Orava sotsiaalmaja ja kultuurimaja soojusvarustuse rekonstrueerimise variantide analüüs

Võru Vallavalitsus

Töö nr 118081

Võru 2018

Võru Vallavalitsus
Võrumõisa tee 4a
65605 Võru
vald@voruvald.ee

Nomine Consult OÜ
Akadeemia tee 21/3
12618 Tallinn
info.ee@nomineconsult.com

Sisukord

Sissejuhatus 3
1. Hoonete asukoha kirjeldus 4
2. Hoonete kirjeldused ja soojusvarustuse olukord 5
2.1. Hoonete üldandmed 5
2.2. Hoonete soojusvarustus, küttesüsteemid 7
2.3. Kütuse ja soojusenergia kulu 9
2.4. Rahalised kulutused hoone soojusvarustuseks 12
4. Hoonete soojusvarustuse alternatiivsed lahendused 14
4.1. Puidupelletitega köetavate katelde paigaldamine (variant 1) 15
4.2. Vedelgaasiga köetava katla paigaldamine (variant 2) 16
4.3. Maakollektoriga soojuspumba paigaldamine. Variant 3 17
4.4. Majandusarvutuste kokkuvõte 20
5. Kokkuvõte 21
Lisad 22
LISA 1. Majandusarvutused. Soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 1 23
LISA 2. Majandusarvutused. Soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 2 25
LISA 3. Majandusarvutused. Soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 3 27

Sissejuhatus

Käesoleva töö aruanne käsitleb Võru valla Orava küla sotsiaalmaja Pargi 1 ja kultuurimaja Pargi 2 soojusvarustussüsteemide toimimist olemasolevas olukorras ja nende soojusvarustussüsteemide rekonstrueerimise variante ning võrdlevat analüüsi soojusvarustuse vähemkulukamaks ja keskkonnasõbralikumaks muutmiseks. Töö on tehtud 22.08.2018. a Võru Vallavalitsuse ja Nomine Consult OÜ vahel sõlmitud lepingu nr 118081 alusel.

- ***Töö eesmärgiks on Võru valla Orava küla sotsiaalmaja ja kultuurimaja soojusvarustuse rekonstrueerimise variantide võrdleva analüüsi koostamine üleminekuks vähemkulukamatele ja keskkonnasõbralikumatele soojusvarustusviisidele.***

Töö aruandes analüüsitakse Orava küla sotsiaalmaja ja kultuurimaja soojusvarustussüsteemide toimimist ja soojusvarustussüsteemide rekonstrueerimise variante ning antakse soovitused otstarbekamate variantide valikuks. Aruanne sisaldab soojusvarustussüsteemide erinevate variantide majandusanalüüsi.

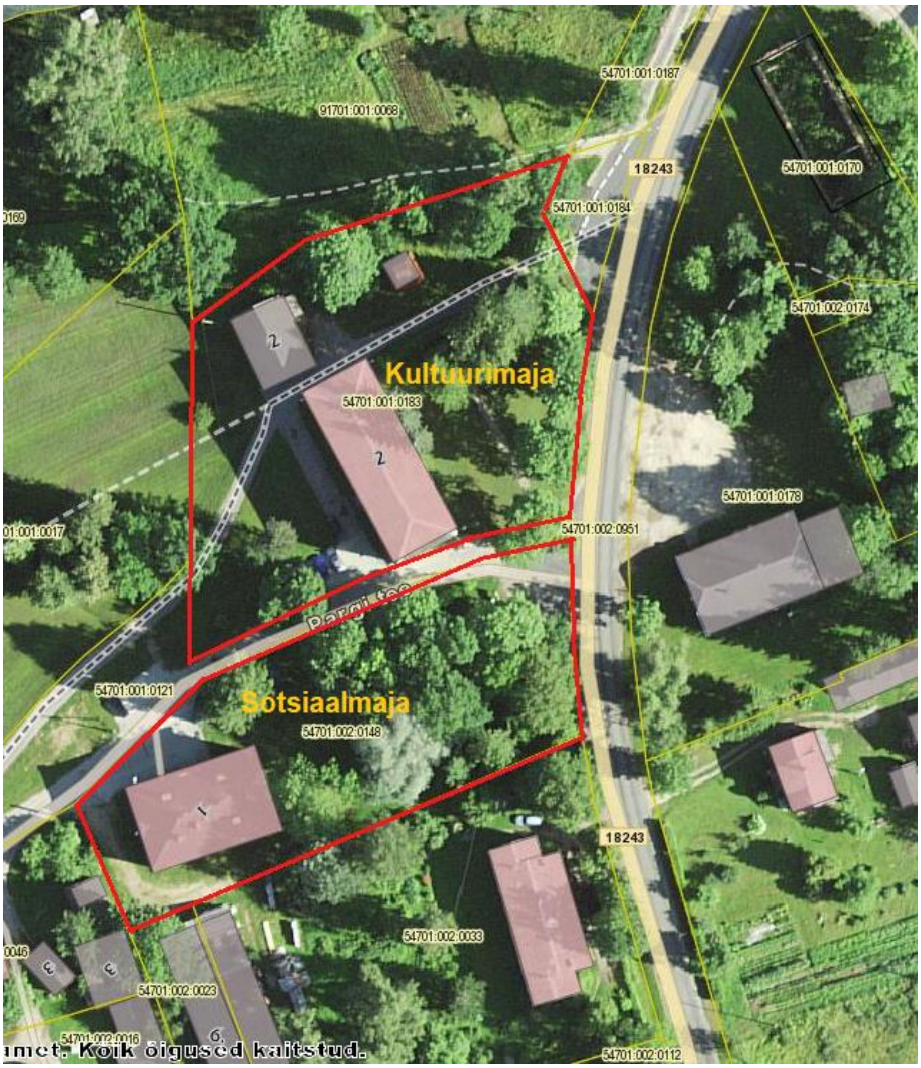
Töö tegemisel on konsultant kasutanud Võru valla poolt esitatud ja kohapeal saadud andmeid, tähelepanekuid ning kirjandusest, avalikest dokumentidest ja arendustöödest ning internetist kogutud täiendavat informatsiooni. Saadud andmete analüüsi, tehniliste ja majandusarvutuste põhjal on koostatud käesolev aruanne.

Käesoleva töö aruanne on vormistatud ***22*** lehel koos lisadega ***28*** lehel. Aruanne sisaldab ***10*** joonist ja ***9*** tabelit.

Käesoleva aruande koostas vanemkonsultant, Ph.D ***Elmu Potter***. Käesoleva töö tegemisel olid suureks abiks Võru Vallavalitsuse töötajad, keda töö tegijad tänavad osutatud abi eest.

1. Hoonete asukoha kirjeldus

Käesolevas töös käsitletavad Orava kultuurimaja hoone ja sotsiaalmaja hoone asuvad Võru valla Orava külas. Orava kultuurimaja hoone (endine vallamaja) paikneb katastriüksusel, mille tunnus on 54701:001:0183 ja aadress Pargi 2. Orava sotsiaalmaja hoone paikneb katastriüksusel, mille tunnus on 54701:002:0148 ja aadress Pargi 1. Mõlemad hooned kuuluvad Võru vallale. Eelpoolnimetatud hoonete asukoha kaart on esitatud joonisel 1.1.



