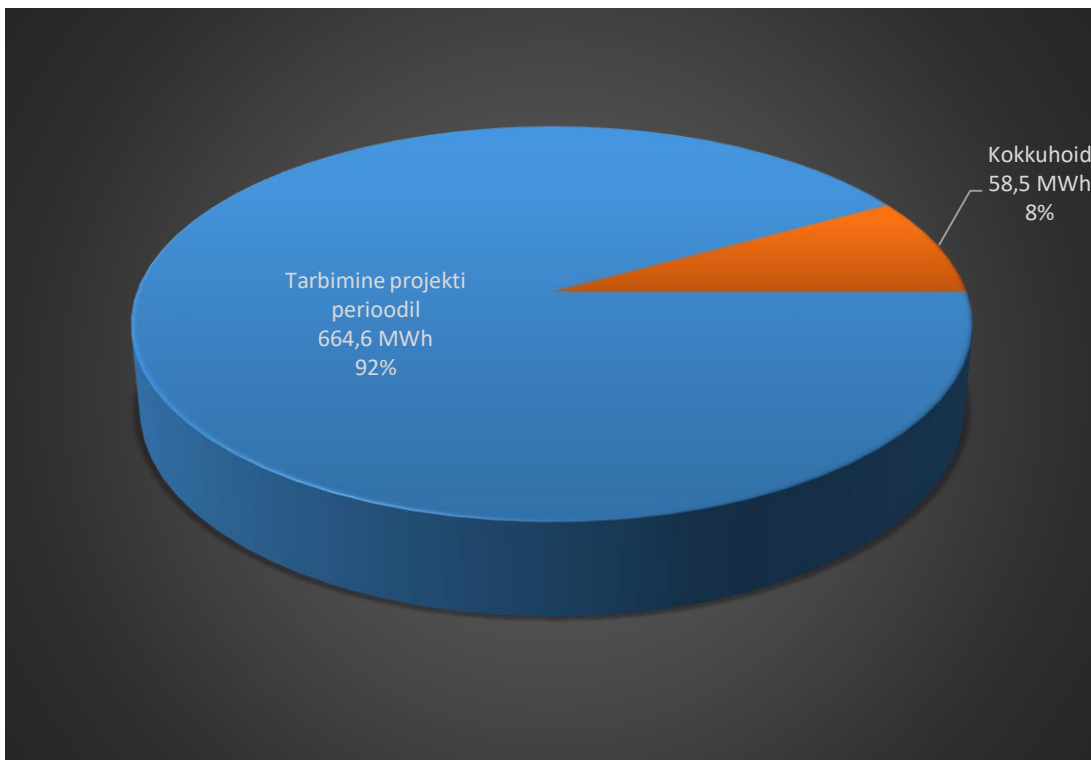
Tabel 6. Objektil tuvastatud ja lahendatud probleemid ning teostatud seadistused

Jrk nr	Probleem/teema	Lahendus/tegevus	Staatust	Mõju
1	Ruumikontrollerite "Maksimaalne temperatuur ooteajal" on liiga kõrge (+25°C). Põhjustab liigset energiakulu, kui kedagi hoones ei ole.	Langetada seade arv +22°C peale	Teostatud	Suur
2	Ruumikontrollerite "Maksimaalne kasutaja seadesuurus" on liiga kõrge (+25°C). Põhjustab liigset energiakulu.	Langetada seade arv +24°C peale	Teostatud	Keskmine
3	Ruumikontrollerite aegprogrammi tööaja algus on liiga varajane (E: 0.00, T-R: 4.00). Arvestades ruumikontrollerite lubatud maksimaalseid seadesuuruseid, põhjustab liigset energiakulu.	Muuta ruumikontrollerite tööaja algust järgnevalt - E: 3.00, T-N: 5.00	Teostatud	Suur
4	Soojussõlmes on radiaatorkütte pealevoolu temperatuuri seadesuuruse nihe liiga suur (7°C) ja nihutamise ajaline kestvus liiga pikk (120min). Arvestades ruumikontrollerite lubatud maksimaalseid seadesuuruseid, põhjustab liigset energiakulu.	Muuta seade arve järgnevalt - nihe: 5°C, Nihutamise ajaline kestvus: 60 min	Teostatud	Keskmine
5	Ventilatsioonüsteemide sissepuhke temperatuurid on liiga kõrged (+22°C). Kaasneb oht ruumide ülekuumenemisele, kui lisandub päikesest tingitud vabasoojus ruumidesse. Põhjustab liigset energiakulu.	Sissepuhkeõhu temperatuuri seade arvude langetamine vähemasti +19°C peale või madalamaks	Teostatud	Suur
6	Ventilatsiooni kütte seiskamine toimub liiga kõrge välisõhu temperatuuri juures (+20°C). Põhjustab liigset energiakulu.	Langetada soojussõlme seadistustes seade arv "ventküte seiskamine, kui TE00>" +15°C peale	Teostatud	Keskmine
7	Ventilatsiooniseadmete tööaja algus on liiga varajane	Muuta ventilatsiooniagregaatide tööaja algus aegprogrammis hilisemaks	Teostatud ja tagasipööratud	Suur
8	Ventilatsiooniseadmed töötavad käsijuhtimisel 24/7 - erinevad ajahetked	Lülitada automaatjuhtimisele	Teostatud ja tagasipööratud	Suur

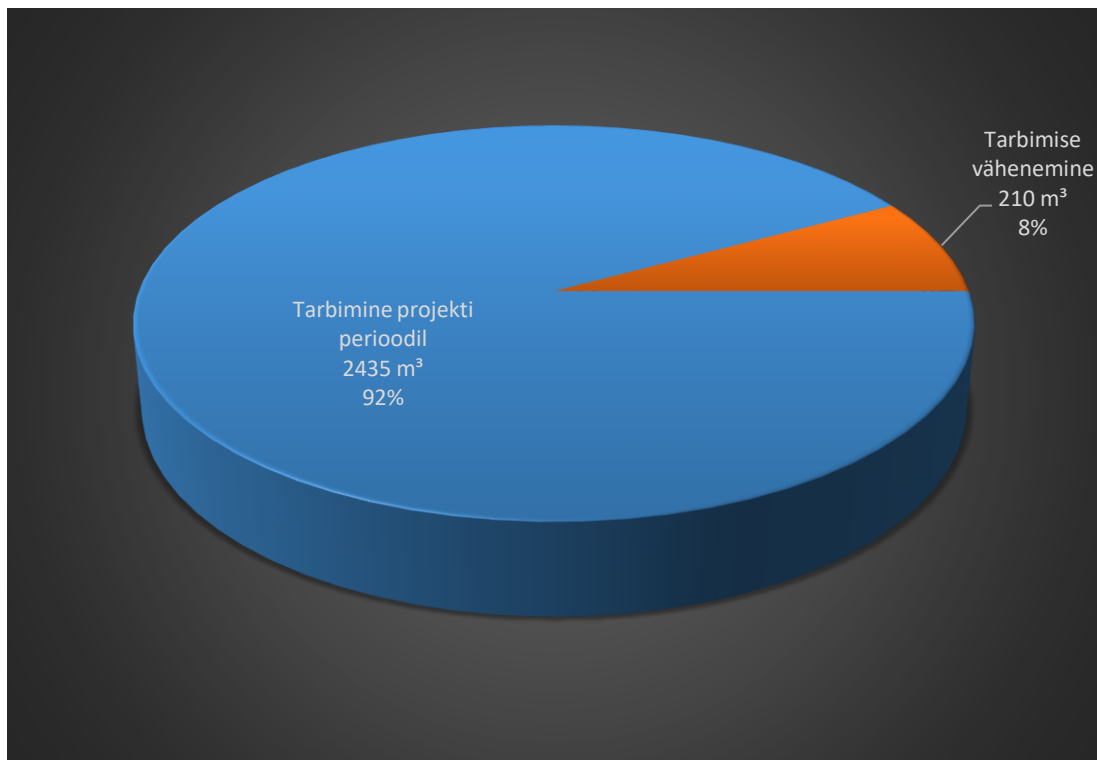
2.6 Lasnamäe 2 büroohoone



Joonis 50. Normaalaastale taandatud soojusenergia kulu projekti raames



Joonis 51. Elektrienergia kulu projekti raames



Joonis 52. Vee kulu projekti raames

Eripärad:

- Palju erinevaid arvesteid.
- Arvestisüsteemis on palju puuduseid.

Tabel 7. Objektil tuvastatud ja lahendatud probleemid ning teostatud seadistused

Jrk nr	Probleem/teema	Lahendus/tegevus	Staat	Mõju
1	Aegprogrammi järgi töötab jahutussüsteem öösel, kui ventilatsioonisüsteemid seisavad	Ilma ventilatsioonisüsteemide töötamiseta ei saa ruume jahutada. Korrigeerida jahutussüsteemide aegprogramme järgnevalt: tööaeg E-R 5.00-19.00	Külmajaama tööajad on muudetud, kuid jahutusalkide ringluspump töötab pidevalt.	Suur
2	Vabajahutuse glükooli seadesuurus on liiga madal (+12°C)	Tõsta seadearv +14°C peale	Teostatud	Keskmine
3	Ei kasutata radiaatorkütte pealevoolu temperatuurialandust töövälisel ajal.	Aktiveerida radiaatorkütte pealevoolu temperatuuri alandus töövälisel ajal	Teostatud. Temperatuurialandus 5K	Keskmine
4	Küttesüsteemide küttegaafikud liiga kõrged	Korrigeerida seadearve	Teostatud	Keskmine
5	Soojussõlme välisõhu temperatuuri andur ei ole päikese eest varjatud? Hetke näit on +20,9°C ja samal ajal on hoone välisõhutemperatuuri andur näit +10°C	Tõsta andur sobivasse kohta, kus ta ei ole otseset päikesekiirgusest mõjutatud.	Andur päikese käes ei ole. Arvatavasti oli mingi muu mõjutaja. Edasi ei tegeleta.	Väike
6	Kuvada korruste 1-6 ja 8 ruumikontrollerite info plaanile analoogselt 7. ja 9.korrusele	Hetkel tuleb igat ruumikontrollerit eraldi vaadata, mis nõuab väga palju aega. Ruumikontrollerite info plaanidel annab kiiresti ülevaate antud korrusel olevast ruumikliimast ja vastavate süsteemide tööst. Võimalusel näidata kogu ruumikontrollerite infot plaanil.	Teostatud	Keskmine
7	EAS'i 4.korruse serveriruumi kliimaseadmete seadearv on liiga madal. Põhjustab liigset energiakulu. Seadearvu ei saanud varem tõsta, kuna suhteline niiskus kujunes ruumis liiga kõrgeks.	Juhul kui olemasolev lahendus ei toimi, tuleks paigaldada eraldiseisev kuivatus seade või olemasolevad jahutusseadmed välja vahetada selliste vastu, mis on koos kuivatusfunktsiooniga.	Peale "niiskusimuri" paigaldamist ei ole probleemi kõrge suhtelise õhuniiskusega. Seadetemperatuur tõsteti +20°C peale.	Keskmine

