



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut

Soojusenergeetika õppetool

MSE40LT

Kaspar Kuusmik

Korterelamu restaureerimistöõde tasuvusanalüüs
Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Siim Linki juhendamisel

“.....”2014.a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”2014.a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”2014 a.

..... allkiri

TTÜ soojustehnika instituut

Soojusenergeetika õppetool

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2013/2014 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Kaspar Kuusmik 112595 (nimi, kood)

Õppekava: Statsionaarne

Eriala: Soojusenergeetika

Juhendaja: Vanemteadur Siim Link (amet, nimi)

Konsultandid: (nimi, amet, telefon)

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

Korterelamu rekonstrueerimistöde tasuvusanalüüs

Feasibility study for refurbishment of apartment building

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Tööülesande püstitus.	17.01.2014
2.	Vajalike andmete, jooniste ja mõõtude kogumine.	15.02.2014
3.	Soojustusvõimaluste uurimine, investeringute arvutused.	15.03.2014
4.	Soojusbilansside koostamine.	20.04.2014
5.	Lõputöö vormistamine	17.05.2014

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:.....

Täiendavad märkused ja nõuded:.....

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt 14.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 22.05.2014

Üliõpilane Kaspar Kuusmik

/allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja Siim Link

/allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

Sisukord

Eessõna	6
SISSEJUHATUS.....	7
1. KORTERELAMU KIRJELDUS.....	8
1.1 Üldkirjeldus.....	8
1.2 Hoone sise-ja välisviimistlus	9
1.3 Kortermaja küte	10
2. SOOJUSKADUDE ARVUTAMINE.....	11
2.1 Hoone soojusbilanss	11
2.2 Kraadpäevad	12
2.3 Vabasoojuse arvestamine	12
3. ERINEVAD RENOVEERIMISVÕIMALUSED.....	21
3.1 Pakett 1.....	21
3.2 Pakett 2.....	25
3.3 Pakett 3.....	28
JÄRELDUSED JA KOKKUVÕTE.....	31
SUMMARY	33
KASUTATUD KIRJANDUS:.....	35

Jooniste loetelu

Joonis 1.1 Hoone asukoht kaardil koos katastripiiridega	8
Joonis 2.1 Olemasoleva seina profiil.....	16
Joonis 3.1 Pakett 1 profiil.....	22
Joonis 3.2 Pakett 2 profiil.....	25
Joonis 3.3 Pakett 3 profiil.....	28

Piltide loetelu

Pilt 1.1 Hoone välisfassaad	9
Pilt 1.2 Keldri olemasolev olukord	10
Pilt 2.1 Hoone sein	16

Tabelite loetelu

Tabel 2.1 Olemasoleva olukorra tasakaalutemperatuur 2012 aastal	20
Tabel 2.2 Olemasoleva olukorra tasakaalutemperatuur normaalaastal	20
Tabel 2.3 Olemasoleva olukorra piirdetarindite soojuskaod.....	21
Tabel 3.1 Pakett 1 arvutuslikud erisoojuskaod.....	23
Tabel 3.2 Hoone tasakaalutemperatuur pakett 1 korral.....	23
Tabel 3.3 Pakett 1 tasuvusarvutused	24
Tabel 3.4 Pakett 2 arvutuslikud erisoojuskaod.....	26
Tabel 3.5 Hoone tasakaalutemperatuur pakett 2 korral.....	26
Tabel 3.6 Pakett 2 tasuvusarvutused	27
Tabel 3.7 Pakett 3 arvutuslikud erisoojuskaod.....	29
Tabel 3.8 Hoone tasakaalutemperatuur pakett 3 korral.....	29
Tabel 3.9 Pakett 3 tasuvusarvutused	30

LISAD

LISA 1 Hoone plaanid Tallinna Linnaarhiivist

Eessõna

Lõputöö teema tekkis minu algatusel. Elan Tallinnas Kesklinna linnaosas suhteliselt kehvasti soojustatud majas. Korterühistul on olnud pikemat aega plaanis hoone rekonstrueerimistööd läbi viia. Arutelus on olnud erinevad võimalikud variandid. Kõige mõistlikuma lahenduse leidmiseks on vajalik teha tasuvusanalüüs. Ajendiks saidki praktiline vajadus ning soov auditise koostada. Hoone andmed sain maja elanikelt ning Tallinna Linnaarhiivist. Konsultatsioonidega aitasid vanemteadur PhD Siim Link ja dotsent Aleksandr Hlebnikov. Siinkohal tahan tänada Teid lõputöö valmimisele kaasa aitamisel.

SISSEJUHATUS

Töö käsitleb Tallinnas Kauna tänav 2 asuvat korterelamut. Korterühistul on plaanis lähiajal hakata hoonet rekonstueerima. Korterites on väga kõrged küttearved ning kõige vajalikum on hoone välisfassaadi vahetus ning selle soojustamine. Teiseks probleemiks on soojustamata keldri lagi põhjustades suuri soojuskadusid. Halvas seisukorras on ka välisuks ning keldriuks. Viimased suurendavad oluliselt õhuvahetusest tingitud soojuskadusid. Hoone rekonstrueerimiseks on Tallinna Linnaplaneerimisametist taodeldud projekteerimistingimused. Kuna maja asub miljöövärtuslikus piirkonnas, on renoveerimisel mitmed ettekirjutused, et säilitada ajalooline ilme. Hoone välisfassaadiks peab paigaldama laudvoodri. Kivitrepikeja väljastpoolt soojustamine või värvimine ei ole lubatud. Soojustuse ning laudise paksus võib olla maksimaalselt 12 cm, et hoone proportsioonid jääksid samaks. Antud töö eesmärgiks on välja uurida võimalikud lahendused maja soojustamiseks, leida nende ligikaudne investeeringu maht, teha vastavad soojusbilansid ning välja tuua kõige väiksema tasuvusajaga rekonstrueerimispakett.