Joonis 1.1. Orava küla hoonete Pargi 1 ja 2 asukoha kaart

2. Hoonete kirjeldused ja soojusvarustuse olukord

2.1. Hoonete üldandmed

Orava sotsiaalmaja hoone on kahekorruseline tüüpiline nõukogudeaegne elamu, mis on ehitatud 1959 (joonis 2.1 ja 2.2). Hoonel on veel poolmaa-alune keldrikorrus. Hoone välisseinte põhikonstruktsiooniks on soojustusega silikaattellismüüritis. Hoonel on katuseplekiga kaetud kelpkatus. Hoone ehitusjärgsed kaheklaasilised puidust raamidega aknad on asendatud plastikraamides klaaspaketiga pakettakendega. Hoone eluruumid on rekonstrueeritud sotsiaalkorteriteks. Peale eluruumide asuvad hoones veel perearsti keskuse ruumid. Hoone üldandmed on esitatud tabelis 2.1.

Joonis 2.1. Sotsiaalmaja Pargi tee 1 esifassaadi vaade

Joonis 2.2. Sotsiaalmaja Pargi tee 1 vaade (katlamaja korsten)

Tabel 2.1. Sotsiaalmaja hoone üldandmed

Hoone aadress:	Võru maakond, Võru vald, Orava küla, Pargi tee 1
EHR kood:	120532992
Katastriüksuse number:	54701:002:0148
Ehitusaasta:	1959
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Korruste arv:	2
Ehitusalune pind: m2	304
Suletud netopind, m2:	635,3
Köetav pind, m2:	484,1
Eluruumide pind, m2:	304,8
Mitteeluruumide pind, m2:	313,7
Hoone maht, m3:	2737
Eluruumide arv	6
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah (köetavaid ruume ei ole)
Märkused:	

Orava kultuurimaja hoone on kolmekorruseline mõisate perioodi aegne Orava mõisa peahoone, mis on ehitatud 1880 (joonis 2.3). Hoone välisseinte põhikonstruktsiooniks on valdavalt maakividest müüritis. Välisseinte konstruktsioonis on veel kasutatud monoliit raudbetooni, väikeplokke, silikaattelliseid. Hoonel on eterniitplaatidega kaetud katus. Hoonele on rekonstrueerimise käigus paigaldatud plastikraamides kahekordse klaaspaketiga pakettaknad. Hoones asuvad rahvamaja, raamatukogu, noortekeskus. Hoone üldandmed on esitatud tabelis 2.2

Joonis 2.3. Kultuurimaja Pargi tee 21 esifassaadi vaade

Tabel 2.1. Kultuurimaja hoone üldandmed

Hoone aadress:	Võru maakond, Võru vald, Orava küla, Pargi tee 2
EHR kood:	120611920
Katastriüksuse number:	54701:001:0183
Ehitusaasta:	1880
Hoone kasutamise otstarve	Rahvamaja, raamatukogu
Korruste arv:	3
Suletud netopind, m2:	996
Köetav pind, m2:	996
Hoone maht, m3:	3548
Keldri olemasolu:	Ei
Pööningu olemasolu:	Jah (köetavaid ruume ei ole)
Märkused:	

2.2. Hoonete soojusvarustus, küttesüsteemid

Hoonete soojusvarustus toimub hoone keldrikorrusel asuva lokaalkatlamaja baasil. Katlamajast varustatakse soojusega soojustorustiku kaudu naaberkinnistul asuvat kultuurimaja hoonet. Nimetatud soojustorustikust vajab umbes 50 m pikkune lõik rekonstrueerimist. Katlaruumi on paigaldatud kaks halupuudega köetavat Fesma Alu katelt LUK-80, nominaalväljundvõimsusega 80 kW kumbki. Mõlemad katlad on ühendatud ühise soojustatud korstnaga. Katlamajas asub ka akumulatsioonipaak. Hoone küttesüsteem on ühendatud akumulatsioonipaagiga läbi segamistüüpi soojussõlme ESBE 3-T segamisventiiliga ja ESBE kütteautomaatikaga (vt joonis 2.4). Sooja tarbevee tsentraalne varustamine puudub. Katlamajast hoonesse väljastatava soojuse mõõtmiseks on paigaldatud soojusarvesti, kuid mis ei ole kasutusel hoone soojuse kulu määramisel. Akumulatsioonipaagiga on ühendatud ka kultuurimaja soojusvarustuse torustik.

Sotsiaalmaja hoones on malmribi radiaatoritega 2-toru küttesüsteem. Küttesüsteemi rekonstrueerimine käigus on paigaldatud küttekehade ette küttekehade soojusväljastuse reguleerimiseks eelseadistatavad Danfoss termostaatventiilid. Küttesüsteemi toimimises esineb häireid. Küttekehad ei soojene ruumide kaupa ühtlaselt ja osa ruume jääb jahedaks. Vajalik on kontrollida termostaatventiilide eelseadistust ja vajadusel termostaatventiilide eelseadistust korrigeerida ning välja selgitada üksikute küttekehade jahedaks jäämise põhjused. Soovitav on kaaluda küttekehade olemasolevate termostaatventiilide asendamist dünaamiliste termostaatventiilidega (rõhust sõltumatud termostaatventiilid). Hoone küttesüsteemi temperatuurigraafiku kohta ei olnud andmed konsultandile kättesaadavad. Arvestades omal ajal ehitatud analoogsete hoonete soojusvarustuse kogemust võib esialgselt eeldada hoone küttesüsteemi temperatuurigraafikuks 80/60ºC. Hoone hinnanguline maksimaalne soojuskoormus jääb vahemikku 30 – 45 kW.

Joonis 2.4. Katlamaja akumulatsioonipaak ja soojussõlm

Joonis 2.5. Kultuurimaja soojussõlm

Kultuurimaja hoone soojusvarustus toimub sotsiaalmajas asuvast katlamajast. Hoones asub välise soojustorustikuga ühendatud segamistüüpi soojussõlm (joonis 2.5), mis on ühendatud hoone ülemise jaotusega 2-toru küttesüsteemiga. Küttesüsteemi magistraaltorustik asub osaliselt pööningul ja osaliselt ka viimase korruse ruumide (saal) ülaosas. Küttesüsteemi küttekehadeks on valdavalt malmribitorud (joonis 2.6), kuid on paigaldatud ka alumiiniumribidega radiaatoreid. Küttesüsteemis puuduvad reguleerventiilid, ehk püstikute liiniseadeventiilid ja küttekehade soojusväljastuse

reguleerimiseks termostaatventiilid. Soovitav on vastavad ventiilid küttesüsteemi paigaldada. Samuti on vajalik korrastada pööningul asuvate küttesüsteemi magistraaltorude soojustus.