3 Järeldused ja soovitused

3.1 Energia monitoorimise süsteemi laialdasem kasutuselevõtt avalikes hoonetes

Energiamonitooringusüsteemi kasutuselevõtt avalikes hoonetes on projekti tulemusi arvesse võttes perspektiivikas ning energia kokkuhoid saavutatav, kuid ainuüksi monitooring ise säästu ei too – selleks tuleb ka aktiivselt reageerida ja tegutseda. Seda võib teha autonoomne programm või kogemustega inimene. Peamisteks küsimusteks, mis energiamonitooringusüsteemi kasutusele võtmisel lahendamist (läbi mõtlemist) vajavad, on.

- Kuidas on üles ehitatud olemasolev hooneautomaatikasüsteem ja selle juurde kuuluv arvestitest koosnev mõõtmisüsteem.
- Milline on kasutusel olev hooneautomaatika platvorm ja milliste pakutavate tarkvaradega see ühildub ning kui keeruline on energia monitoorimise süsteemi ja mõõtmisüsteemi integreerimine.
- Kui detailset infot olemasolevast mõõtmisüsteemist saab koguda ja kas see on piisav või oleks vaja paigaldada lisaarvesteid / muuta arvestitest info kogumise seadistusi (näiteks andmete kogumise intervalli).
- Kas on võimalik kasutada (välja võtta) andmeid eelnevate perioodide kohta, et tekitada referentsperiood tarbimise võrdlemiseks.
- Milline tarkvara kasutusele võtta ning milline oleks selle vajalik funktsionaalsus.
- Milline on hoone energiatarbimine ja sellest tulenev kokkuhoiupotentsiaal.
- Milline on hoonega seotud personal – mis on nende pädevus ning millise osa saaks ära teha inimene, millise peaks ära tegema programm?

3.2 Mida saab süsteemiga liidestada

Energiamonitooringusüsteemi liidestus muude süsteemidega sõltub peamiselt sellest, millist tarkvara kasutada, milline on olemasolev süsteem ja kes liidestuse teostab.

Teoreetiliselt on võimalik liidestada enamikke süsteeme, millele võrgust ligi pääseb, kuid põhiline küsimus on tehnilise lahenduse teostamise mõistlikkuses.

Kui kasutada näitena antud projektis kasutatud tarkvarasid ja süsteeme, koguti energiamonitooringusüsteemi järgnevaid andmeid.

- Läbi Estfeed platvormi koguti elektrienergia tunnitarbimisi peaarvestitest (ehk hoonete elektri peatarbimisi).

Märkus: projektis ei olnud peaarvestite tarkvaraline liidestamine nõutud ning selle pakkus välja Tööde teostaja (testimise ja mugavuse eesmärgil). Kahjuks ei olnud keskkonnad projektiks saavutanud piisavalt töökindlust, mistõttu tuli jätkuvalt elektri peatarbimise andmeid käsitsi edastada (juhul kui ei olnud paigaldatud dubleerivat peaarvestit).

- Läbi Estfeed platvormi on tulevikus võimalik koguda ka gaasi peatarbimise andmeid ning välistatud ei ole ka kütte peatarbimise andmete kogumine.
- Läbi veebikeskkondade andmebaaside koguti energiamonitooringutarkvarasse välistemperatuurid ning kraadpäevade andmestik.
- Läbi BMS-süsteemide koguti energiamonitooringutarkvarasse (läbi vaheserveri) kõikide hooneautomaatikasüsteemidega liidestatud arvestite andmestik.

Kuna andmestik koguti enne energia monitoorimise tarkvara vaheserverisse, siis andmete hulk, mida vaheserverisse koguda (ning läbi mis andmeallikate) ei ole piiratud ning ühtlasi saab seda vajadusel edastada ka muudesse süsteemidesse, näiteks SCADA-süsteemid, mitu paralleelset EMS-keskkonda või haldustarkvara.

Kokkuvõttes sõltub liidestamiste hulk tööde teostaja oskustest, kasutavast tehnilisest lahendusest ja olemasolevatest välja ehitatud süsteemidest ning ei ole konkreetselt piiratud.

3.3 Peamised probleemid ja üldistused

- Süsteemi ja andmete autonoomsuse tagamiseks tuleb kasutada dubleerivaid peaarvesteid.
- On oluline, et süsteem koguks andmeid piisava intervalliga (näiteks 15 minutit) ja talletaks need arhiivi. Süsteem peab võimaldama andmete eksportimist, et teostada integratsioon või üleminek muude süsteemidega.
- Kasutatav BMS-süsteem peab võimaldama liidestamist kolmandate osapoolte tarkvaradega. Näiteks andmeedastus HTTPS protokolliga EcoSCADA tarkvarasse (mida kasutati käesoleva projekti raames).
- Energiakasutust tuleb mõõta hooneosade kaupa ja iga suurema või erilisema tehnosüsteemi lõikes (näiteks ventilatsiooniagregaat, jahutusseade, soojasõlm,

tarbevesi, köök, saun, bassein, hooneosa). Rusikareegli kohaselt tuleb iga 5000 € aastase kuluosa kohta paigaldada vähemalt üks arvesti.

- Energiasääst on enamus osapoolte jaoks madala prioriteetsusega.
- Energiahind on liiga madal.
- Kliendil ja hooldajal puudub motivatsioon energia säästmise osas.
- Klient nõuab seadistusi, millega kaasneb ebamõistlik energiakulu.
- Hooldaja poolt on teostamata mitmed lihtsad optimeerimised, millega saavutab kõige suurema säästu – aegprogrammide täpne seadistus koos eranditega, seadetemperatuurid.
- Mitmed funktsioonid puuduvad või on seadistamata või on mitteoptimaalselt seadistatud.
- Puudulik hooldus – palju kinnitamata alarme, süsteemid töötavad käsijuhtimisel või suure energiakuluga režiimil.
- Hoonetel puudub digitaalne hoolduspäevik, kuhu kõik vajalikud tegevused kirja pannakse. Hetkel on olukord, kus keegi ei tea, kes, millal ja mida muutis.
- Seadistuste teostamiseks on liiga pikk käsujada ning vajalikud toimingud jäävad tihti tegemata.
- Automaatika juhtimisloogikad on arusaamatud ja puuduvad korrektsed kasutusjuhendid.
- Seadmed ei allu juhtimisele.
- Automaatika juhtimisloogikates on vastuolud.

3.4 Vastused Tellija esitatud küsimustele

3.4.1 Kas energiamonitooring (lisarakendus) on rahaliselt tasuv?

Kui kasutada valmistootatud lahendust/teenust koos hooneautomaatika monitooringuga, siis on antud lahendus kahtlemata tasuv. Täpsemalt on tasuvusest räägitud peatükkides 3.7 Energiamonitooringu tasuvus ja 3.8 Energiakasutuse seiramine teenusena.

3.4.2 Mis kasu saab lisateenusel/rakendusest hoone kasutaja, hoone omanik, haldur ja hooldaja?

Hoone kasutaja

- Raha ja energiakulu optimeerimine.
- Sisekliima parendamine.

- Paremini toimivad süsteemid.
- Väiksem jalajälg keskkonnale – vähem kasvuhoonegaaside emissioone.
- Energiamärgise parendamine, et püsida vastavuses kehtestatud nõuetele.

Hoone omanik

- Ülevaade hoone tehnosüsteemidest ja nendega seotud probleemidest.
- Ideed ja põhimõttelised lahendused renoveerimistöödeks.
- Uued ideed millega uute hoonete projekteerimisel ja ehitamisel arvestada.
- Väiksem jalajälg keskkonnale – vähem kasvuhoonegaaside emissioone.
- Lisa järelevalve hoolduse jms osas.

RKAS haldur

- Ülevaade hoone tehnosüsteemidest ja nendega seotud probleemidest.

Hooldaja

- Lisa töövahend probleemide tuvastamiseks ja hooldusteenuse kvaliteedi tõstmiseks.

3.4.3 Kas süsteemiga on võimalik liidestada erinevaid automaatikakontrollereid?

Jah, EMS-tarkvaraga liidestamine erinevate süsteemidega ei ole piiratud, eeldusel et automaatikakontroller ja kasutatav EMS-tarkvara seda võimaldab. Täpsemalt on liidestamist kirjeldatud peatükkides 1.4 Katseobjektide kirjeldus, tehniline liidestamine ning 3.2 Mida saab süsteemiga liidestada.

3.4.4 Monitooringuplatvormi ja automaatikasüsteemi koostöötamine – mis on mõistlik ja mis mitte?

Küsimust on käsitletud peatükis 3.5 Monitoorimissüsteemi ja automaatikasüsteemi sümbioos. Lühidalt kokku võttes võib see aga olukorrast sõltuvalt erineda ning ühest vastust anda ei saa.