1. KORTERELAMU KIRJELDUS

1.1 Üldkirjeldus

Korterelamu asub Harjumaal Tallinna linnas Kesklinna linnaosas aadressil Kauna tänav 2. Hoone on ehitatud aastal 1929. Ehitusalune pind on 159 m². Kandvad seinad ning vaheseinad on hoonel puidust. Ametlikult on hoone välisfassaadiks laudvooder, kuid Nõukogude Liidu ajal on see välja vahetatud ning välispind on krohvitud. Maja peasissepääs asub Kauna tänaval, mis viib koridori ning teine sissepääs asub maja vastaspoolel, kust pääseb hoone keldrikorrusele. Hoonel on kaks korrust, kus asuvad elamispinnad. Majas on 7 korterit, millest üks laieneb edasi ka pööningule.



Joonis 1.1 Hoone asukoht kaardil koos katastripiiridega
(Geodeetalus on Maa-ameti Geoportaalist http://geoportaal.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&act=sitemap)

1.2 Hoone sise-ja välisviimistlus

Hoone sokkel on ehitatud paekivist. Sokli aknad on katkised ning kaetud vineeriga. Laed ja põrandad on raudbetoonist, mille paksuseks on 300mm. Keldri ning esimese korruse vahelisel betoonlael puudub korralik soojustus. Välisuste ning ukseraamide vahel on deformatsioonidest tekkinud pilud. Piludest puhub suhteliselt palju õhku läbi nii koridori kui keldrisse. Hoone välisseinad on ehitatud palkidest, mille paksus on 150mm. Palkidele on paigaldatud 60mm TEP-plaati ehk fibroliiti ning plaadi pind on krohvitud. Fibroliit on sideainega kaetud puitvilla või puidulaastude kokkupressimisel saadud plaatmaterjal. Välisseinal on mitmeid kahjustusi ning pealmised kihid on kohati maha pudenenud. Aknad on korteritel mõõtmetelt samad, kuid osadel korteritel on originaalaknad (kahekordsed puitaknad) välja vahetatud plastikakende (U-väärtus 1,4) vastu. Olemasolevad puitaknad (U-väärtus 1,6) on hästi säilinud ja heas seisukorras ning neid ei ole plaanis tööde käigus vahetada. Katus on uus, mis paigaldati mõni aasta tagasi. Tegemist on valtsplekk-katusega. Tänapäevaks on katus kivivillaga soojustatud.



Pilt 1.1 Hoone välisfassaad



Pilt 1.2 Keldri olemasolev olukord

1.3 Korterimaja küte

Kolm korterit majas on elektriküttega ning ülejäänud neli gaasiküttega. Kahes korteris on paralleelselt võimalik kütta puudega ahju. Sellest tuleb kindlasti mõningaid ebatäpsusi arvutustes, sest puuduvad kindlad andmed, kui palju puudega juurde köetakse. Eeskujuks saab võtta sarnase asetusega ning samal korrusel olevad korterid, kus puudub ahjuga kütmise võimalus. Nii saab välja arvestada ligikaudse juurde kütmise puuduga. Korterimaja mõõdetud soojustarve on 71,25 MWh aastas. Eesti Energia müüb elektrit kõige odavama paketi 6,04 senti/kWh.[8] Eesti Gaasi kodulehel oleva hinnakirja alusel on 1. Oktoobrist 2013 kehtestatud

uued hinnad, mis olenevad maagaasi tarbimisest aastas. Kõikide korterite gaasihind langeb samasse kategooriasse (üle 750 m³ kuni 100 tuh. m³), kus hind on 0,4224 EUR/m³, millele lisandub võrguteenuse hind 0,03924EUR/m³ ning maagaasiaktsiis 0,02814 EUR/m³. Gaasi kuupmeetri hinnaks on kokku 0,49 EUR/m³. Hoone üldgaasitarve on 4864 m³, millest tulenev maksumus on $4864(\text{m}^3) \cdot 0,49(\text{EUR}/\text{m}^3) = 2383 \text{ EUR}$. Aastas küttele kasutatav elekter maksab $30500 \text{ kWh} \cdot 0,0604 \text{ (EUR/kWh)} = 1837 \text{ EUR}$. Kokku kulub kütmise peale $2383 + 1837 = 4220 \text{ EUR}$. Arvestades hoone soojustarvet ning maksumust saame MWh sooja hinnaks $4220/71,25 = 60 \text{ EUR/MWh}$, mida kasutatakse edaspidi majandusarvutustes.[9]

2. SOOJUSKADUDE ARVUTAMINE

2.1 Hoone soojusbilanss

Hoone soojusbilanss näitab sisenevaid ja väljuvaid soojusvoogusid. Selleks, et hoone temperatuur püsiks konstantsena, peab bilanss olema tasakaalus - soojuskaod võrduvad siseneva soojusega. Hoonesse sisenevad soojusvood jagunevad kaheks –

1. vabasoojus

2. küttesoojus

Vabasoojuse alla kuuluvad soojusvood, mis eralduvad hoones paratamatult erinevate tegurite mõjul.