Joonis 2.6. Küttesüsteemi malmribitorud küttekehadena

2.3. Kütuse ja soojusenergia kulu

Kütustena kasutatakse lokaalkatlamajas küttepuid. Kütuse keskmine tarbimine aastatel 2015 – 2017 on olnud naturaalühikutes 250 ruumimeetrit (rm) aastas ning energiaühikutes 361,1 MWh/a. Soojuse keskmine toodang aastatel 2015 – 2017 on olnud 211 MWh. Soojuse toodangu määramisel on arvestatud katlamaja bilansijärgse kasuteguriga 65% ja välise soojustorustiku aastase arvutusliku soojuskaoga 27,4 MWh. Kraadpäevadega korrigeeritud keskmine soojuse toodang on olnud 235 MWh/a. MWh. Kütuse hind viimasel kolmel aastal on olnud vahemikus 30,2 - 33,2 €/rm, mis energiaühikutes jääb vahemikku 21,5 – 24,8 €/MWh. Kütuse eritarbimine köetava pinna kohta on olnud keskmiselt 0,17 rm/m^2. Kütuse tarbimise ja soojuse tootmise näitajad on koondina esitatud tabelis 2.2, mis sisaldab ka normaalaasta tingimustele taandatud arvutuslikke näitajaid.

Tarbitavast soojusest mõõdetakse ainult kultuurimaja soojuse tarbimist. Sotsiaalmaja soojuse tarbimine määratakse arvutuslikult. Katlamaja soojuse toodangut ei mõõdeta. Soojuse keskmist tarbimist on hinnatud 2015 ja 2016 aasta soojuse tarbimise alusel ja see on olnud 183,4 MWh. Arvutusest on välja jäetud 2017. aasta väiksem tarbimine, kuna pole teada tarbimise vähenemise põhjus. Kraadpäevadega korrigeeritud soojuse tarbimine normaalaasta kohta on hinnanguliselt 207,3 MWh/a.

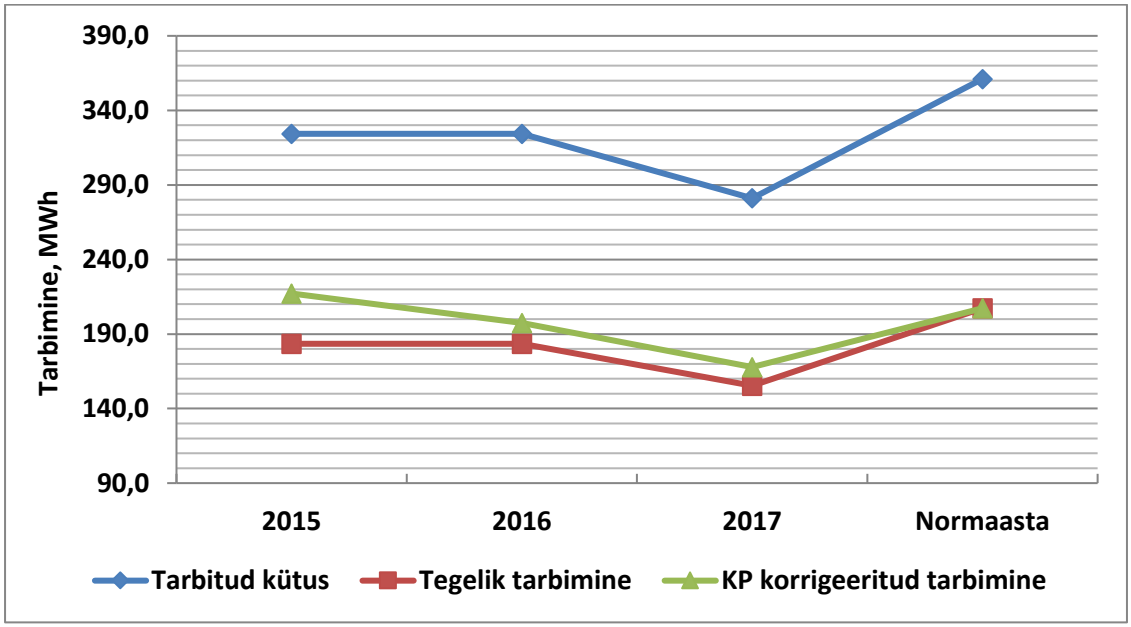
Tabel 2.2. Kütuse tarbimise näitajad

Kütuse tarbimine	2015	2016	2017	Normaasta	Ühik
Kütus	Halupuud				
Kogus naturaalühikutes	249,5	249,5	216,2	278	rm/a
Küttevääртus	1,3	1,3	1,3	1,3	MWh/rm
Kogus energiaühikutes	324,4	324,4	281,1	361,1	MWh/a
Katlamaja soojuse toodang	210,8	210,8	182,7	234,7	MWh/a
Arvestuslik torustiku soojuskadu	27,4	27,4	27,4	27,4	MWh/a
Soojuse tarbimine	183,4	183,4	155,3	207,3	MWh/a
Kütuse hind	32,2	30,2	31,7	35	€/rm
Kütuse maksumus tarbitava soojuse hinnas	43,78	41,07	44,12	46,90	€/MWh
Kulud kütusele	8029,8	7531,768	6853,6	9 723,0	€/a
Kulud lokaalküttele (muud kulud)	23000	23000	23000	23500	€/a
Kogumaksumus	31 030	30 532	29 854	33 223	€/a
Kütuse eritarbimine köetava pinna kohta	0,17	0,17	0,15	0,19	rm/m²

Soojuse eritarbimine normaalaastal köetava pinna kohta on 140,1 kWh/m², sh sotsiaalmaja 170,5 kWh/m² ja kultuurimaja 125,3 kWh/m². Kultuurimaja soojuse erikulu on suhteliselt madal. Soojuse erikulu hindamisel tuleb arvestada kultuurimaja ruumide kasutamise eripäraga, kui hoone kütet on püütud reguleerida vastavalt tegelikule kasutusele. Soojuse tarbimise näitajad on koondina esitatud tabelis 2.3 ning kütuse ja soojuse tarbimise muutumise trendid graafiliselt joonisel 2.4.