3.4.5 Kasu ja teostatavus avalikes hoonetes?

Avalikud hooned, millel on kindlalt välja kujunenud kasutusmallid, on väga heaks kandidaadiks seire ja juhtimise rakendamiseks, et saavutada energia kokkuhoid. Täpsemalt on teemat kirjeldatud peatükis 3.1 Energia monitoorimise süsteemi laialdasem kasutuselevõtt avalikes hoonetes.

3.4.6 Mis määral tehisintellekt aitab kaasa tulemuste saavutamisele?

Paralleelselt käesoleva projektiga viidi läbi testprojekt Lubja 4 hoonega, kus põhirõhk oligi just automaatse juhtimise rakendamine masina poolt, kasutades tehisintellekti. Projekt oli väga edukas, kuid tuleb silmas pidada, et kahe projekti vahel erines väga suuri erinevusi, mistõttu ei saa neid üks-ühele võrrelda.

- Käesolevas projektis ei antud ohjaid Töövõtjale, kõik muudatused teostati läbi haldurite ja tehnohooldajate. Paralleelses projektis anti autopiloodile sisuliselt vabad käed muudatuste tegemiseks.
- Kui käesolevas projektis tegeleti korraga 5 hoonega, siis Lubja 4 projekti puhul keskendutigi konkreetselt ühele hoonele.
- Lubja 4 hoone on võrreldes käesoleva projektiga kaasaegsem, andmepunkte on seal kordades rohkem ning autopiloot suhtles otse BMS-süsteemiga. Käesolevas projektis kasutati eraldiseisvat EMS-keskkonda, kuhu koguti vaid arvestite andmeid.
- Tehisintellekt suudab paralleelselt töödelda oluliselt rohkem andmepunkte, kui seda suudaks ükskõik milline operaator. Kuid tehisintellektile seab teatud piirangud selle programmeerija ning tehisintellekt ei pruugi alati leida selliseid vigu, mis on tingitud kaskaadefektist või mis tulenevad väga ebatavalistest asjaoludest, näiteks ehituslikest vigadest.

Sellest tulenevalt võiks üldistatult välja tuua järgnevad järeldused.

- Tehisintellekt on väga oluline abimees ning aitab kindlasti saavutada veelgi paremaid tulemusi, kusjuures kasu ei ole andmepunktide suhtes lineaarne. Mida rohkem andmepunkte hoones on (sensorid, andurid, juhitavad seadmed jne), seda suurem kasu on tehisintellektist, mis suudab paralleelselt töödelda oluliselt rohkem informatsiooni kui inimene.
- Tehisintellektile seab teatud piirangud selle programmeerija/seadistaja. Optimaalseim lahendus on kombineerida tehisintellekt pädeva operaatoriga, kes lahendab selliseid probleeme, millega tehisintellekt hätta jääb. Tehisintellekt saab siin aga samuti suureks abiks olla, teavitades ebasoodsast olukorrast või rikkest, kuid probleemi sügavamaks diagnoosimiseks võib tihtipeale vaja minna operaatori kogemust ja taju kohapealsest olukorrast.

3.5 Monitoorimissüsteemi ja automaatikasüsteemi sümbioos

Sõltuvalt kasutatavatest lahendusest kasutavad hooneautomaatikasüsteem ja energia monitoorimise süsteem tihti erinevate eesmärkidega loodud tarkvarasid. Kuigi osa funktsionaalsust võib kattuda, on rusikareegel see, et BMS (*building management system*, hooneautomaatikasüsteem) on loodud hoone haldamiseks ja juhtimiseks ning kas puudub või on vähe rõhku pandud hoone energeetilisele profiilile. EMS (*energy management system*, energia monitoorimise süsteem) on seevastu loodud just energiatarbimise analüüsimiseks, anomaaliate tuvastamiseks ja energiakasutamise optimeerimiseks ehk omab sisse-ehitatud tööriistu energiatarbimise optimeerimiseks, kuid sõltuvalt tarkvarast ei pruugi omada otseliidestust BMS-süsteemiga ehk puudub juhtimise ja muudatuste sisseviimise võimalus.

Lisaks on küsimuseks, kas energiatarbimise seiramise ja optimeerimisega tegeleb sama personal, kes hoone tehnilise seirega. Seega sõltub EMS ja BMS koostoimimine konkreetsetest lähtetingimustest, kuid üldistustena võib välja tuua järgneva.

- Kuna EMS ja BMS on enamasti erineva suunitlusega, kus EMS kasutatakse peamiselt energiatarbimise seiramiseks ja BMS hoone tehnosüsteemide juhtimiseks ja seiramiseks, oleks otstarbekas need enamiku pakutavate tarkvarade puhul lahus hoida, sest suure tõenäosusega omavad eraldiseisvad süsteemid oma spetsiifikale vastavat funktsionaalsust, analüüsivõimekust ja algoritme.
- EMS ja BMS lahushoidmine võimaldab mugavamalt jagada ülesanded erinevate osapoolte vahel, näiteks BMS seiret saab teostada tehnohooldaja ja EMS seiret hoone haldur või vastav spetsialist. Kui mõlema funktsiooniga tegeleb üks osapool, tekib ohukoht, kus näiteks hoone hooldaja on teatud probleemidest teadlik, kuid kuna puudub väline kontrollfunktsioon, jätab probleemiga tegelemata, sest ei pea seda mõistlikuks või ei soovi sellega lihtsalt tegeleda.
- Teatud juhtudel on soovituslik siiski BMS ja EMS töö siduda, näiteks juhul, kui kasutatav EMS on võimeline otse läbi BMS'i seadmeid juhtima (kasutades selleks näiteks masinõpet) või BMS ja EMS on omavahel tihedas seoses ning võimaldavad sellest tulenevalt tihedamat andmevahetust, kui oleks võimalik saavutada kolmanda osapoole EMS kasutuselevõtuga.

3.6 Potentsiaalsed turvariskid

Autoriseerimata ligipääs BMS'i võib kaasa tuua katastroofilisi tagajärgi, mis võivad olla tingitud ettevaatamatusest, teadmatusesest või pahatahtlikkusest. Leebemal juhul võib sätete muutmine tuua kaasa ebamugavuse hoone kasutajatele või energiakulu kasvu. Halvemal juhul võib kaasneda kahju seadmetele või hoonele. Sellest tulenevalt tuleks olulist tähelepanu pöörata ligipääsu autoriseerimata ligipääsu tõkestamiseks BMS'i.

Peamine risk EMS'i puhul (kui see ei ole otse seotud BMS'iga ehk ei oma juhtimisfunktsionaalsust) on andmete lekkimine soovimatutele osapooltele. Andmeid saab ära kasutada näiteks selleks, et leida hoone peamised kasutusajad, analüüsida hoonete energiakasutamise profiili ja leida nõrkusi hoone ekspluateerimiseks või kuritöö kavandamiseks.

Sellest tulenevalt on soovituslik alati rakendada järgnevaid abinõusid.

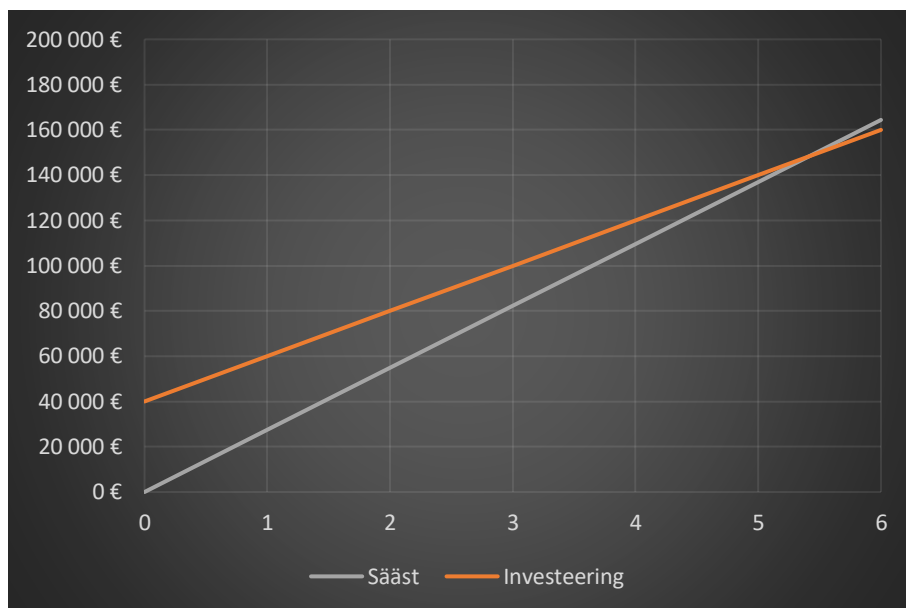
- Süsteemide kasutamine lubada vaid autoriseeritud kasutajatele, kasutades autentimist.
- Andmevahetus keskkondade ja/või arvutite vahel peaks toimima krüpteeritud kujul.
- Võimalusel kasutada VPN-tarkvara (*virtual private network*).
- Veebikeskkondades kasutada HTTPS protokollid.