Hoonest väljuvad soojusvood jagunevad kolmeks:

1) soojuskaod läbi välispiirete

2) sooja veega väljuvad soojusvood

3) ventilatsioonisojuskaod

Välistemperatuuri langemisel suurenevad oluliselt ventilatsiooni ning välispiirete soojuskaod.

Kadude tasakaalustamiseks on vajalik küttekoormuse tõstmine.

2.2 Kraadpäevad

Hoone aastase soojustarbe määrab ära kütteperioodi pikkus ning välisõhu temperatuurid. Kõik kütteperioodid erinevad üksteisest ning seetõttu on keeruline prognoosida, kui suured on soojuskaod kindlatel aastatel. Kütteperioodi iseloomustamiseks on kasutatakse kraadpäevasid, mis sõltuvad kütteperioodi pikkusest ning temperatuuride erinevusest toas ja õues. Üks kraadpäev näitab keskmist ühe kraadi erinevust sisetemperatuuri ja välistemperatuuri vahel ööpäeva jooksul. [5] Näiteks ööpäeva keskmine välisõhu temperatuur on 5 kraadi ja hoone sisetemperatuuriks on 17, siis 24 tunni jooksul on arvutuslik kraadpäevade arv $17-5=12$ kraadpäeva. Kuigi eluruumides ei ole temperatuur 17 kraadi, võetakse arvutustesse selline arv. Tegelik temperatuur on 20-21 C. Madalama sisetemperatuuri kasutamine on tingitud vabasoojusest. Hoonete vabasoojus on soojus, mis eraldub nii inimestelt, lemmikloomadelt, päikeselt, sooja vee tarbimisest ning elektriseadmetelt. See tõstab ruumide temperatuuri keskmiselt 3-4 kraadi olenevalt hoone isolatsioonist ning vabasoojuses hulgast. Temperatuuri, millest normaalse toatemperatuurini kütmiseks piisab vabasoojusest, nimetatakse tasakaalutemperatuuriks. Parem soojustus ning suurem vabasoojus alandavad tasakaalutemperatuuri. Selleks, et arvutada kindla aasta küttevajadust, on Kredexi kodulehel olemas möödunud aastate kraadpäevade arvud erinevatel tasakaalutemperatuuridel. Prognooside tegemiseks investeringu tasuvusaja määramisel saab kasutada samalt lehelt leitava normaalaasta kraadpäevade hulka. Normaalaasta kraadpäevad iseloomustavad piirkonna keskmist kütteperioodi.[5]

2.3 Vabasoojuse arvestamine

2.3.1 Päikeseenergia

Päikeselt eralduva vabasoojuse arvestamine on suhteliselt keeruline. Seda mõjutavad geograafiline asukoht, ilmastik ja ümbritsevad objektid. Järgnevalt on välja toodud Eestis 1970-2000 aastatel mõõdetud keskmine soojuskiirus maja seinale kuude lõikes. Talvekuudel on vabasoojuse hulk ruutmeetri kohta oluliselt väiksem kui suvel. Samuti on näha, et lõunapoolsel seinal on vähemalt kaks korda suurem soojuse eraldumine kui põhjapoolsel seinal.

	Välisõhu temperatuur	Summaarne päikese kiirguse kuu summad (kWh/m ² *kuu)					Kastepunkti temperatuur
		põhjasein	idasein	lõunasein	läänesein	horisontaalpind	
JAAN.	-3,0	9	11	19	11	12	-4,5
VEEBR.	-5,2	20	25	41	27	29	-6,7
MÄRTS	-0,2	35	58	95	61	74	-3,9
APRILL	4,0	37	58	71	55	88	0,3
MAI	11,2	59	96	98	89	152	5,8
JUUNI	14,1	71	104	99	98	167	9,3
JUULI	17,3	70	111	109	105	175	13,3
AUGUST	15,7	49	84	99	82	131	12,4
SEPT.	10,8	31	51	72	49	75	7,9
OKT.	5,8	15	24	45	24	35	3,7
NOV.	-0,1	7	10	22	10	13	-1,4
DET S.	-2,5	4	6	18	8	7	-4,5



University of Tartu, Energy Efficient Building Core Lab

Active Through Passive! Training course
Valga, Estonia

Allikas: Tartu Ülikooli lektor Jaanus Hallik „Passiivmajade energiaarvutuste vahendid ja meetodid“

Kütteperioodi keskmine soojuseraldus:

Põhi-13,17 kWh/m²

Lõuna- 46 kWh/m²

Ida -30,4kWh/m²

Lääs-30,4kWh/m²

Seinade pindalad:

Põhi-77,6 m²

Lõuna-77,6m²

Ida- 49,9m²

Lääs-49,9m²

Kütteperioodil päikeseenergiast hoonele eralduv vabasoojus:

13,17*77,6+46*77,6+30,4*49,9+30,4*49,9=7622,5 kWh/a=**7,6 MWh aastas.**

2.3.2 Sooja tarbevee vabasoojus

Hoone aastane veetarve on $191,5 \text{ m}^3$. Eesti projekteerimismid näevad ette sooja tarbevee temperatuuriks $55 \text{ }^\circ\text{C}$ [3]. Kogu hoone sooja vee tarbimise saab välja arvutada valemiga

$$Q_{sv} = G_{sv} * c_p * (t_{sv} - t_{kv}) = 191,5 * 1000 * 0,001166 * (55 - 5) = 11170 \text{ kWh/a} = 11,17 \text{ MWh/a} \quad (2.1)$$

kus

G-sooja vee kulu (l/a)