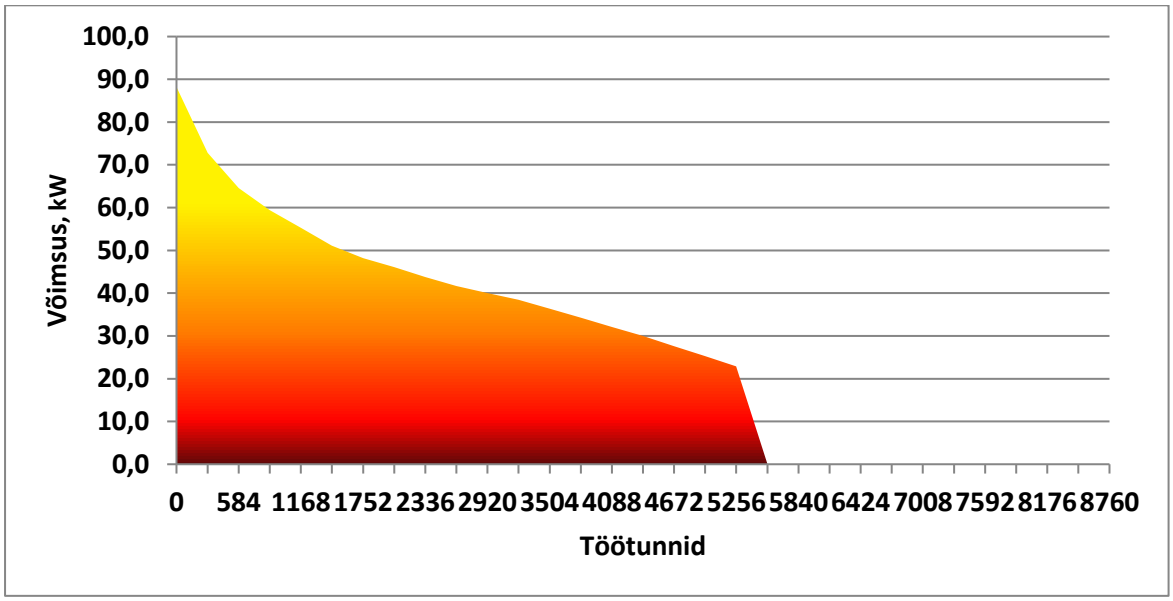
Tabel 2.3. Soojuse tarbimise näitajad

Soojusenergia tarbimine	2015	2016	2017	Normaasta	Ühik
Soojuse tarbimine:	183,4	183,4	155,3	207,3	MWh/a
- s.h. kultuurimaja (mõõdetud soojusarvestiga)	110,4	110,4	89,33	124,8	MWh/a
- s.h. sotsiaalmaja (arvestuslik)	73	73	66	82,5	MWh/a
Tegeliku aasta kraadpäevade arv	3582	4939	3925	4242	°C d
Kulutused küttele	31 030	30 532	29 854	33 223	€/a
Soojuse hind	169,2	166,5	192,2	160,3	€/MWh
Erimaksumus köetava pinna kohta	21,0	20,6	20,2	22,4	€/(m2*a)
Eritarbimine köetava pinna kohta (hooned kokku)	123,9	123,9	104,9	140,1	kWh/m²
Eritarbimine köetava pinna kohta (sotsiaalmaja)	150,8	150,8	136,3	170,5	kWh/m²
Eritarbimine köetava pinna kohta (kultuurimaja)	110,8	110,8	89,7	125,3	kWh/m²



Joonis 2.4. Kütuse ja soojuse tarbimine

Katlamaja soojuskoormusgraafikut normaalaasta soojuse tootmisandmete alusel koostatuna iseloomustab joonis 2.5. Talvine maksimaalne soojuskoormus on koormusgraafiku kohaselt kuni 90 kW. Nimetatud maksimaalne soojuskoormus ei arvesta võimalikke lühiajalisi tarbimiskoormuse tippe. Lähtudes koormusgraafiku koostamisel kütuse tarbimise andmetest on katelde sisendvõimsus 120 kW, millest võikski lähtuda soojusvarustussüsteemi rekonstrueerimisel paigaldatavate seadmete soojusväljastusvõimsuse valikul.



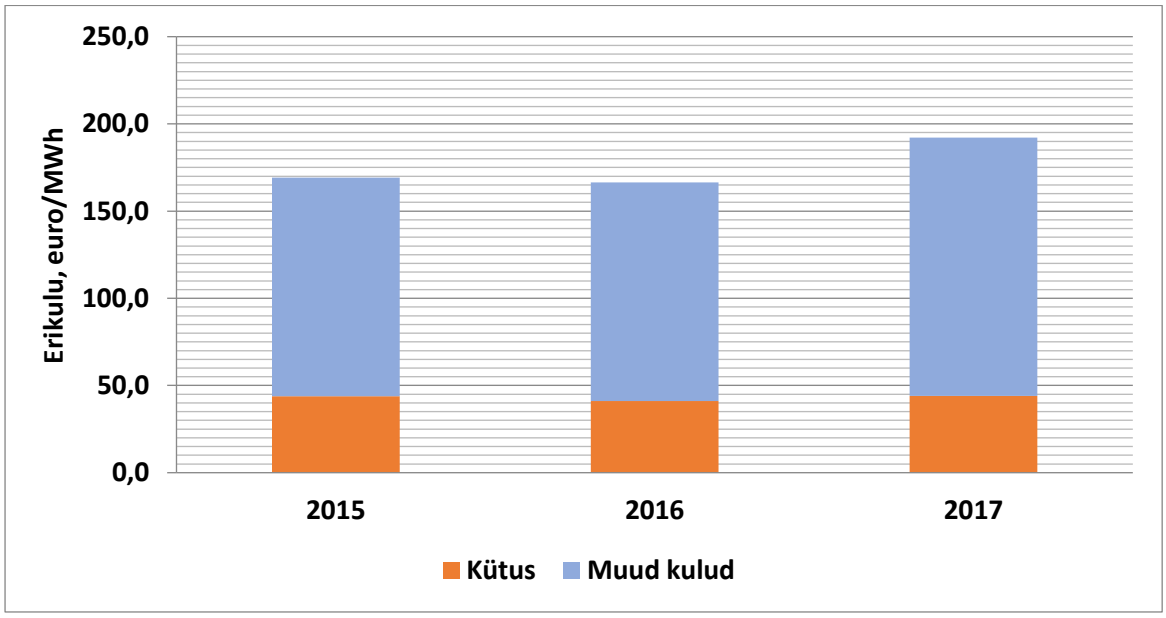
Joonis 2.5. Hoone soojuskoormusgraafik

2.4. Rahalised kulutused hoone soojusvarustuseks

Rahalistes kulutustes hoonete soojusvarustuseks moodustavad antud lokaalkatlamaja korral kulutused kütusele 24 - 26% kogu kulutustest katlamajale, mis on tüüpiline automatiseerimata tahke kütuse katlamajale. Kütuse hind viimasel kolmel aastal on olnud vahemikus 30,2 - 33,2 €/rm, mis energiaühikutes jääb vahemikku 21,5 – 24,8 €/MWh. Küttepuude hind on viimasel ajal olnud kasvu trendis ja 2018 aasta jaanuaris on see olnud 38 €/rm.

Muude rahaliste kulutuste osakaal katlamaja kogu kuludes on olnud 74– 76%, kus valdava osatähtsusega (üle 90%-i) on kulutused tööjõule. Võttes arvesse teadaolevaid rahalisi kulutusi lokaalkatlamajale on tarbitud soojuse hind jäänud vahemikku 169 – 192 €/MWh ning rahaline kulu köetava pinna kohta aastas on jäänud vahemikku 20 - 21 €/m^2. Suhteliselt suurte küttekulude tõttu on aktuaalne hoonete soojusvarustuse rekonstrueerimine üleminekuga vähem kulukamale ja ka keskkonnasäästlikumale kütmisviisile.

Andmed lokaalkatlamaja rahaliste kulutuste kohta on esitatud tabelis 2.2 ja 2.3 ning joonisel 2.6.