3.7 Energiamonitooringu tasuvus

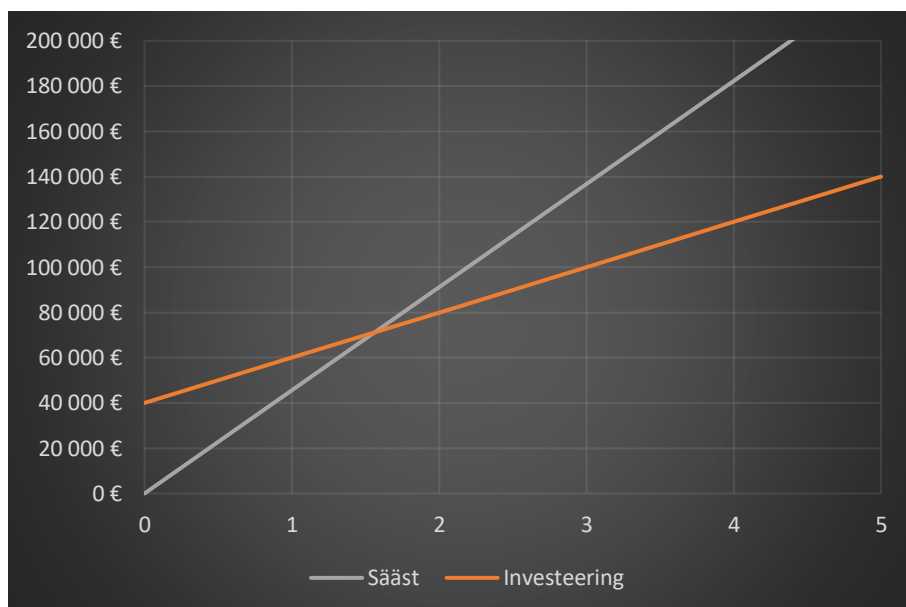
Energiamonitooringu teenuse tasuvus sõltub väga palju teenuse täpsest sisust. Ainult energiatarbimise jälgimine täiesti eraldiseisvana märkimisväärset energiasäästu ei anna, vaid avab võimaluse tuvastada anomaaliad hoone tarbimistes ning diagnoosida probleemide allikaid.

Selleks et saavutada energiasäästu, peab paralleelselt monitoorima ka automaatikasüsteeme. Pigem tulebki teha põhitöö hooneautomaatikas ja energiamonitooring on abivahend, mille abil anomaaliaid tuvastada ja saavutatud tulemusi hinnata.

Antud projekti raames saavutati rahalist säästu kokku ca 27,4 k€ ning hinnanguliselt oli potentsiaali veel ca 18,2 k€. Projekti kogumaksumus oli ca 60 k€ ning sellest iga-aastased kulud, juhul kui pidevat teenust sisse osta, on ca 20 k€. Arvestades ainult reaalselt saavutatud säästu ja oletades, et teenuse kasutamine jätkub, tuleb monitooringu tasuvusajaks natuke üle 5 aasta. Kui juurde arvestada ka potentsiaalne sääst ehk ülekulu, jääb lahenduse tasuvusajaks alla 2 aasta.



Joonis 53. Lahenduse tasuvusaeg arvestades vaid reaalset säästu



Joonis 54. Lahenduse tasuvusaeg arvestades juurde ka potentsiaalne sääst

Eespool olevad andmed on toodud kõigi viie hoone peale kokku. Tegelikuses kõiguvad säästu ja tasuvuse numbrid sõltuvalt hoonest väga palju. Üldistades võib öelda, et väikeste objektide puhul on tasuvusaeg kindlasti pikem ja suurtel objektidel lühem. Eelduseks on, et hooned on korrektselt projekteeritud ja välja ehitatud ning süsteemid (ennekõike automaatika) töötavad ette nähtud moel.

EFFECT4Buildings on pilootprojekt ning selle raames tegeleti ka süsteemi ja teenuse arendusega. Seetõttu kujunes esialgne investeering oluliselt kallimaks, kui ta oleks valmistootatud lahendusel, sest kõik teostatud liidestused olid esmakordsed. Lisaks tuleb

arvestada ka seda, et aja jooksul, kui tehnosüsteemidele on peenhäälestus ära tehtud, vähenevad mingil määral ka jooksvad kulud teenusele, kuna töö maht väheneb.

3.8 Energiakasutuse seiramine teenusena

3.8.1 Projekti raames

EFFECT4Buildings projekti raames tulid esile mõned probleemid, mille tõttu ei saavutatud maksimaalset efekti. Selleks, et antud teenusest maksimaalset kasu saada, tuleb anda teenuse teostajale oluliselt vabamad käed. Pika käsuahelaga tekib olukord, kus erinevad osapooled peavad igat otsust kooskõlastama ja kommenteerima. Selle lõpptulemusena sumbuvad mitmed asjalikud ettepanekud ajakulu ja kommunikatsiooni probleemide tõttu. Eriti negatiivselt mõjus erinevate osapoolte motiveerimatus pingutada energiasäästu eesmärgil.

RKAS'i haldurid ja hoonete lõppkasutajad ei ole, ega peagi olema, tehnosüsteemide alal spetsialistid. Seega tuleb juhtimisloogikate rakendamise otsuste juures anda teenuse osutajale otsustusõigus ning mitte koormata haldureid ja hoone kasutajaid tehniliste nüanssidega. Äärmisel juhul tuleks kaasata otsuste juurde tehnohooldaja. Lõpptulemuse osas konsulteerib energiamonitooringu teenuse pakkuja otse hoone kasutajaga, et välja selgitada, millist lõpptulemust soovitakse sisekliima osas. Selle põhjal teeb teenuse pakkuja oma parima äranägemise järgi muudatusi seadistustes, et saavutada optimaalne energiakulu. Lisaks õigustele, tuleb ka täpselt kokku leppida vastutusalad ning probleemide lahendamiseks põhimõtteline tegevuskava. Lepingutes tuleb täpselt ära piiritleda kohustused, õigused ning vajalikud kooskõlastamise reeglid.

Kindlasti tuleb kasuks ka elektrooniline hooldusraamat, kuhu kõik osapooled saavad sisestada kirjed teostatud muudatuste kohta hooneautomaatikas ja tehnosüsteemides.

Teenuse juures on kõige tähtsam, et teenuse osutaja on pädev ja motiveeritud ning suudab kvaliteetset teenust pakkuda. EFFECT4Buildings projekti raames tuli korduvalt esile hooldaja oskamatus või soovimatus probleeme lahendada. Lisaks puudus tihti halduritel ja tehnohooldajatel motivatsioon energiasäästu nimel vaeva näha. Erandina tuleks esile tuua Tamme Gümnaasiumi RKAS poolset haldurit, kes selgelt soovis saavutada hoones energiasäästu ja sisekliima parendamist. Teenuse heaks toimimiseks peab kõigil seotud osapooltel olema motivatsioon selle nimel pingutada. Selleks võiks olla näiteks mingi protsent säästetud rahakulust.

3.8.2 Kuidas võiks seire teenusena välja näha

Teoreetiline näidisobjekt.

- Eeldused.
 - Objekti suurus 3000-8000 m².
 - Hooneautomaatika olemasolu.
 - Hoones 10-20 kaugloetavat arvestit.
 - Monitooringu teostajal õigused ja volitused seadistuste muutmiseks.
- Teoreetilise näidisobjekti maksumus.
 - Esmane investeering EMS'i rajamiseks 2000-4000 €.
 - Igakuine monitooring ca 10 h (500 €).
- Tasuvus.
 - Sääst saavutatakse kogu teoreetilise ületarbimise ulatuses.
 - Hinnanguline tasuvusaeg 1-2 aastat.

4 Tellija ja kasutajate tagasiside

Riigi Kinnisvara AS koostöös ettevõtte DeltaE-ga testis energiamonitooringut, selle mõju ja kasulikkust 12 kuu pikkusel perioodil viiel erineval hoonel. Testimisel kasutati EcoSCADA tarkvara ja DeltaE tehnilist personali kes jälgis regulaarselt hooneautomaatikasüsteemi distantisilt. Käesolev peatükk on kirjutatud nelja kasutaja (kõik Riigi Kinnisvara AS-ist) tagasiside põhjal (Mikk Maivel, Rauno Laiv, Gert Rahnel ja Madis Kaljuvee).

Tarkvara EcoSCADA:

Kas ja kui palju kasutasite EcoSCADA programmi?

Sõltuvalt kinnisvarahalduri töospetsiifikast, on Riigi Kinnisvara ASi halduri roll eelkõige olla projektijuht ja tegeleda kliendisuhtlusega, mistõttu energiakasutuse lisatarkvara kasutamiseks aega napib. Küll aga võimaldab tarkvara lihtsalt, mugavalt ja automaatselt kuupõhiste raportite abil saada ülevaadet erinevate klientide energiakasutusest ja võimaldab seeläbi mugavalt arved allrentnikele edasi suunata. Ehk testperioodil pigem kasutati vähe EcoSCADAT ning ei kasutatud programmi täit-funktsionaalsust.

Kas EcoSCADA poolt edastatud ülekulu või alakulu häired olid põhjendatud ja aitasid hoone energiakasutust paremini kontrolli alla saada?

Kohati tuli siiski palju liiga palju valeteavitusi ning häirepiiride valideerimine nõudis aega. Monitooringuperioodi lõpuks olid häirepiirid paigas ja energiamuutuse teavitused põhjendatud. Probleeme esines rollide jaotusel mistõttu häireteavitused jäid liialt informatiivseks. Tulevikule mõeldes tuleb häireteavituste reageerimine paremini läbi mõelda. Häiretega suuremaid anomaaliaid ja muutusi ei avastatud.

Kas programmi visualiseering oli arusaadav ja oli abiks hoone energiatõhusust ja energiatarbimisest kiire ülevaate saamisel?

Visualiseering oli üldiselt arusaadav, kuid oleks nõudnud mõnevõrra pidevamat kasutamist ja põhjalikumat koolitust.

Kas näete tulevikus kohta EcoSCADA programmile halduri töölaual?

Iga uue programmi lisandumine ei pruugi alati tööd lihtsustada. EcoSCADA on pigem spetsiaalprogramm ja töövahend ettevõtte energiatõhususe spetsialistile või analüütikule, kes jälgib hoonete energiatarbimist. Haldur pigem ei jõua igapäevaselt programmi kasutada – küll

aga on automaateavitused ja raportid, mis suunavad otse energiatarbimise graafikule, kahtlemata abiks ning võimaldavad kiiremat ja täpsemat andmetel põhinevat analüüsi.

Kas programm võimaldab teie hinnangul energiasäästuprojekti efektiivsust mõõta?

Energiatõhususprojekti efektiivsuse ja mõju mõõtmiseks programm sobib. Programmi on võimalik seadistada soovitud raportid ja häireteavitused, mis saadavad automaatselt soovitud ülevaateid.