C_p-vee erisoojus ($4200 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,0011667 \text{ kWh/(kg}^\circ\text{C)}$)

t_{sv}-soe tarbevesi ($^\circ\text{C}$)

t_{kv}-külma vee temperatuur($^\circ\text{C}$)

Kütteperioodil on külma vee temperatuur keskmiselt $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Hoone sooja vee kütmiseks kulub aastas keskmiselt $11,17 \text{ MWh/a}$. Vabasoojuseks eraldub soojast veest 10% . Kadu toimub nii läbi soojavee boilerite kui ka vee kasutamisel ümbritsevasse keskkonda. Vee vabasoojuseks võib arvestada $1,1 \text{ MWh/a}$. [3]

2.3.3 Inimestelt eralduv vabasoojus

Sõltuvalt hoonet tüübist erineb nende kasutustundide arv päevas ning kasutuspäevade arv nädalas. Hoone kasutusaste on keskmine inimese viibimine kasutusaja jooksul. Korterelamute kasutusaste standardi järgi on $0,6$. Tavaolekus inimestelt eralduv vabasoojus on keskmiselt 3 W/m^2 . Vabasoojus arvutatakse valemiga: [10]

$$Q = k * P * \frac{t_d}{24} * \frac{t_w}{7} * \frac{6552}{1000000} * S \quad (2.2)$$

kus

Q- vabasoojuse hulk (MWh)

k- Hoone kasutusaste

t_d- hoone kasutustundide arv ööpäevas

t_w- hoone kasutuspäevade arv nädalas

S- eluruumide pindala (m^2)

Arvutuslik vabasoojus inimestelt on $1,56 \text{ MWh/a}$

2.3.4 Seadmete vabasoojus

Elektriseadmete tööst eraldub enamus võimsusest soojusena. Seega võib arvestada suvekuude keskmise elektritarbimise kuu keskmiseks vabasoojuse eraldumiseks, millest on vaja maha arvutada sooja vee energiakulu. Sama saab teha ka gaasitarvititega, millel tuleb võtta arvesse keskmist kasutegurit 90%.

Seadmete arvutuslik vabasoojus on kogutud andmete põhjal 3,37 MWh/a.

Kogu vabasoojuse saamiseks on vajalik liita kõik vabasoojusekomponendid kokku ning tulemuseks on $7,6+1,1+3,37+1,56=13,65$ MWh/a.

Vabasoojuse eraldumine jääb konstantseks ka peale renoveerimispakettide rakendamist.

2.3.5 Olemasoleva piirdetarindi soojuskadude arvutus

Hoone piirdetarindi soojuskaod sõltuvad seinas olevate materjalide isolatsiooniomadustest ja pindalast. Materjalide soojusjuhtivus on määratud soojusjuhtivusteguriga λ , mille SI ühikuks on $W/m \cdot K$. Parematel isolatsioonimaterjalidel on soojusjuhtivustegur väiksem. Materjali paksuse ning soojusjuhtivusteguriga arvutatakse tarindi termiline takistus, mille ühikuks on $(m^2 \cdot K)/W$. Termilist takistust arvutatakse järgmise valemiga:

$$R = \delta / \lambda \quad (2.3)$$

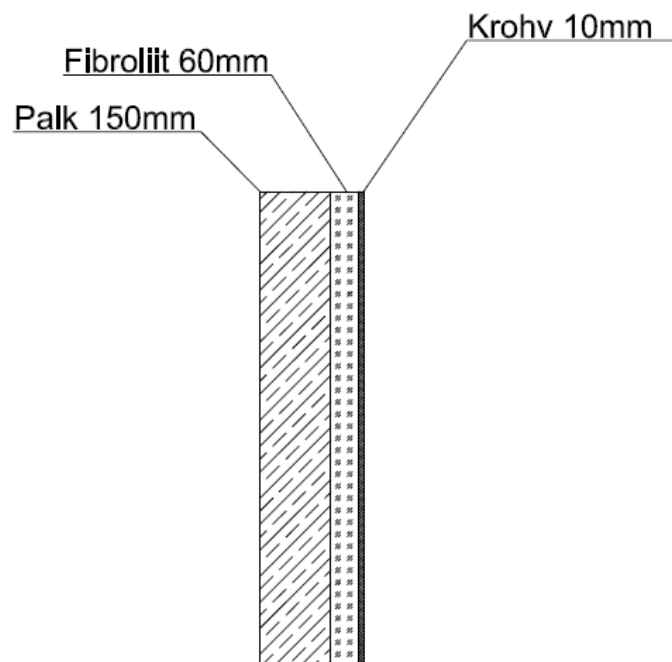
kus

δ - materjali paksus m;

λ - materjali soojusjuhtivustegur $W/(m \cdot K)$.