Joonis 2.6. Lokaalkatlamaja kulud tarbitud soojuse kohta

3. Hoonete soojusvarustuse alternatiivsed lahendused

Käsitletavad hooned on lokaalkatlamaja küttel, kus soojuse tootmise tehnoloogiliseks lahenduseks on kütuste põletamine. Kütuste põletamise tehnilised lahendused on võimalik jaotada kahte gruppi:

- Odavad kütused ja madal automatiseerimistase. Sellesse gruppi kuuluvad peamiselt käsitsi teenindatavad (kütuse etteandmisega) tahke kütuse (nt halupuud, kivisüsi) põletusseadmed. Nendele lahendustele on iseloomulik suhteliselt kõrge tööjõu kulu. Hoone soojusvarustuseks on kasutusel halupuudega köetavad katlad. Soojuse maksumuses on valdava osatähtsuga kulutused tööjõule.
- Kallid kütused ja kõrge automatiseerimistase (võimalused katlamaja automariseerimiseks). Sellesse gruppi kuuluvad vedelkütus (kerge kütteõli), maagaas, vedelgaas ja viimasel ajal ka puidupelletid. Puidupelletitega köetavad katlad on kergesti automatiseeritavad, samas on puidupelletid antud grupi madalama hinnatasemega kütus (käesoleval ajal on puidupelletite hind energiaühiku kohta olnud 2,2 – 2,5 korda madalam kerge kütteõli hinnast ja umbes 1,5 korda madalam vedelgaasi hinnast). Viimasel ajal on vedelgaasi kasutatud katlakütusena, asendades nt kerge kütteõliga kütmist.

Võru Vallavalitsus on seadnud prioriteediks võimalikult automatiseeritud ja väikse tööjõukuluga ning samas ka võimalikult vähem kulukama kütmisviisi valiku. Seatud prioriteedile vastab hoone soojusvarustuseks puidupelletitega köetava katla paigaldamine ehk üleminek küttepuudega kütmiselt puidutelletitega kütmisele ja ka vedelgaasiga kütmisele. Sellest tulenevalt on majandusanalüüsiks kütuste põletamise tehnilistest lahendustest valitud puidupelletitega köetava katla ja vedelgaasiga köetava katla paigaldamise variante.

Peale kütuste põletamise tehniliste lahenduste on hoonete soojusvarustuseks võimalikud muud lahendused, millisteks võivad olla elektriküte, taastuvenergia lahendused, soojuspumpade kasutamine. Nendest lahendustest tuleks eelistada taastuvenergia lahendusi, soojuspumpade kasutamist. Taastuvenergia lahendustest sobib hoone soojusvarustuseks päiksekollektorite paigaldamine, eriti hoonete puhul, kus suveperioodil on suhteliselt suur sooja tarbevee tarbimine. Köetavates hoonetes sooja tarbeveega varustamise tsentraalne süsteem puudub, kasutusel on sooja tarbevee valmistamise individuaalsed lahendused. Päiksekollektorite paigaldamine ainult hoone kütteks meie kliimas on suhteliselt pika tasuvusajaga (ulatudes kuni 15 aastani), kuna soojuseks muudetava päiksekiirguse osakaal talvekuudel on suhteliselt tagasihoidlik. Kui hoones on keskküttesüsteem, siis hoone soojusvarustuseks on kasutavad maasoojuspumbad ja õhksoojuspumbad (õhk-vesi tüüpi soojuspumbad). Võrreldes maa- ja õhksoojuspumpasid, siis õhksoojuspampade eeliseks on maasoojuspumpadele iseloomuliku maakollektori puudumine, mis vähendab tunduvalt alginvesteeringu suurust. Samas on maasoojuspumbad efektiivsemad. Hoone soojusvarustuse rekonstrueerimise üheks alternatiivseks variandiks muudest lahendustest on majandusanalüüsiks valitud maakollektoriga soojuspumba paigaldamise variant.

Eelpoolesitatu põhjal on Orava sotsiaalmaja ja kultuurimaja soojusvarustuse rekonstrueerimise alternatiivsete variantide majandusanalüüsiks valitud kolm varianti, arvestades kohapealseid tingimusi ja sobivaid tehnilisi lahendusi:

- Variant 1 – puidupelletitega köetava katla paigaldamine;
- Variant 2 – vedelgaasiga köetava katla paigaldamine;
- Variant 3 – maakollektoriga soojuspumba paigaldamine.

4. Hoonete soojusvarustuse alternatiivsed lahendused

Orava sotsiaalmaja ja kultuurimaja soojusvarustuse rekonstrueerimise variantide majandusanalüüsi lähteandmetena on kasutatud esitatud andmeid lokaalkatlamaja kütuse tarbimise ja rahaliste kulutuste kohta elamu soojusenergiaga varustamisel ning nende andmete analüüsi tulemusi (vt p.2.3 ja p.2.4). Lokaalkatlamaja puhul on erinevate soojusvarustusviiside võrdlemisel aluseks võetud viimase kolme kütuse kulu ja soojuse tarbimine ning aastased kulutused hoonete soojusenergiaga varustamisel küttepuudega kütmisel. Olulisemad lähteandmed majandusarvutuste tegemiseks on esitatud tabelis 4.1.

Tabel 4.1. Majandusanalüüsi lähteandmed. Baasvariant

Näitaja	Ühik	Väärtus
Soojusenergia tarbimine	MWh/a	185
Katelde keskmine kasutegur	%	65
Kütuste kogused:		
• Küttepuud	rm/a	251,7
Kütuse maksumus	€/a	8 808,2
Tehnoloogilised kulud (elekter, vesi jm)	€/a	1550
Püsikulud	€/a	22000
Kulud kokku	€/a	32 358,2
Soojusenergia hind katlamajast väljastamisel	€/MWh	174,9

Analüüsitavate soojusvarustuse rekonstrueerimisvariantide puhul on lähteandmeteks veel võetud: 1) küttepuude hind – 35 €/rm (aasta 2018 keskmine hind); 2) puidupelletite hind 180 €/t; elektri tarbijahind – 119 €/MWh. Kütuste ja elektri hinnad sisaldavad käibemaksu. Kütuse ja elektri hinnatõusuks on arvestatud 1,5 – 2% aastas. On eeldatud, et soojusenergia tarbimine jääb samale tasemele, võrreldes tarbimisega enne soojusvarustuse rekonstrueerimist. Finantsanalüüsis on lähtutud katlamaja rekonstrueerimise finantseerimisest omainvesteeringuna.

4.1. Puidupelletitega köetavate katelde paigaldamine (variant 1)

Puidupelletitega köetav katlad on võimalik paigaldada samasse ruumi, kus asuvad olemasolevad küttepuudega köetavad katlad. Puidupelletitega köetava katelde väljundvõimsuseks on soovitav valida 150 kW, paigaldades kaks katelt väljundvõimsustega 100 kW ja 50 kW. Olemasolevale katlale LUK80 on võimalik paigaldada pelletipõleti (nt PV50), sellisel juhul jääks see katel tipukoormuse katlaks piisaks ainult ühe 100 kW katla paigaldamisest. Arvestades olemasolevate LUK katelde vanust ja tehnilist seisukorda tuleks eelistada uue 50 kW katla paigaldamist. Enne uute katelde paigaldamist on vajalik vanad katlad ja mittevajalikud abiseadmed demonteerida ning ka katlaruumi korrastamine. Paigaldatavaid katlaid saab kasutada vastavavalt hoonete soojuskoormuse katmise vajadusele. Puidupelletitega köetavate katelde juurde kuuluvad puidupelletite põletid, puidupelletite etteande seadmed, suitsuventilaatorid, korsten (olemasoleva korstna kasutamise võimalus), puidupelletite mahuti, katlaautomaatika. Katlad töötab automaatrežiimis, hoone kütte reguleerimine toimub vastavalt välisõhu temperatuurile. Katlaautomaatika peaks tagama katelde töö katelde kaupa kui ka mõlema katla koostöö. Vajalik on leida sobiv koht puidupelletite hoidla, mahuga 10 – 15 m^3 paigaldamiseks. Mahuti mahu valikul on arvestatud, et puhurautoga puidupelletite tarnimise minimaalne tarnemaht on praktikas 10 – 15 m^3. Puidupelletite mahuti on soovitav paigaldada katlaruumi kõrvale vabasse ruumi. Võimalik on paigaldada ka välimahuti, mis peab olema paigaldatud hoone välisseintest eemale. Välismahuti paigaldamisel tuleb arvestada, et muutub hoone ümbruse välisilme. Puidupelletite katla paigaldamise investeeringu suurus on orienteeruvalt 31000 eurot koos käibemaksuga. Lokaalkatlamaja rekonstrueerimiseks on vajalik koostada projekt, mis võimaldaks ka investeeringu vajadust täpsemalt hinnata.