DeltaE energiamonitooring:

Kas DeltaE energiamonitooringust oli abi? Palun kirjelda, mida ja kuidas see halduri, tehnohooldaja ning hoone lõppkasutaja töös lihtsustas?

Energiamonitooringust ehk hoone energiakasutuse ja tehnosüsteemide töö pidevast jälgimisest oli abi küll. Vahel tekitas see aga ka segadust ja lisatööd hooldajale. Hoone kasutaja jaoks on monitooring kindlasti abiks ja aitab sisekliimat parendada ja energiakasutusest vähendada. Küll aga oli testperioodil probleeme pika nn käsuahelaga, kus monitooringu teostaja esitas probleemid haldurile ning tihti hooldaja ei nõustunud probleemidega ning ka väikeste muudatuste tegemine nõudis tihti ebamõistlikult kaua aega. Monitooringuga selgusid ka mitmed probleemid, millele varasemalt polnud keegi tähelepanu juhtinud (nt õhujaooturite vale valik jne).

Kas kliendirahulolu hoone energiakasutuse ja sisekliimaga on monitooringuperioodi põhjal kasvanud?

Keeruline öelda. Kindlasti sai palju probleeme lahendatud või vähemalt saime teada probleemi olemasolust. Kliendirahulolu ja energiasääst on tihti vastuolulised, küll aga sai tegevustega mitmeid sisekliima probleeme lahendatud ning eesmärk oli hoone kasutaja jaoks optimaalsemalt toimima saada. Kasutajale pigem meeldis, et teemaga tegeletakse, kuigi osadel oli ka kartus, et hakatakse õhuhulkasid vähendama ja talveperioodil temperatuure alandama. Pigem kasutaja oli neutraalne. Parema tulemuse saavutamiseks peab hoone lõppkasutaja olema kindlasti huvitatud ja ka ise panustama.

Kas DeltaE poolt tuvastatud probleemid ja ettepanekud olid adekvaatsed ja kas kaalute nende ettepanekute elluviimist?

Osad ettepanekud on plaanis realiseerida remonttööna käesoleval aastal. Osade ettepanekute rahaline mõtekus jättis soovida ning leiame, et on ebamõistlik hakata ümber vahetama

süsteeme, mille nõ kasulik eluiga pole veel läbi saanud. Väiksed muudatused said kohelelt ka tehtud. Paljudel juhtudel nõuab hanke korraldamine ja bürokraatia aega ning töid ei olnud võimalik teostada monitooringuperioodil, küll aga plaanime mõistlikud soovitusel realiseerida.

Kas DeltaE poolt edastatud probleemikirjeldused olid arusaadavad ja aitasid kaasa energiatõhususprojekti/remonttöö planeerimisele?

Üldiselt olid probleemikirjeldused erialainimesele arusaadavalt sõnastatud. Tulevikus oleks mõistlik, et ettepanek tuleks juba hanke tehnilise kirjelduse detailsusega, mis lihtsustaks oluliselt halduri tööd.

Tagasiside - üldine energiamonitooringu testperiood:

Kas ja kui tihti te jälgite alamarvesteid ja nende tarbimist?

Alamarvesteid jälgitakse igapäevaselt pigem vähe. Kui alamarvesti näit on vajalik üürnikuga arveldamiseks, siis jälgitakse tarbimist minimaalselt kord kuus, muul juhul jälgitakse vaid siis, kui tekib kahtlus süsteemide ebaefektiivses töös.

Kas kasu oli rohkem EcoSCADAs visualiseeritud alamarvestitest või DeltaE ekspertide hooneautomaatikasüsteemi regulaarsest ülevaatamisest?

Pigem jälgiti DeltaE poolseid soovitusi ja ettepanekuid kui EcoSCADAt. Hanke korras oleks mõistlik nõuda tihedamat ja intensiivsemat koostööd parendusmeetmete väljatöötamisel. Kui parendusmeetmed on välja töötatud, võiks monitooringu mahtu vähendada.

Kas DeltaE poolt edastatud kvartaliraportid olid arusaavad ning piisava detailsusega?

Kvartaliraportite detailsus oli hea, kuigi kasutegur madal, kuna info tuli suure viitega. Mõistlik on korralda töökoosolekuid intensiivsemalt ja välja töötada sobivad automaatriaportid, mis annavad parema ülevaate. Parendusettepanekud on mõistlik läbi arutada töökoosolekutel.



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND



EFFECT4buildings

5 Kokkuvõte

Projekti EFFECT4buildings ühe osana viidi läbi käesolev projekt, mida antud dokument kirjeldab. Selle käigus liidestati EMS (*Energy Management Software*) tarkvaraga EcoSCADA viie hoone arvestid. Läbi EMS-tarkvara ja hoonete BMS-süsteemide teostati hoonete energiatarbimise seire, et tuvastada ületarbimist ning Töövõtja pakkus välja lahendusi, et energiatarbimist optimeerida.

Projektis käsitletud hooned olid võrdlemisi kaasaegsed (kas hiljuti ehitatud või renoveeritud) ning omasid BMS-süsteeme. Kokku esines hoonetes kolme tüüpi BMS-süsteeme: Niagara AX, Siemens Desigo ja Metasys.

Andmekorjet teostati üks aasta, sellele eelnes liidestamise periood ning järgnes käesoleva lõppraporti koostamine. Lisaks koostati aruandeid perioodiliselt (iga kuu ja iga kvartal). Projekt oli väga õpetlik, kuid esines ka mitmeid tõrkeid, mille tõttu jäid saavutamata maksimaalsed tulemused. Tõrgeteks olid näiteks vead hooneautomaatikasüsteemides, ehituslikud vead, kommunikatsioonihäired ja passiivsus meetmete rakendamisel.

Töövõtja omistas endale projekti käigus aktiivse nn energiaoperaatori rolli, kuna puhtalt jälgimise abil ei ole võimalik säästu saavutada – kokkuhoid tuleneb ikkagi tegevustest ja muudatustest. Osapoolte koostöös saavutati EMS-süsteemi kasutamise, BMS-süsteemide seiramise ja sellest välja koorunud probleemide lahendamise või muudatuste sisseviimisest järgnev kokkuhoid.

- Projekti perioodi vältel hoiti võrreldes referentsperioodiga kokku 345,7 MWh soojusenergiat, hinnanguline saavutamata säästupotentsiaal on 190,2 MWh.
- Projekti perioodi vältel hoiti võrreldes referentsperioodiga kokku 144,6 MWh elektrienergiat, hinnanguline saavutamata säästupotentsiaal on 124,5 MWh.
- Projekti perioodi vältel vähenes mõnevõrra ka vee tarbimine, kuid kuna veesäästu osas märkimisväärseid muudatusi sisse ei viidud, kokkuhoidu projekti tulemis ei käsitleta.
- Rahaline kokkuhoid perioodi vältel oli 27 423 € ning kokku hoiti 161,5 tCO₂ekv kasvuhuonegaase.

Käesoleva projekti arvutuslik tasuvusaeg (kui arvestada, et energiahaldur jätkaks tööd ehk iga aasta tekiks ka lisakulu) oli 6 aastat, kuid kui arvestada ka saavutamata potentsiaalset kokkuhoidu, siis 2 aastat. Kui lugeda projekt lõppenuks, oli projekti tasuvusaeg 2 aastat (ehk kui lisakulusid juurde ei teki). Arvesse tuleks võtta, et kuna tegemist oli pilootprojektiga ning

teostati kolme erineva BMS-süsteemi liidestused, oli alginvesteering mõnevõrra kõrgem kui see oleks juba varem teostatud liidestuse puhul ehk kui kogemus oleks juba olemas. Sellisel juhul oleks liidestamise maksumus oluliselt madalam ning tasuvusaeg samuti oluliselt parem.

Seega tõestab projekt, et EMS-tarkvara kasutamise kombineerimine energiaseiramise teenusega on Tellija jaoks tasuv ning omab võrdlemisi kiiret tasuvusaega. Iga objekt on mõnevõrra eriline ja erineb ka sellel saavutatav säästupotentsiaal, mistõttu võib kaaluda ka energiaseiramise teenuse tasu sidumist saavutatavate tulemustega.



EFFECT4buildings

6 Summary in English

The current document is a summary of a sub-project conducted as a part of EFFECT4buildings. During this project, the metering systems of 5 buildings were added to an EMS-software (*Energy Management System*). Through the EMS and BMS (*Building Management System*), monitoring of energy usage of the buildings was conducted and solutions to decrease energy usage were offered.

The buildings that participated in the project were fairly new (or renovated) and each had a BMS. The systems that were included in the project were Niagara AX, Siemens Desigo and Metasys. The EMS-software that was used is EcoSCADA.

For a period of one year, the data was collected, which was followed by putting together this end report. Additionally, reports were made periodically (1 month and each quarter). The project had a lot to teach, but there were some obstacles which prevented maximizing energy savings. For example, there were issues in the BMS, constructional issues, communication problems and passive attitude.

DeltaE acquired an active role as an “energy manager”, because savings cannot come from simply monitoring, but from changes and action. As a result of cooperation between the parties, using the EMS and BMS systems and applying solutions, the following savings were achieved during the period of the project (compared to the reference period, which was 1 year before the project started).

- Heating energy saved for 5 objects: 345,7 MWh, potential for additional savings is 190,2 MWh.
- Electrical energy saved for 5 objects: 144,6 MWh, potential for additional savings is 124,5 MWh.
- Water consumption also decreased, but since no significant methods were applied, the savings are not calculated here.
- During the project, 161,5 tCO₂eq and 27 423 € were saved.

The payoff for the project, if it were to continue with the energy manager, would be around 6 years. If all of the savings potential was realized, the payoff time would have been 2 years. If the project ends here and there will be no additional costs (for energy management service), the payoff time is also 2 years. Taking this into account, we can conclude that combining EMS-software with energy management service, the service is very profitable and useful.