Piirde soojuslähikandetegur ehk U-väärtus on termilise takistuse pöördväärtus. U-väärtus näitab mitu vatti liigub läbi piirde ühe ruutmeetri, kui temperatuur piirde eri pooltel erineb üks kraad.

$$U = 1/R \quad (W/m^2 \cdot K)[3]$$



Joonis 2.1 Olemasoleva seina profiil



Pilt 2.1 Hoone sein

Välisseinte termiline takistus ja soojuslähikandetegur (U-väärtus):

Palk:

$$\delta=150\text{mm}$$

$$\lambda=0,13 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$R=\frac{150/1000}{0,13}=1,1539 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U\text{-väärtus}=1/R$$

$$U\text{-väärtus}=1/1,1539=0,8666 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Fibroliid:

$$\delta=60\text{mm}$$

$$\lambda=0,16 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$R=0,375 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U\text{-väärtus}=2,667 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Krohviikt:

$$\delta=10\text{mm}$$

$$\lambda=0,25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$R=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U\text{-väärtus}=25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Välisseina kogu termiline takistus on $\Sigma R=R_1+R_2+R_3= 1,57 \text{ m}^2\text{K/W}$

Välisseina summaarne U-väärtus on $\Sigma U\text{-arv}= 1/1,57=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$

Hoone seinte erisoojuskaod: $\Sigma U\cdot\Sigma A$, kus ΣA on antud ehitusega tarindi pindala.

Seinte erisoojuskaod on 152,11 W/C.

Hinnangulised soojuskaod läbi piirdetarindi arvutatakse valemiga:

$$Q = \sum [A_i U_{\text{piirdetarind},i}] * KRP * 24 * 10^{-6} = \sum [A_i U_{\text{piirdetarind},i}] * KRT * 10^{-6} \text{ Wh/a} \quad (2.4)$$

kus

A_i on sama ehitusega seinapindala (m^2)

$U_{\text{piirdetarind}}$ on piirdetarindi arvutatud U väärtus ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

KRP on kraadpäevade arv aastas

KRT on kraadtundide arv aastas

Kredexi andmetel on vana tüüp renoveerimata kortermajadel tasakaalutemperatuuriks $17\text{ }^\circ\text{C}$ kuni $18\text{ }^\circ\text{C}$. Esialgsed arvutused on tehtud $17\text{ }^\circ\text{C}$ juures ning vastavalt sellele on valitud kraadpäevade arv. Välispiirete summaarne erisoojuskadu on 520 W/K . [3]

2.3.6 Ventilatsiooni soojuskoormus

Lisaks hoone piirdetarindite soojuskoormusele on majal ka ventilatsioonist tingitud soojuskaod. Sinna hulka kuulub ettenähtud ventilatsioon parema sisekliima tagamiseks ning õhuvahetus läbi välispiirete kahjustuste. Antud hoone puhul on suhteliselt raske õhuvahetusest tingitud kadu arvutada, sest õhuvahetuse hulk pole teada. Õhuvahetuse hulga saab välja arvutada mõõdetud ning arvutuslike soojuskadude vahega. Teades õhu tihedust ja erisoojust ning hoone küttekoormust, saab hoone õhukulu arvutada. Õhukulu muutudes muutuvad ka hoone ventilatsiooni erisoojuskadu ning kogu hoone erisoojuskadu. Täpsema tulemuse saamiseks on vaja arvutusi korrata kuni tasakaalutemperatuur jääb samaks. Lõplikult tasakaalutemperatuuriks kujunes arvutustes $17,8\text{ }^\circ\text{C}$. Arvutused on toodud järgnevatel lehtedel.

Valemid tasakaalutemperatuuri avutamiseks:

Piirdetarindite erisoojuskaod:

$$\Sigma U_i \cdot A_i \quad (2.5)$$

Palkseina erisoojuskaod

$$U_{\text{palk}} \cdot A_{\text{palk}} = 238 \text{ m}^2 \cdot 0,64 \text{ W/m}^2\text{C} = 152 \text{ W/C} [2]$$

kus

U- piirdetarindi U-väärtus (W/m²K)

A-Piirdetarindi pindala (m²)

Õhuvahetuse erisoojuskaod:

$$L \cdot \rho \cdot c = 0,022 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,005 \text{ J/kgK} = 0,0269 \text{ kW/K} [2] \quad (2.6)$$

kus

L-õhukulu (m³/s)

ρ- õhu tihedus (kg/m³)

c- õhu erisoojus (J/kgK)

$$\text{Arvestuslik vabasoojus } Q_{\text{vs}} = 0,65 \cdot q_{\text{vs}} \cdot A_{\text{kõetav pind}} = 0,65 \cdot 38,52 \cdot 3 \cdot 105 = 7888,9 \text{ kWh/a} [2] \quad (2.7)$$

kus q_{vs} -kogu vabasoojus (kWh/m²a)

$$\text{Keskmine vabasoojuskooormus: } \Phi_{\text{vs}} = Q_{\text{vs}}/6552 = 7888,9/6552 = 1,2 \text{ kW} [2] \quad (2.8)$$

$$\text{Temperatuuri tõus vabasoojuse arvelt: } \Delta t_{\text{vs}} = \Phi_{\text{vs}}/H = 1,2/0,547 = 2,2 \text{ }^\circ\text{C} [2] \quad (2.9)$$

kus H-hoone erisoojuskadu (kW/°C)

$$\text{Tasakaalutemperatuur: } t_s - \Delta t_{\text{vs}} = 20 - 2,2 = 17,8 \text{ }^\circ\text{C} [2]$$