Puidupelletitega töötavad katlad töötavad automaatrežiimis ning pideva kohalolekuga katlaoperaatorid pole vajalikud, mis annab olulise kokkuhoiu tööjõu kulude osas. Vajalik katelde järjepidev hooldamine, mis on seotud peamiselt pelletikatelde regulaarse ülevaatusega ja ka puhastamisega, nt. kord kahe nädala jooksul sõltuvalt katelde tüübist. Puidupelletite kvaliteet peab olema hea (premium pelletid), peenfraktsiooni osakaal ei tohi olla suur. Puidupelletite transportimiseks kasutatakse puhuriga paakautosid. Puidupelletite mahutisse laadimisel on vajalik jälgida, et ei tekiks täiendavat peenfraktsiooni.

Puidupelletitega köetavate katelde paigaldamise variandi 1 majandusarvutuste tegemisel on lähtud tabelis 4.2 esitatud lähteandmetest, mis kirjeldavad soojuse tootmist ja selle rahalisi kulutusi hoone soojusvarustuseks.

Hoonete soojusvarustuse rekonstrueerimisprojekti variandi 1 majandusanalüüs on kokkuvõtlikult esitatud lisas 1. Projekti põhilised finantsnäitajad on 100 % omafinantseerimise korral järgmised:

- Säästude nüüdisväärtus NPV 15 aastat 201018;
- Tulu sisenorm IRR 15 aastat 68,1 %;
- Lihttasuvusaeg 1,5;
- Soojusenergia keskmine 15 aastase perioodi hind jooksul, €/MWh 79,3.

Tabel 4.2. Majandusarvutuse lähteandmed. Variant 1

Näitaja	Ühik	Väärtus
Soojuse toodang	MWh	212
Soojuse tarbimine	MWh	185
Kütused ja energia:		
- puidupelletid	t/a	51,9
- kütuse maksumus	€/a	9 341
Tegevuskulud, sh	€/a	2267
- elekter	€/a	547
- muud	€/a	1720
Kulud kokku	€/a	11609

Investeering on majanduslikult hästi tasuv kasutatud algandmete korral. Investeeringu lihttasuvusaeg on 1,5 aastat ja soojuse hind esimesel aastal 71,1 €/MWh. Variandi 1 elluviimise eeliseks tuleb pidada Võru valla puidupelletitega kütmise kogemust, kuna vallas on mitmeid puidupelletitega köetavaid hooneid. Vallas on organiseeritud pelletikatelde hooldus ning on toimiv puidupelletite tarnimine. Puidupelletite hind ei ole oluliselt sõltunud kütuste maailaturu hindadest. Puidupelleteid loetakse keskkonnasõbraliku biokütuseks.

4.2. Vedelgaasiga köetava katla paigaldamine (variant 2)

Vedelgaasiga kütmisele üleminekuks asendatakse olemasolevad küttepuudega köetavad katlad vedelgaasiga köetava katlaga. Vedelgaasiga köetava katla väljundvõimsuseks on soovitav valida 140-150 kW. Vedelgaasiga köetava uue katla juurde kuuluvad veel põleti, väline gaasimahuti, gaasimahuti kaugjälgimisesüsteem, reduktsioonisõlm, gaasitorustik mahutist katlani, elektrimaanduspaigaldis, katlaautomaatika. Enne uue katla paigaldamist on vajalik vanad katlad ja mittevajalikud abiseadmed demonteerida ning ka katlaruumi korrastamine. Paigaldatav katel töötab automaatrežiimis, kus hoonete kütte reguleerimine toimub vastavalt välisõhu temperatuurile. Vajalik on leida sobiv koht gaasimahuti, mahuga 9-10 m^3 (umbes 4,5 tonni vedelgaasi) paigaldamiseks. Mahutist gaasi transportimiseks katlaruumi paigaldatakse maa-alune torustik. Vedelgaasiga kütmisele ülemineku investeeringu suurus on orienteeruvalt 22000 eurot koos käibemaksuga. Investeeringu suuruse hindamisel on arvestatud, et gaasimahutit renditakse gaasi tarnijalt. Hinnanguline aastane rendisumma võib olla suurusjärgus 1940 eurot. Vedelgaasiga kütmisele üleminekuks on vajalik koostada projekt (vajalik tehnilise järelevalve asutuse kooskõlastus), mis võimaldaks ka investeeringu vajadust täpsemalt hinnata. Vedelgaasipaigaldis on korrektsel käsitlemisel ohutu.

Vedelgaasiga kütmisele ülemineku variandi 2 majandusarvutuste tegemisel on lähtud tabelis 5.3 esitatud lähteandmetest, mis kirjeldavad soojuse tootmist ja selle rahalisi kulutusi hoone soojusvarustuseks.

Hoone soojusvarustuse rekonstrueerimisprojekti variandi 2 majandusanalüüs on kokkuvõtlikult esitatud lisas 2. Projekti põhilised finantsnäitajad on 100 % omafinantseerimise korral järgmised:

- Säästude nüüdisväärtus NPV 15 aastat 124297;
- Tulu sisenorm IRR 15 aastat 63,1 %;
- Lihttasuvusaeg 1,6;
- Soojusenergia keskmine 15 aastase perioodi hind jooksul, €/MWh 118.

Tabel 4.3. Majandusarvutuse lähteandmed. Variant 2

Näitaja	**Ühik**	**Väärtus**
Soojuse toodang	MWh	212
Soojuse tarbimine	MWh	185
Soojuse toodang biokütusel	MWh	0
Kütused ja energia:		
- vedelgaas	t/a	18,8
- kütuse maksumus	€/a	15 810
Tegevuskulud, sh	€/a	2816
- elekter	€/a	476
- muud	€/a	2340
Kulud kokku	€/a	18901

Investeering on majanduslikult hästi tasuv kasutatud algandmete korral. Investeeringu lihttasuvusaeg on 1,6 aastat ja soojuse hind esimesel aastal 102,2 €/MWh. Variandi 2 puhul minnakse üle küttepuude kui biokütuse kasutamiselt fossiilse kütuse kasutamisele ehk automatiseeritud kütmisviisile. Variandi 2 elluviimise eeliseks tuleb pidada katlamaja kulude olulist vähenemist tööjõu kulude arvelt. Küttekulude osas võib riskifaktoriks lugeda vedelgaasi hinna sõltuvust kütuste (toornafta) maailmaturu hindadest, mis on viimasel ajal olnud kasvu trendiga. Vedelgaasi hinda suurenemise osas võivad mõjutada ka transpordikulu, kuna on tegemist tarnekohast suhteliselt kaugel asuva üksiku objektiga.