EFFECT4buildings

7 Lisa 1 - Nõuded uutele ja renoveeritavatele hoonetele

7.1.1 Ehituslik

- Ventilatsiooni õhuvõttudel, mis jäävad otsese päikesekiirguse kätte ning mille ümbritsevad pinnad soojendavad olulisel määral õhuvõttu liikuvat õhku, tuleb kasutusele võtta meetmed, mis jahutusperioodil vähendavad päikesekiirguse mõju. Näiteks õhuvõttu ümbritsevate pindade katmine heleda kattematerjaliga.
- Jahutuse ja kütte akumulatsioonipaagid peavad olema dimensioneeritud selliselt, et oleks välistatud külmamasina või soojuspumba liiga tihedad sisse-välja lülitused. See tähendab, et üldjuhul ei saa torustiku mahtu arvesse võtta. Tuleks ära märkida, et projekteerimisel ei saa arvesse võtta torustiku mahtu, sest torustiku salvestusmaht avaldub vaid olukorras, kus süsteem töötab stabiilselt kindlal võimsusel.
- Ruumikliima lahenduste projekteerimisel ja ehitamisel tuleb kasutada nõ parimat praktikat, selleks, et vältida hilisemaid sisekliima probleeme. Näiteks, küttekehad ja jahutusseadmed tuleb paigutada selliselt, et oleks tagatud parim võimalik operatiivne (tunnetuslik) temperatuur ka välispindade ja akende läheduses olevatele inimestele, tuleb kasutada efektiivselt ruumiõhku segavaid õhujaotajaid või laminaarseid õhujaotajaid, millega kaasneb minimaalne tõmbuse oht.
- Väga suur probleem on ruumide ülekuumenemine, millega kaasneb tihti ka valgusräigus. Nende probleemide vältimiseks tuleb projekteerida ja ehitada sobivad lahendused, mis blokeerivad suurema osa otsesest kiirgusest (valgus ja soojus). Lahendus peab sobima hoone välisilmega ning ei tohi blokeerida täielikult visuaalset kontakti väliskeskkonnaga. Ülekuumenemine on probleemiks kõikides ilma jahutuseta hoonetes ning osaliselt ka jahutusega hoonetes.

7.1.2 Automaatika ja juhtimine

7.1.2.1 Visualiseering

- Kuvada tuleb kõikide nõutud ja vajalike andurite näidud.
- Kuvada tuleb kõik hooneautomaatikast juhitud seadearvud. See tähendab seadearve, mis ei ole seotud mingi konkreetse seadme tehaseautomaatika sisemise loogikaga. Kuna seadearve võib olla väga palju, siis tuleb välja selekteerida need, mis on otseselt seotud energiakasutusega. Näiteks ventilatsiooni eelküte ja järelküte, õhuvahetuse

kiirus või vooluhulk, kasutusaja väline ruumikontrollerite temperatuuri kütte seadearvu alandamine jne.

- Täiturmootorite ja muu seadmetiku juhtsignaal ja tagasiside peavad olema samas skaalas. See tähendab näiteks, et ei tohi olla olukorda, kus juhtsignaal on vahemikus 0-10 V ja tagasiside on 2-10 V.
- Selleks, et süsteem oleks hooneautomaatika kasutajale lihtsasti mõistetav, tuleb vajadusel lisada loogikat selgitavad kirjed. Silmas on peetud ennekõike tavapärasest erinevaid lahendusi.
- Kui mingeid seadistusi tehakse mujalt kui hooneautomaatikast (näiteks ventilatsiooniseadme enda kontrollerist), siis tuleb vastav info lisada visualiseeringusse.
- Seadmete ja süsteemide visualiseering tuleb teostada korrektselt vastavalt tehnilistele väljatrükkidele, teostusjoonistele ja muudele nõudmistele.

7.1.2.2 Juhtimine

- Juhul kui mingi süsteemi juhtimine toimub hooneautomaatikast ja seadme enda kontrollerist, siis tuleb väga konkreetselt ära piiritleda, kus midagi võib ja tuleb teha.
- Õhuvahetus hoones/hooneosas peab olema tasakaalus. Selleks tuleb hooneautomaatikasse lisada vastav osa, kus:
 - kuvatakse kõikide ventilatsioonisüsteemide õhuvooluhulgad,
 - arvutatakse summaarsed õhuvooluhulgad,
 - kuvatakse tasakaal/tasakaalutus,
 - saadetakse alarm, kui tekib lubatust suurem kõrvalekalle,
 - korrigeeritakse automaatselt ventilatsioonisüsteemide õhuvooluhulkasid.
- Külmaenergia efektiivne tootmine ja säästlik kasutamine. Külmaajaamades peab olema kogu aeg mõõdetud tarbitud elektrienergia ja toodetud külmaenergia ning samaaegselt arvutatud efektiivsustegur. Efektiivsusteguri näidu järgi väljastatakse alarme või tehakse ümberlülitus vabajahutuse ja sundjahutuse vahel.
- Hoone kasutajale tuleb luua lihtsad lahendused ruumikliima juhtimiseks väljaspool tavapärasest kasutusaega. Näiteks taimeriga nupud, mille abil lülitatakse tööle ja hoitakse töös etteantud aja võrra mingit kindlat ventilatsioonisüsteemi või selle osa.
- Tuleb rakendada sisekliima tagamiseks ja energiakulu optimeerimiseks mõeldud funktsioonid.

- Öine vabajahutus ventilatsioonisüsteemiga.
- Jahutustagastus ventilatsiooniseadmetes.
- Ventilatsioonisüsteemide sissepuhkeõhu temperatuuri juhtimine väljatõmbeõhu temperatuuri järgi või muu analoogne funktsioon, mis arvestab muutusi sise- või väliskliimas.
- Kasutusaja väline seadearvude nihutamine. Näiteks ventilatsioonisüsteemide õhuvooluhulgad, ruumide temperatuurid.
- Sooja tarbevee ringluse peatamine kasutusaja väliseks perioodiks.
- Vajadusepõhine ruumikliima.
- VAV/DCV-klapid või õhujaotajad ruumidele, kus kasutuskooormus muutub suures vahemikus (koosolekute ruumid, klassid, spordisaalid jne).
- Sissepuhke temperatuuri optimeerimine sõltuvalt ruumide vajadusele.
- Rõhu optimeerimine muutuva õhuvooluhulgaga süsteemides.
- Ruumikliima juhtimine kohaloleku järgi.
- Tehnosüsteemide töö juhtimine hoone tegeliku kasutuse järgi – kohaloleku andurid, valvesüsteem, aegprogrammid jne.
- Valgustuse juhtimine kohaoleku ja valgustatuse järgi.
- Tehnosüsteemide seadistused tuleb monitooringu käigus sättida selliseks, et ruumides, kus viibivad inimesed, on enamus kütte- ja jahutusseadmete ventiilidest kogu aeg osaliselt avatud. Sellisel juhul antakse ruumi sooja või eemaldatakse ruumist sooja ühtlaselt. Olukorras, kus ventiilide olek muutub tihti kinni või osaliselt avatud oleku vahel, tekivad ruumikliimas võnked, mis tekitavad kasutajale ebamugavust (tõmbus, operatiivne temperatuur).
- Ruumikliima kütte- ja jahutusseadmete ventiiliajamite juhtimiseks tuleb kasutada sujuva juhtimisega lahendusi: 0-10 V pingesignaal või äärmisel juhul PWM-signaal.
- Selleks, et ruumide temperatuur püsiks võimalikult stabiilne, tuleb minimeerida temperatuurijuhtimise hüsterees, näiteks +/- 0,5 K.
- Automatiseerida tuleb kogu hoone ruumikliima – kõikide ruumide kõik küttekehad ja jahutusseadmed.
- Ruumikontrollerid, termostaadid ja temperatuuriandurid tuleb paigaldada selliselt, et need on „avatud“ ruumi õhule, kuid samaaegselt ei ole mõjutatud muudest teguritest (otsene päikesekiirgus, sissepuhkeõhk, jahutusseade, küttekeha jne).

7.1.2.3 Andurid

- Väliskeskonda mõõtvad andurid tuleb paigaldada selliselt, et need mõõdaksid vaid seda milleks ette nähtud ning ei ole mõjutatud muudest teguritest. Väga levinud viga on välisõhutemperatuuri andurite paigaldamine selliselt, et need on mõjutatud päikesekiirgusest.
- Ventilatsiooniseadmetes ja õhukanalites paiknevad andurid peavad mõõtma õhuvoolu keskmist parameetrit. Seetõttu tuleks eelistada tehases paigaldatud automaatikat, mis on ära testitud ning probleemid ära lahendatud. Rätseplahenduse puhul tuleb järgida kõiki nõudeid anduri paigaldamiseks – piisavalt pikad sirged kanali lõigud jms. Vajadusel tuleb kasutada andureid või lahendusi, mis annavad keskmistatud näidu – temperatuur, rõhk jne.
- Suurte ruumide (aulad, võimlad jne) tuleb parameetrite (temperatuur, õhukvaliteet) mõõtmiseks kasutada vähemalt kahte ruumi erinevas punktis paiknevat andurit.
- Kõikidele vedelikuga soojuskandjaga alamsüsteemidele tuleb vastavas sõlmes lisaks pealevoolule paigaldada temperatuuriandurid ka tagasivoolule. Näiteks: radiaatorküte, jahutuspalgid, sooja tarbevee ringlus.

7.1.3 Kauglugemissüsteem

Hoonesse tuleks projekteerida arvestid, mis koguvad ja talletavad andmed mõõtmisüsteemi. Kuigi mõõtmisüsteemi tarbeks vajalikud arvestid võivad sõltuvalt hoone tüübist erineda, saab esitada sõlmed, mida tasuks alati mõõta sõltumata hoone tüübist (eeldusel, et sellised sõlmpunktid hoonesse rajatakse).