2012 Aasta kraadpäevade põhjal arvutatud aastane küttevajadus ja tasakaalutemperatuur:

Olemasolev olukord		
Välispiirete erisoojuskadu	520,3	W/K
Õhukulu	0,022	m ³ /s
Õhu erisoojus	1005	J/(kgK)
Õhu tihedus	1,2	kg/m ³
Ventilatsiooni erisoojuskadu	0,0269	kW/K
Kraadpäevade arv	4565,2	KP
Tunde päevas	24	h/P
Hoone erisoojuskaod	0,547	kW/C
Kogu vabasoosus	38,52	kWh/(m ² a)
Utilisatsioonitegur	0,65	
Vabasoosus, Qvs	7888,86	kWh/a
Keskm. Vabasoosuskoormus	1,20	kW
Temp tõus vabasoosuse arvelt, Δts	2,2	C
Keskmine siseõhutemperatuur	20	
Tasakaalutemperatuur	17,8	C
Aastane küttevajadus	59,96	MWh/a

Tabel 2.1 Olemasoleva olukorra tasakaalutemperatuur 2012 aastal

Kogutud andmete põhjal sai välja arvutada õhukulu. Järgmiseks on vajalik teada normaalaasta küttevajadust. Eelnevalt saadud õhukulu jääb arvutustes samaks, muutub ainult aasta kraadpäevade arv. 2012 Aasta ning normaalaasta küttevajaduse erinevuseks on 1,39 MWh/a.

Olemasoleva olukorra küttevajadus viidud normaalaastale:

Olemasolev olukord		
Välispiirete erisoojuskadu	520,3	kW/K
Õhukulu	0,022	m ³ /s
Õhu erisoojus	1005	J/(kgK)
Õhu tihedus	1,2	kg/m ³
Ventilatsiooni erisoojuskadu	0,0269	kW/K
Kraadpäevade arv	4459,4	KP
Tunde päevas	24	h/P
Kogu vabasoosus	38,52	kWh/(m ² a)
Utilisatsioonitegur	0,65	
Vabasoosus, Qvs	7888,8	kWh/a
Keskm. Vabasoosuskoormus	1,20	kW
Temp tõus vabasoosuse arvelt, Δts	2,2	C
Keskmine siseõhutemperatuur	20	
Tasakaalutemperatuur	17,8	C
Aastane küttevajadus	58,57	MWh/a

Tabel 2.2 Olemasoleva olukorra tasakaalutemperatuur normaalaastal

Teades piirete U-väärtusi ning pindalasiid, saab välja arvutada soojuskaod kasutades valemit (2.3). Selleks, et võrrelda keskmisi kadusid enne ning pärast rekonstrueerimist, on vajalik arvestada normaalaasta kraadpäevade hulka ning tasakaalutemperatuuri. Järgnev tabel arvestab kadusid normaalaastal.

Olemasoleva olukorra piirdetarindite soojuskaod:

				Enne renoveerimist t _B =17,80
Piirdetarind	Olukorra kirjeldus, puudused	pindala, m ²	Erisoojuskaod, W/C	Hinnangulised soojuskaod MWh/a
Välisseinad	Vähene soojustus	238,6	152,11	16,67
Vanad aknad	kahekordsed puitaknad	19,0	30,43	3,33
Uued aknad	plastikaknad	22,5	31,47	3,45
Vintskop		7,2	4,62	0,51
Välisuks		3,3	8,58	0,94
Katus	Soojustatud	298,4	47,75	5,23
Trepikoda		36,8	105,00	11,50
Keldri lagi	Soojustamata	105,3	140,40	15,38

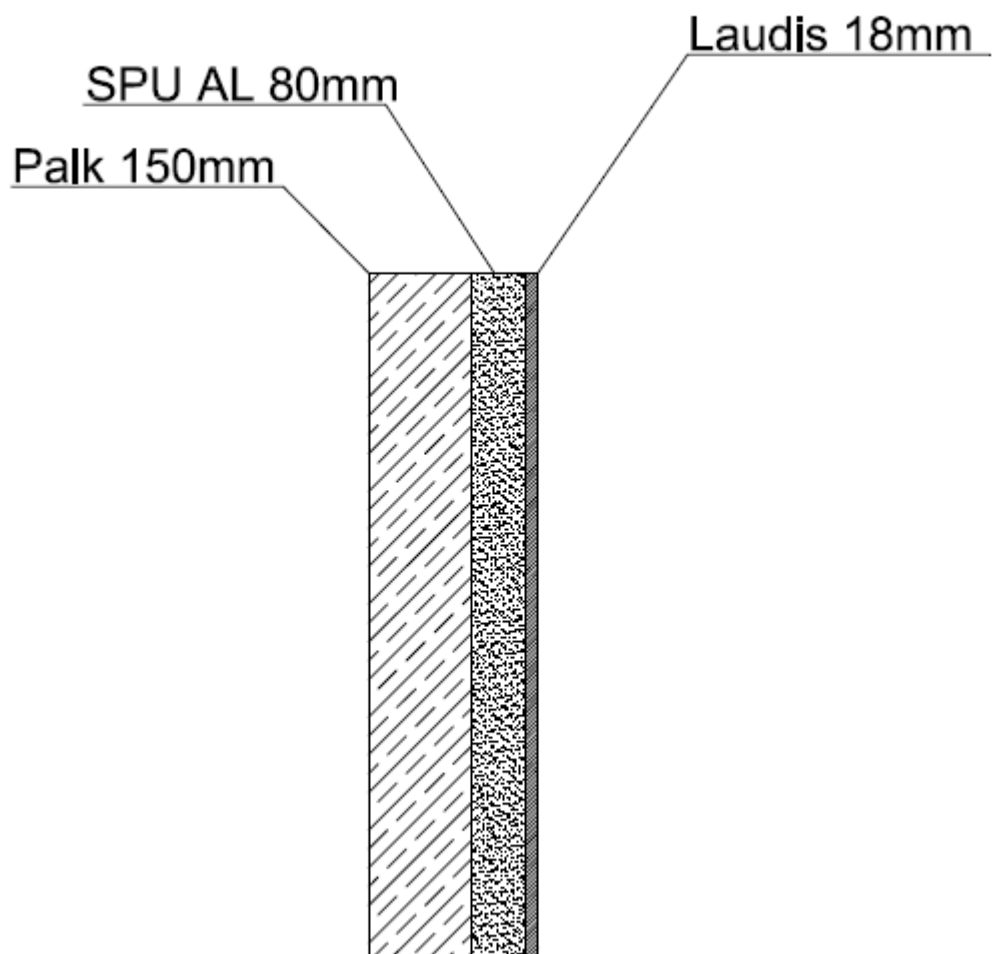
Tabel 2.3 Olemasoleva olukorra piirdetarindite soojuskaod