4.3. Maakollektoriga soojuspumba paigaldamine. Variant 3

Hoonete soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 3 käsitleb maakollektoriga soojuspumba paigaldamist. Maakollektoriga soojuspumbad kasutavad madalatemperatuurilise soojusallikana pinnast ehk horisontaalse maakollektori korral kasutab soojuspump maapinna ülemisse kihti salvestunud soojust küttevee soojendamiseks. Kasutusel on ka horisontaalse kollektoriga võrreldes kallimad vertikaalsed kollektorid ehk puuraugud. Soojuspumba tootlust iseloomustavaks suuruseks on efektiivsustegur, mis väljendab põhimõtteliselt elektri osakaalu muundatud soojusest. Elektri kasutamise osakaal sõltub madalama temperatuuriga keskkonna, antud juhul siis pinnase temperatuurist ning ka soojuspumbast väljastatava küttevee temperatuurist. Kuna pinnase temperatuur horisontaalse maakollektori paigaldamise sügavusel oluliselt ei muutu, siis maakollektoriga soojuspumba efektiivsusteguri määrab suures osas soojuspumbast väljastatava küttevee temperatuur. Küttevee temperatuuri korral 35 ºC on saavutatavad efektiivsusteguri väärtused 5 – 6 ning temperatuuri korral 65 ºC ainult 2,5 - 3,5.

Soojuspumpade tootjad kasutavad soojustegurite määramisel ja testimisel standardites kindlaks määratud referentstemperatuure, nt külmakandja sisenemistemperatuur 0 °C ja soojuskandja väljumistemperatuur 35 °C. Seega soojuspumba valikul on vajalik arvestada, millistele referentstemperatuuridele vastavad tootja poolt esitatud soojusvõimsused ja milline on küttevee temperatuur.

Võttes arvesse köetavate hoone küttesüsteemide temperatuurigraafiku, mis teadaolevat ei ole madalamate küttevee pealevoolu ja tagasivoolu temperatuuridega kui 80/60 ºC on vajalik lisaküte, kuna soojuspumbast väljuva küttevee temperatuur ei ületa 65 ºC. Küttesüsteemi madalamate temperatuurigraafikute korral on soojuspumpa kasutamine efektiivsem (lisakütte vajadus puudub või on minimaalne). Kui antud juhul hooned renoveerida (soojustada), siis hoonete küttekoormus langeb ja olemasolevate küttesüsteemide puhul on hooneid kütta madalama temperatuurigraafiku alusel. Sotsiaalmaja hoone renoveerimine on võimalik aga kultuurimaja hoone puhul on vajalik välja selgitada hoone renoveerimise ulatus. Seega olemasolevate hoonete soojusvarustuseks soojuspumpade kasutamise üheks eelduseks on hoonete renoveerimine, mis võimaldab vähendada soojuspumbaga küttesüsteemi alginvesteeringut ja kasutada soojuspumpa efektiivsemalt.

Orava sotsiaalmaja hoone ja kultuurimaja hoone ühiseks soojusvarustuseks võiks esialgselt lähtuda paigaldatavate soojuspumpade (üks või mitu kõrgemat küttevee temperatuuri tagavat maakollektoriga soojuspumpa) võimsusest 90 – 100 kW. Antud juhul hooneid enne soojuspumbaga küttesüsteemi paigaldamist ei renoveerita. Sellisel juhul on vajalik lisakütteallika olemasolu. Lisakütteallikaks võiks valida elektrikatla võimsusega 40-45 kW, mis suhteliselt madala maksumusega ja mille kasutusaeg soojusvarustuse tipukoormuse katmiseks ei ole pikk (kuni kaks nädalat aastas). Olemasolevaid tingimusi arvestades on lisakütte hinnanguline osatähtsus kogus aastasest keskmisest soojavajadusest 17,5% ehk 37,1 MWh/a ning soojuspumba sooja soojuse toodang 174,9 MWh/a.

Maakollektoriga soojuspumpade juurde kuuluvad kindlasti maakollektor torustiku pikkusega 4500 – 5000 m, akumulatsioonipaak, soojusvaheti, automaatikaseadmed. Vajalik on paigaldatava elektrikatla kütteautomaatika ühildamine paigaldatava soojuspumba automaatikaseadmetega katla ja soojuspumba automaatse koostöö tagamiseks. Enne uue katla paigaldamist on vajalik vanad katlad ja mittevajalikud abiseadmed demonteerida ning ka katlaruumi korrastamine. Soojuspumbaga küttesüsteemi paigaldamise investeeringu suuruseks on orienteeruvalt hinnatud 57000 eurot koos käibemaksuga. Lokaalkatlmaja rekonstrueerimiseks on vajalik koostada projekt, mis võimaldaks investeeringu vajadust täpsemalt hinnata ning seadmeid optimaalselt dimensioneerida. Soojuspumba paigaldamisel lisandub lokaalkatlamaja elektrisüsteemi täiendav võimsus vähemalt 70 kW. Vajalik on välja selgitada vajadus täiendava võimsuse lisandumiseks elektrivõrguga uue liitumislepingu sõlmimine.

Maakollektoriga soojuspumba paigaldamise variandi 3 majandusarvutuste tegemisel on lähtud tabelis 4.4 esitatud lähteandmetest, mis kirjeldavad soojuse tootmist ja selle rahalisi kulutusi hoone soojusvarustuseks. Maakollektoriga soojuspumba aasta

keskmiseks efektiivsusteguriks on konkreetseid tingimusi arvestades valitud 3, arvestades ainult soojuspumba elektri tarbimist.

Tabel 4.4. Majandusarvutuse lähteandmed. Variant 3

Näitaja	**Ühik**	**Väärtus**
Soojuse toodang	MWh	212
Soojuspumba soojuse toodang	MWh	174,9
Soojuse tarbimine	MWh	185
Kütused ja energia:		
- elekter (soojuspump)	MWh/a	58,3
- elekter (lisaküte)	MWh	37,9
- kütuse ja energia maksumus	€/a	11443
Soojuspumba keskmine soojustegur		3
Tegevuskulud, sh	€/a	738
- elekter	€/a	238
- muud	€/a	500
Kulud kokku	€/a	14431

Hoone soojusvarustuse rekonstrueerimisprojekti variandi 3 majandusanalüüs on kokkuvõtlikult esitatud lisas 3. Projekti põhilised finantsnäitajad on 100 % omafinantseerimise korral järgmised:

- Säästude nüüdisväärtus NPV 15 aastat 171114;
- Tulu sisenorm IRR 15 aastat 36,3 %;
- Lihttasuvusaeg 2,8;
- Soojusenergia keskmine 15 aastase perioodi hind jooksul, €/MWh 88.

Investeering on majanduslikult hästi tasuv kasutatud algandmete korral. Investeeringu lihttasuvusaeg on 2,8 aastat ja soojuse hind esimesel aastal 81,2 €/MWh. Variandi 3 elluviimise eeliseks tuleb pidada soojusvarustuse kulude olulist vähenemist tööjõu kulude arvelt. Soojuspumpadega küttesüsteem on väikeste hoolduskuludega.