Elektriarvestid tuleks paigaldada hoone toitesisendi(te)le ning kasutada tuleks arvesteid või võrguanalüsaatoreid, mis võimaldavad lisaks elektrienergia tarbimisele seirata ka muid parameetreid, näiteks pinged, voolutugevused, reaktiivenergiaga seotud parameetrid jms. Lisaks tuleks elektrienergia tarbimist kindlasti mõõta erinevate tehnosüsteemide lõikes, sealhulgas ventilatsioonisüsteem(id) (kui neid on mitu, siis iga süsteemi lõikes eraldi), jahutussüsteem(id) (kui neid on mitu, siis iga süsteemi lõikes eraldi), soojussõlm(ed) (kui neid on mitu, siis iga süsteemi lõikes eraldi) ning muud tehnosüsteemid (näiteks lift(id), pumbad, valgustus (kui on lahendatud eraldi kilpide või kilbisektsioonidega) jms). Lisaks oleks soovituslik võimalusel mõõta eraldi ära erinevate hooneosade elektrienergia tarbimine, näiteks korrusekilpide lõikes või hooneosade lõikes. Lisaks tuleks ära mõõta erilise iseloomu ja energiatarbimisega hooneosad, näiteks köök/söökla, saun(ad) jms. Arvestite valikul on alati

soovitav kasutada tehaseaatlusega arvesteid, millel on lisaks energiatarbimise arvestamisele ka muud funktsionaalsust (näiteks muude elektriliste parameetrite mõõtmine).

- Valgustus.
 - Sisevalgustus.
 - Välisvalgustus.
 - Erivalgustus.
- Eriseadmed/tarvitid/tarbijad.
 - Liftid, eskalaatorid jms.
 - UPS'id.
 - Serverid.
 - Pumbad.
 - Saun.
 - Köök/söökla.
- Tehnosüsteemid.
 - Soojussõlm, katlamaja vms.
 - Külmaajaam.
 - Ventilatsiooniseadmed – väga suurte seadmete puhul kasutada seadmepõhist arvestust.
 - Muud ruumikliima seadmed.
- Hooneosad.
- Hoone toitesisend(id).

Soojusarvestid tuleks paigaldada igale küttekontuurile eraldi ning lisaks tuleks paigaldada dubleeriv peaarvesti, mis võimaldab kontrollida edasimüüja ja alamarvestite poolt mõõdetud energiatarbimist. Kuna peaarvesti kuulub enamasti kütte edasimüüjale, siis dubleeriv arvesti aitab ennetada olukorda, kus peaarvestist infot koguda ei ole võimalik. Arvestite valikul on alati soovitatav kasutada tehaseaatlusega ultraheli-arvesteid.

- Sisend.
- Radiaatorküte.
- Ventilatsiooni küte.
- Soe tarbevesi.
- Põrandküte.
- Erisüsteemid – kuivatus, basseini jms.

- Jääksoojuse utiliseerimine – jahutus, heitvesi jne.

Veearvestid tuleks paigaldada kontuuride, hooneosade ja/või tehnosüsteemide lõikes. Lisaks on sarnaselt soojusele otstarbekas ennatlikult paigaldada dubleeriv peaveearvesti, mis omab kontrollfunktsiooni ja ei ole sõltuvuses edasimüüja poolsest koostöövalmidusest. Arvestite valikul on alati soovitatav kasutada tehasetatlusega ultraheli-arvesteid.

- Külma tarbevesi.
- Soe tarbevesi.
- Köök külm tarbevesi.
- Köök soe tarbevesi.
- Tehnoloogiline vesi.
- Vesi sisekliima tagamiseks (niisutus, jahutus).
- Kõik ressursid – linna veevõrk, sadevesi, puurkaev; kui kasutatakse erinevaid veeresursse, siis tuleb luua ka virtuaalsed arvestid, mis näitavad summaarset veetarbimist.
- Juhul kui süsteem toetab ning läbi nende arvestite tarbitakse märkimisväärses koguses vett, siis on soovitatav mõõta tarbimist ka järgnevatel süsteemi osadel – WC'de loputusvesi, kastmisvesi, küttesüsteemi täide.

Vee tarbimise mõõtmine peab olema mõistlikult üles ehitatud. Kuna vee tarbimise jaotus sõltub väga palju hoone kasutusotstarbest ja tehnosüsteemide ülesehitusest tervikuna, siis tuleb veearvestite osas iga hoone puhul eraldi hinnata, mis on mõistlik ja mis mitte. Kõige tähtsam on jälgida, et kõik „erilised“ ning suuremad süsteemi osad oleksid mõõdetud.

- Tehnoseadmete virtuaalsed arvestid
Info „tõmmata“ hooneautomaatikasse. Paljudel kaasaegsetel sisekliima tagamise seadmetel (soojuspump, ventilatsiooni agregaat, külmamasin, ringluspump jne) on tehases sisse ehitatud arvestid (virtuaalsed või füüsilised). Kõnealused arvestid ei ole taadeldud ning on teatava ebatäpsusega, kuid annavad kindlasti tarbimisest oluliselt parema ülevaate.
- Kogu arvestisüsteem sõltub väga palju hoone kasutusotstarbest ja tarbimise jagunemisest. Suurematel hoonetel või erinevate asutuste kasutuses olevas hoones on vaja tarbimisandmeid hooneosade kaupa.
- Tuleb teha mõõtmissüsteemi struktuurskeem(id).

- Mitme ressursiga energiasüsteemile tuleb luua alarmid ja /või ümberlülitamise loogikad efektiivsusteguri või hinna järgi. Näiteks, külmajaamades peab olema kogu aeg mõõdetud tarbitud elektrienergia ja toodetud külmaenergia ning samaaegselt arvutatud efektiivsustegur. Efektiivsusteguri näidu järgi väljastatakse alarme või tehakse ümberlülitus vabajahutuse ja sundjahutuse vahel.

7.1.4 Hoone kasutaja koolitamine ja informeerimine

- Sisekliimat ja tehnosüsteemide tööd peamiselt mõjutavate parameetrite ning seadistuste selgitamine. See on pidev protsess ja ühekordsest tegevusest ei piisa!
- Ökoloogiline jalajälg – paigaldada hoonesse energiamonitor, kus on kuvatud ka konkreetse hoone tarbimisega tekitatud CO₂-emissioonide kogus.
- Kui süsteem võimaldab, siis kalkuleerida ja kuvada tarbimise muutusi ajaperioodi X lõikes. Kalkulatsioon peab olema võrreldav ja tõene, mis arvestab kraadpäevadega, eriolukordade jms'ga.
- Võrrelda erinevate hoonete tarbimisi ning jagada seda infot ka hoonete kasutajatega.

8 Lisa 2 – Kuuraporti näidis

Status of your current energy usage

2019 December



www.ecoscada.com

Tartu Tamme Gymnaasium (Nooruse 9)

Nooruse

50411 Tartu

Surface (m²): 8104

Opening hours

Monday 8:00 - 20:30

Tuesday 8:00 - 20:30

Wednesday 8:00 - 22:00

Thursday 8:00 - 22:00

Friday 8:00 - 16:15

Saturday closed

Sunday closed

Dear Customer,

In this document we present a number of indicators and graphs on energy consumption in the last month.

Energy Overview

	Energy Consumption	Energy Costs	CO2-emission	Cumulative*
Electricity	31,566 kWh	€ 3,157	14,520 kg	-6%
Heating	78,506 kWh	€ 3,925	19,627 kg	-36%
Water	155 m ³	€ 387	0 kg	NaN
Total		€ 7,469	34,147 kg	

* Savings compared to the previous year in %

If you want more information about this report, please contact us.

We have done our utmost to ensure that the information reported to you are correct. If you do notice that the data is not correct in the attached document, please contact i.LECO Sp. z o.o. via the contact details below. No rights can be granted to the information in this report.

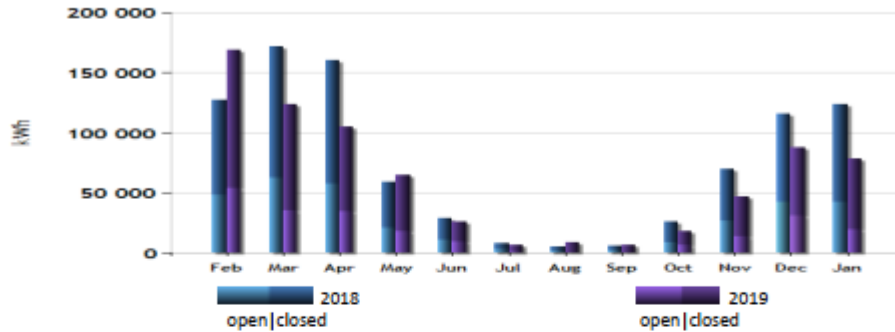
i.LECO Sp. z o.o., ul. Marii Curie-Skłodowskiej 48/8, 50-369 Wrocław, Poland

Phone: +48 (71) 79 49 565, info@ileco.energy

This report may contain confidential information and may be privileged. If you are not the intended recipient or otherwise not authorized to receive this report, you are prohibited to use, copy, disclose or take any action based on this report or any information contained herein. If you are not the intended recipient, please advise the sender immediately by sending email to info@ileco.energy and permanently delete this report from your system.