Selleks, et leida rekonstrueerimistöödest saavutatav energiasääst, on vaja arvutada kasutatavate materjalide U-väärtused, vajalikud kraadpäevad ning uus tasakaalutemperatuur. Uus energiakadu läbi piirete tuleb oluliselt väiksem. Olemasoleva olukorra ning pärast parendusmeetmete rakendamist esineva soojuskaod vahe ongi energiasääst.

3. ERINEVAD RENOVEERIMISVÕIMALUSED

3.1 Pakett 1

Kuna hoonel soojustamisel on seatud piirangud, siis on vaja seinu paigaldada võimalikult soojapidavad materjalid. Kõige parema soojusjuhtivusteguriga ($\lambda=0,023\text{W/m}\cdot\text{K}$) soojustusmaterjaliks on Soome ettevõtte SPU OY toodetavad polüuretaanist SPU AL plaadid, mille eeliseks on ka suhteliselt madalad paigaldamiskulud võrreldes klassikaliste mineraalvilladega. Plaate on võimalik väga kiiresti käepäraste vahenditega paigaldada ning eraldi tuuletõkkekihhi lisamine pole vajalik. Kõige suurem vastuargument on toote hind, mis algab 24 EUR/m²-st. SPU plaatide peale on projekteerimistingimuste alusel vaja paigaldada laudvooder. Keldri lakke paigaldada 100mm EPS vahtplasti (hind 5,57 EUR/m²). Erinevate tööde hinnad on võetud ettevõtete näidishinnapakumistest.[6]



Joonis 3.1 Pakett 1 profiil

Pakett 1 arvutuslikud erisoojuskaod:

							Erisoojuskaod, W/C
Pakett 1	Materjal	Paksus, mm	$\lambda, \text{W/mK}$	R, m ² K/W	U-arv, W/m ² K	Palksein	50,02
Välissein:	Palk	150	0,13	1,15	0,87	Vanad aknad	30,43
	soojustus SPU AL	80	0,02	3,48	0,29	Uued aknad	31,47
	laudis	18	0,13	0,14	7,22	Vintskop	1,52
	Σ			4,77	0,21	Välisuks	3,30
						Katus	47,75
Keldri lagi:	EPS plaat	100	0,03	3,13	0,32	Trepikoda	105,00
	Betoon	300	0,80	0,75	1,33	Keldri lagi	13,59
	Σ			3,88	0,13	Σ	283,07

Tabel 3.1 Pakett 1 arvutuslikud erisoojuskaod

Hoone tasakaalutemperatuur Pakett 1 korral:

Pakett 1		
Välispiirete erisoojuskadu	0,283	kW/K
Õhukulu	0,0223	m ³ /s
Õhu erisoojus	1005	J/(kgK)
Õhu tihedus	1,2	kg/m ³
Ventilatsiooni erisoojuskadu	0,0269	kW/K
Kraadpäevade arv	3924,8	KP
Tunde päevas	24	h/P
Kogu vabasoojus	38,52	kWh/(m ² a)
Utilisatsioonitegur	0,65	
Vabasoojus, Q _{vs}	7888,9	kWh/a
Keskm. Vabasoojuskooormus	1,20	kW
Temp tõus vabasoojuse arvelt, Δt_s	3,88	°C
Keskmine siseõhutemperatuur	20	°C
Tasakaalutemperatuur	16,11	°C
Aastane küttevajadus	29,20	MWh/a

Tabel 3.2 Hoone tasakaalutemperatuur pakett 1 korral

Teades saavutatavat energiasäästu ning kütte keskmist hinda, saab välja arvutada lihttasuvusaja aastates. Lihttasuvusaeg näitab, kui kiiresti teenitakse säästudega algselt töödese investeeritud raha tagasi. Antud juhul on mõistlik arvutada lihttasuvusaeg arvestamata intressikuludid, sest hetkel pole teada, kuidas toimub tööde rahastamine. Lihttasuvusaja põhjal saab langetada otsuse, milline lahendus on parim. Kõige lühema tasuvusajaga lahendus on üldjuhul kõige targem valik.