Küttekulude osas võib antud juhul soojuspumbaga soojusvarustussüsteemi puuduseks lugeda olemasoleva küttesüsteemi kõrget temperatuurigraafikut, mis halvendab soojuspumpade kasutamise efektiivsust ja tingib lisakütte vajaduse. Soojuspumpadega küttesüsteemi paigaldamise eelduseks on soojusvarustuse võimalikult väike erikoormus ja soojusvarustussüsteemi madal temperatuurigraafik (nt põrandakütte kasutamine). Riskifaktoriks investeeringu planeerimisel võib osutuda täiendava elektri kasutusvõimsuse juurdeost võrguettevõttelt. Arvestada tuleb ka soojuspumbaga küttesüsteemi suhteliselt suure alginvesteeringuga.

4.4. Majandusarvutuste kokkuvõte

Orava sotsiaalmaja hoone ja kultuurimaja hoone soojusvarustuse rekonstrueerimise erinevate variantide majandusarvustuste tulemused on kokkuvõtlikult toodud tabelis 4.5.

Tabel 4.5. Majandusarvutuste kokkuvõte

Variant	Kirjeldus	Investeering, €	Soojuse keskmine hind, €/MWh (15 a)	IRR, % (15 a)	Lihtne tasuvusaeg, aasta
1	Puidupelletitega köetavate katelde paigaldamine (50 + 100 kW)	31000	79	68,1	1,5
2	Vedelgaasiga köetava katla paigaldamine (140 – 150 kW)	22000	118	63,1	1,6
3	Maakollektoriga soojuspumba paigaldamine (90 – 100 kW)	57000	88	36,3	2,8

Tabelist 4.5 näeme, et käsitletud soojusvarustuse rekonstrueerimise variandid on kõik majanduslikult tasuvad. Oluline küttekulude kokkuhoid saavutatakse käsitletud rekonstrueerimisvariantide puhul kulutuste vähendamisega tööjõule. Käsitletud variantidest on majanduslikult kõige soodsam rekonstrueerimisvariandi 1 elluviimine ehk puidupelletitega köetavate katelde paigaldamine olemasolevate küttepuudega köetavate katelde asemele. Sel juhul on toodetava soojuse hind kõige odavam ja küttekulud madalaimad ning investeering tasub end ära 1,5 aastaga, so praktiliselt kahe kütteperioodiga.

Mõnevõrra halvemate majandustulemustega, kuid tasuv variant on vedelgaasiga köetava katla paigaldamine ehk variandi 2 kohane investeering. Vedelgaas on puidupelletitega võrreldes kallim kütus ja alginvesteering väiksem. Samas kujuneb soojuse hind käsitletud variantide hulgas kõige suuremaks. Vedelgaasi hind võib aga kütuste maailmaturu hinna kasvu trendi juures ka kasvada.

Maakollektoriga soojuspumba paigaldamise variant 3 on olemasoleva olukorraga võrreldes tasuv variant. Antud olukorras on variandi 3 elluviimisel käsitletud variantide hulgas suurima tasuvusajaga (2,8 aastat) ja suurima alginvesteeringuga. Olemasoleva soojusvarustussüsteemi parameetrid ei ole optimaalsed soojuspumba toimimiseks. Soojusvarustussüsteemi temperatuurigraafik on liiga kõrge, mistõttu ei ole võimalik ära kasutada soojuspumbaga soojusvarustussüsteemi eelist süsteemi efektiivsuse osas. Hoonete renoveerimisega on võimalik soojusvarustussüsteemi temperatuurigraafikut alandada ja soojuspumbaga soojusvarustussüsteemi paigaldamisel soojuspumba efektiivsust suurendada. Kui hooneid ei ole plaanis enne soojusvarustussüsteemi rekonstrueerimist renoveerida, siis ei saa soojuspumbaga küttesüsteemi paigaldamist lugeda kõige otstarbekamaks soojusvarustuse rekonstrueerimise variandiks. Hoonete renoveerimise korral on soovitav kaaluda renoveerimisvariandi 3 elluviimist ja võrrelda seda puidupelletitega köetavate katelde paigaldamise variandiga.

5. Kokkuvõte

Orava sotsiaalmaja hoone ja kultuurimaja hoone soojusvarustuse rekonstrueerimiseks on analüüsitud kolme varianti: 1) variant 1 – puidupelletitega köetavate katelde paigaldamine; 2) variant 2 - vedelgaasiga köetava katla paigaldamine; 3) variant 3 – maakollektoriga soojuspumpade paigaldamine. Käsitletud on ainult soojusvarustuse rekonstrueerimist ühiselt mõlemale hoonele. Mõlema hoone soojusvarustuse rekonstrueerimist eraldi ei ole käsitletud.

Rekonstrueerimisvariantide majandusarvutustest tuleneb, et käsitletud soojusvarustuse rekonstrueerimise variandid on kõik majanduslikult tasuvad. Oluline küttekulude kokkuhoid saavutatakse käsitletud rekonstrueerimisvariantide puhul kulutuste vähendamisega tööjõule. Majanduslikult soodsam on puidupelletitega köetavate katelde paigaldamise variant 1. Selle variandi puhul on madalaimad rahalised kulutused hoonete soojusvarustuseks. Variandi 1 elluviimiseks ei ole olulisi riskifaktorid. Samuti on vallal praktiline kogemus puidupelletitega köetavate katelde kasutamisel ja hooldamisel. Samuti on vallas toimiv puidupelletite tarnimine.

Suurimad kulutused hoonete soojusvarustusele on vedelgaasi katla paigaldamise variandi 2 korral. Küttekulusid mõjutab oluliselt vedelgaasi hind, mis sõltub kütuste maailmaturu hinnast. Viimasel ajal on olnud kütuste maailmaturu hinnad kasvu trendiga ja seoses sellega suureneb tõenäoliselt ka vedelgaasi hind.

Maakollektoriga soojuspumpade paigaldamise variandi 3 puhul on soojuspumpade efektiivsemat kasutust piiravaks teguriks olemasoleva küttesüsteemi teadolevalt kõrge temperatuurigraafik. Kui hooneid ei ole plaanis enne soojusvarustussüsteemi rekonstrueerimist renoveerida, siis ei saa soojuspumbaga küttesüsteemi paigaldamist lugeda kõige otstarbekamaks soojusvarustuse rekonstrueerimise variandiks. Hoonete renoveerimise korral on soovitav kaaluda renoveerimisvariandi 3 elluviimist ja võrrelda seda puidupelletitega köetavate katelde paigaldamise variandiga.

Variandid 1 ja 3 on samaväärsed süsinikdioksiidi heitkoguse vähenemise osas ehk nad on CO_2 heite neutraalsed kui soojuspumpade toiteks kasutatakse nn „rohelist“ elektrit. Variandi 2 puhul on katlakütuseks fossiilne kütus ehk vedelgaas, mille põletamisel arvestatakse CO_2 heidet.

Lisad

Lisa 1. Majandusarvutused. Soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 1

Lisa 2. Majandusarvutused. Soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 2

Lisa 3. Majandusarvutused. Soojusvarustuse rekonstrueerimise variant 3