Heating consumption (not normalized): December 2019

Yearly Heating Consumption:



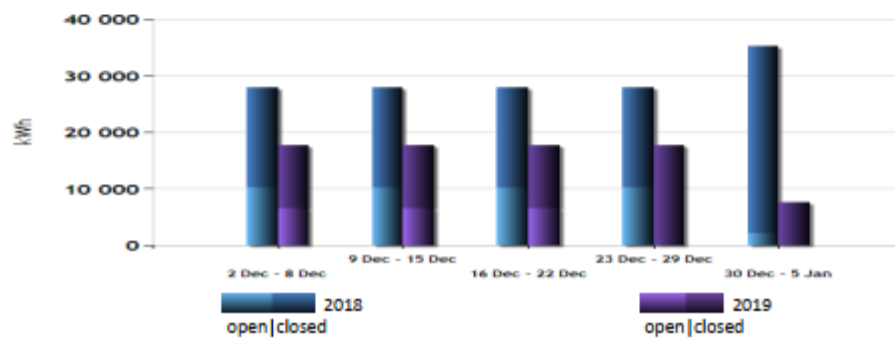
[More information...](#)

Last Year



- Heating consumption compared to heating consumption during the same month last year has changed -36 %

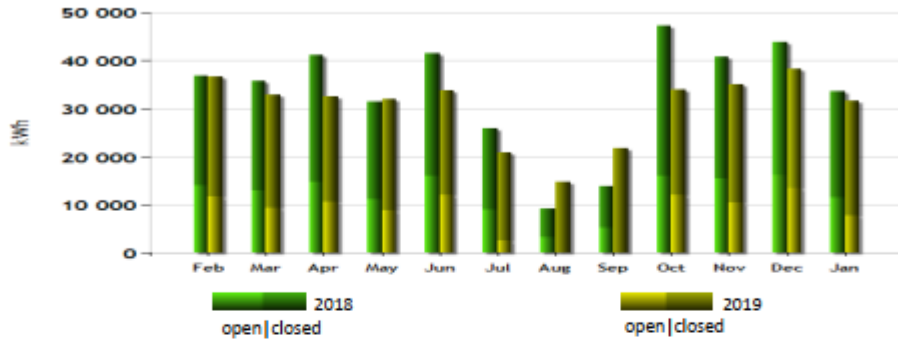
Heating consumption during the previous week and the same period last year:



[More information...](#)

Electricity consumption: December 2019

Yearly Electricity Consumption:



[More information...](#)

Consumption compared to last year



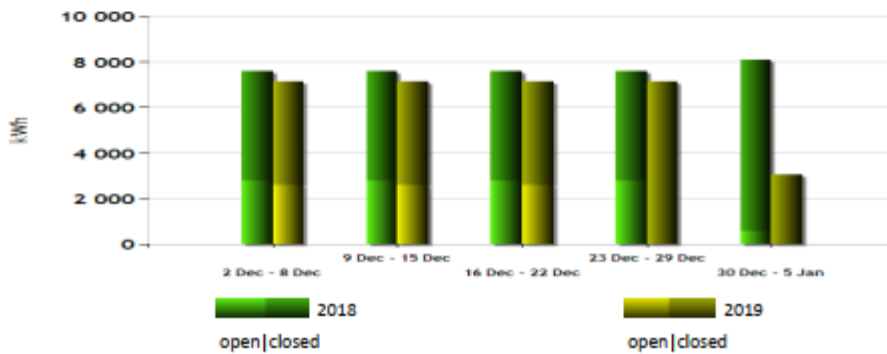
- Electricity consumption has changed -6 % compared to the electricity consumption last year during the same month

Since 1 January



- Electricity consumption compared to the average electricity consumption from January 1 this year has changed 4 %

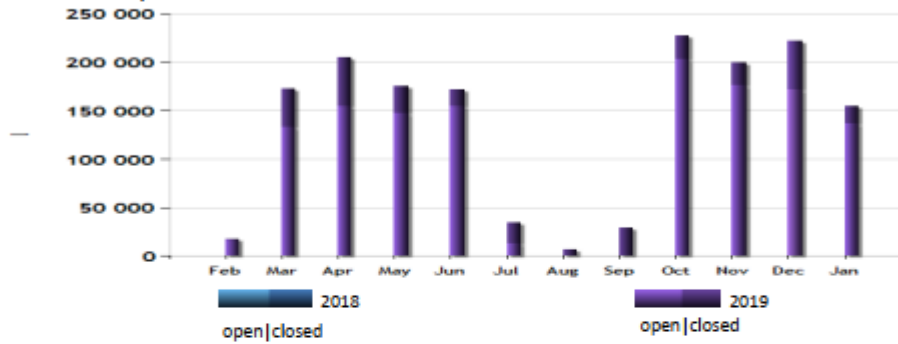
Electricity consumption:



[More information...](#)

Water consumption: December 2019

Water Consumption:



[More information...](#)

Water Consumption:



[More information...](#)

Submeters from 01/12/2019 till 31/12/2019

Medium	Name	Data %	Consumption	Unit
Electricity active (kWh)	E - JK lasketiir	100	1433	kWh
	E - JK14	100	5696	kWh
	E - JK31 kokku	100	2856	kWh
	E - JKV1	100	5305	kWh
	E - JKV2	100	4975	kWh
	E - Peatarbimine (arve)	100	31566	kWh
Warmte	S - P6randakyte	100	2423	kWh
	S - Peatarbimine (arve)	100	78506	kWh
	S - Radiaatorkyte	100	44370	kWh
	S - Ventilatsioonikyte	100	27265	kWh
Water (m3)	KV - K66k	100	25	m ³
	KV - Peaarvesti	100	155	m ³
	KV - Peatarbimine	100	155	m ³
	KV - Taiskasvanute Gymnaasium	100	17	m ³
	KV - Tamme Gymnaasium	100	140	m ³
	SV - K66k	100	29	m ³
	SV - Koristaja	100	0	m ³
	SV - SS soe vesi	100	42	m ³
	SV - SS sisteemi t2ide	100	0	m ³
	SV - Tsirkulatsiooni pealevool	100	0	m ³
	SV - Tsirkulatsiooni tagasivool	100	587	m ³

9 Lisa 3 – Tehnoloogiliste lahenduste mõju

EFFECT4buildings projekti raames uuritud hoonetes olid kasutusel erinevad tehnoloogilised lahendused. Järgnevas tabelis on välja toodud olulisemad või mõnevõrra erilisemad lahendused, mis hoone tarbimist ja sisekliimat mõjutavad.

Tehnoloogiline lahendus	Lahenduse mõju ressursikulule ja sisekliimale	Mõjuala	Teostus projekti raames
Vajadusepõhine ventilatsioon VAV-klappidega	Suur	Vähendab oluliselt õhuvooluhulkasid ja sellega seoses ventilaatorite elektrienergia ning järelkütte ja järeljahutuse energiakulu.	Põlva Riigigümnaasium: 1.korruse aulad ja saalid; Lasnamäe 2: 2.korruse konverentsiruumid
Leedvalgustus	Suur	Vähendab oluliselt valgustusele kuluvat elektrienergiakulu, eriti kui on välja ehitatud mingil kujul ka vajadusepõhine juhtimine (kohalolek, valgustatuse tase jne). Lisaks väheneb jahutusega ruumides jahutusenergia kulu.	Kõik hooned põhimahus
Jahutuspalgid	Keskmine	Tekitab vähem tõmbusega seotud probleeme ning võimaldab madalama temperatuuriga ventilatsiooni sissepuhkeõhku.	Lasnamäe 2, Lõuna Häirekeskus
Automatiseeritud rulood liigse päikesekiirguse blokeerimiseks	Keskmine/suur	Vähendab jahutusenergiakulu / ruumide ülekuumenemist, vähendab oluliselt valgusräigust.	Põlva Riigigümnaasium: ida-, lõuna- ja läänesuunalistel akendel
Passiivsed lahendused liigse päikesekiirguse blokeerimiseks	Keskmine/suur	Vähendab jahutusenergiakulu / ruumide ülekuumenemist, vähendab valgusräigust.	Põlva Riigigümnaasium: rõdud/platvormid lõunapoolsel fassaadil; Lõuna Häirekeskus: sirmid ida-, lõuna- ja läänesuunaliste akende kohal; Lasnamäe 2: sirmid ida- ja lõunasuunaliste akende kohal.

PV-paneelidega lokaalne elektrienergia tootmine	Suur	Vähendab oluliselt võrgust ostetava elektrienergia kogust.	Põlva Riigigümnaasium: PV-paneelid katusel
Sadevee kasutamine WC'de loputusveeks	Suur	Vähendab märkimisväärselt veevõrgust ostetavat joogiveekvaliteediga vee kogust.	Põlva Riigigümnaasium
Hooneautomaatika	Suur	Annab võimaluse saada ülevaade hoones toimuvast.	Kõik hooned põhimahus. Kõikides hoonetes oli ruumikliima juhtimine osaliselt lokaalne. Samuti oli lokaalne juhtimine väikestel ventilatsiooniseadmetel Tamme Gümnaasiumis ning Lasnamäe 2 gaasikatlamajal.
Tehnosüsteemide automaatika	Suur	Annab võimaluse saada ülevaade tehnosüsteemidega toimuvast.	
Hooneautomaatika monitooring ja seadistamine	Suur	Hoones toimuvast on pidev ülevaade, aitab leida energiasäästu ja optimeerimisvõimalusi, tuvastada probleeme jne.	Kõik hooned
Energiamonitooring	Keskmine	Aitab tuvastada ületarbimisi ning analüüsida tarbimisandmeid.	Kõik hooned
Hooneautomaatika monitooring ja seadistamine ning energiamonitooringu täisteenus	Suur	Hoones toimuvast on pidev ülevaade, aitab leida energiasäästu ja optimeerimisvõimalusi, tuvastada probleeme jne. Võimaldab tuvastada ületarbimisi, analüüsida tarbimisandmeid ning hinnata teostatud seadistuste ja muudatuste mõju hoone või süsteemi energiakulule.	Kõik hooned Effect4Buildings projekti raames piiratud mahus

Selleks, et hinnata iga kirjeldatud tehnoloogilise lahenduse mõju konkreetses hoones, peab mõttesüsteem olema üles ehitatud selliselt, et see võimaldaks mõõta konkreetse lahenduse mõjualas olevate süsteemide tarbimist. Samuti on vaja igale lahendusele võrdlusmomenti – enne ja pärast.

EFFECT4buildings projekti raames seda võrdlusmomenti ei tekkinud ning seega ei ole võimalik hinnata konkreetsete lahenduste mõju. Ainsa erandina võib välja tuua Põlva Riigigümnaasiumi sadevee kasutamise WC'de loputusveeks, mille puhul on ressursi kasutus mõõdetud. Monitooringu teostamise käigus nähtu põhjal võib väita, et enamik lahendustest omavad märkimisväärset mõju.