Pakett 1 tasuvusarvutused:

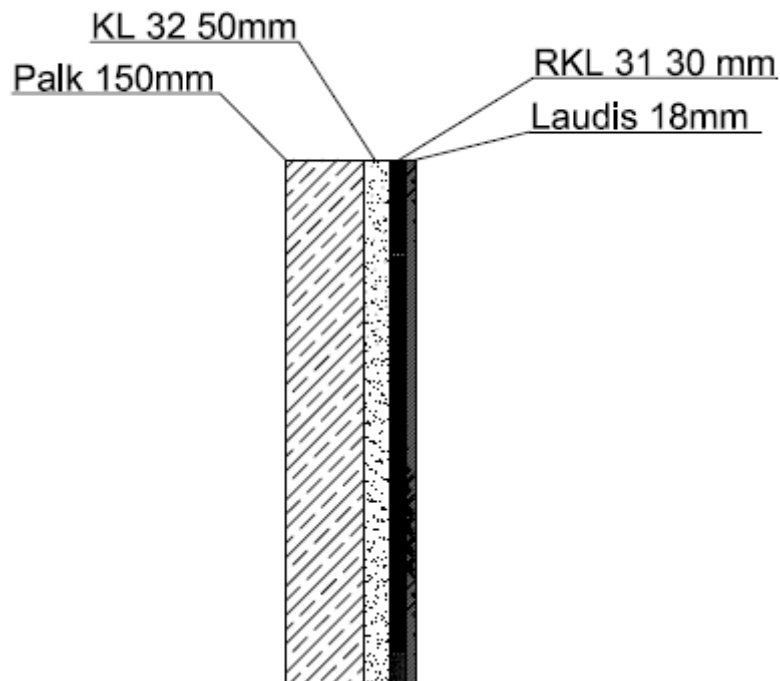
Tasakaalutemperatuur = 16,1 °C

Pakett 1	Parandusmeetmed	Arvutuslikud erisoojuskaod, W/C	Hinnangulised soojuskaod, MWh/a	Energiasääst, MWh/a	Investeeringu maksumus, EUR	Raha sääst, EUR	Tasuvusaeg, a
Välisseinad	SPU AL 80mm+ laudis	50,02	4,71	11,95	15996,1	768,44	20,8
Vanad aknad	-	30,43	2,87	0,47	1851,0	30,06	
Uued aknad	-	31,47	2,96	0,48	1611,0	31,09	
Vintskop	SPU AL 80mm+ laudis	1,52	0,14	0,36	492,2	23,34	21,1
Katus	-	47,75	4,50	0,73	-	47,17	
Trepikoda	-	105,00	9,89	1,61	-	103,74	
Keldri lagi	Soojustada EPS plaadiga 100mm	13,59	1,28	14,10	1431,1	906,63	1,6
Σ		279,77	26,35	29,72	25657,7	1910,48	13,4

Tabel 3.3 Pakett 1 tasuvusarvutused

3.2 Pakett 2

Teises pakettis on vaadeldud olukorda, kus sein paigaldatakse mineraalvill Isover KL 32 paksusega 50 mm (hind 3,9 EUR/m²). Villale tuleb lisada tuuletõkkeplaat RKL 31 30 mm (hind 5,8 EUR/m²). Peale paigaldada laudvooder. Keldri lakke paigaldada 100mm villa Isover 565 KL 37 (hind 3,90 EUR/m²). Võrreldes esimese paketiiga on antud lahendus küll kehvema soojapidavusega, kuid investeeringu maht on oluliselt väiksem. Paigalduskulud on suuremad, sest seinale on vaja kinnitada mitu kihti. Arvutused on tehtud analoogselt pakett 1-ga.[7]



Joonis 3.2 Pakett 2 profiil

Pakett 2 arvutuslikud erisoojuskaod:

Pakett 2		paksus, mm	λ , W/mK	R, m ² K/W	U-väärtus, W/m ² K		Erisoojuskaod , W/C
Välissein:	Palk	150	0,130	1,154	0,867	Palksein	62,43
	roov 50x50mm					Vanad aknad	30,43
	Soojustus roovide vahel Isovel KL 32	50	0,032	1,563	0,640	Uued aknad	31,47
	Tuuletõkkeplaat Isover RKL 31	30	0,031	0,968	1,033	Vintskop	1,90
	laudis	18	0,130	0,138	7,222	Välisuks	3,30
	Σ			3,823	0,262	Katus	47,75
Sokli lagi:	isover 565 kl37	100	0,037	2,703	0,370	Trepikoda	105,00
	betoon	300	1,6	0,750	1,333	Keldri lagi	15,25
	Σ			3,453	0,145	Σ	297,51

Tabel 3.4 Pakett 2 arvutuslikud erisoojuskaod

Hoone tasakaalutemperatuur pakett 2 korral:

Pakett 2		
Välispiirete erisoojuskadu	0,295	kW/K
Õhukulu	0,0223	m ³ /s
Õhu erisoojus	1005	J/(kgK)
Õhu tihedus	1,2	kg/m ³
Ventilatsiooni erisoojuskadu	0,0269	kW/K
Kraadpäevade arv	3957,6	KP
Tunde päevas	24	h/P
Kogu vabasoojus	38,52	kWh/(m ² a)
Utilisatsioonitegur	0,65	
Vabasoojus, Q _{vs}	7888,91	kWh/a
Keskm. Vabasoojuskoormus	1,20	kW
Temp tõus vabasoojuse arvelt, Δt_s	3,71	°C
Keskmine siseõhutemperatuur	20	°C
Tasakaalutemperatuur	16,28	°C
Aastane küttevajadus	30,81	MWh/a

Tabel 3.5 Hoone tasakaalutemperatuur pakett 2 korral

Pakett 2 tasuvusarvutused:

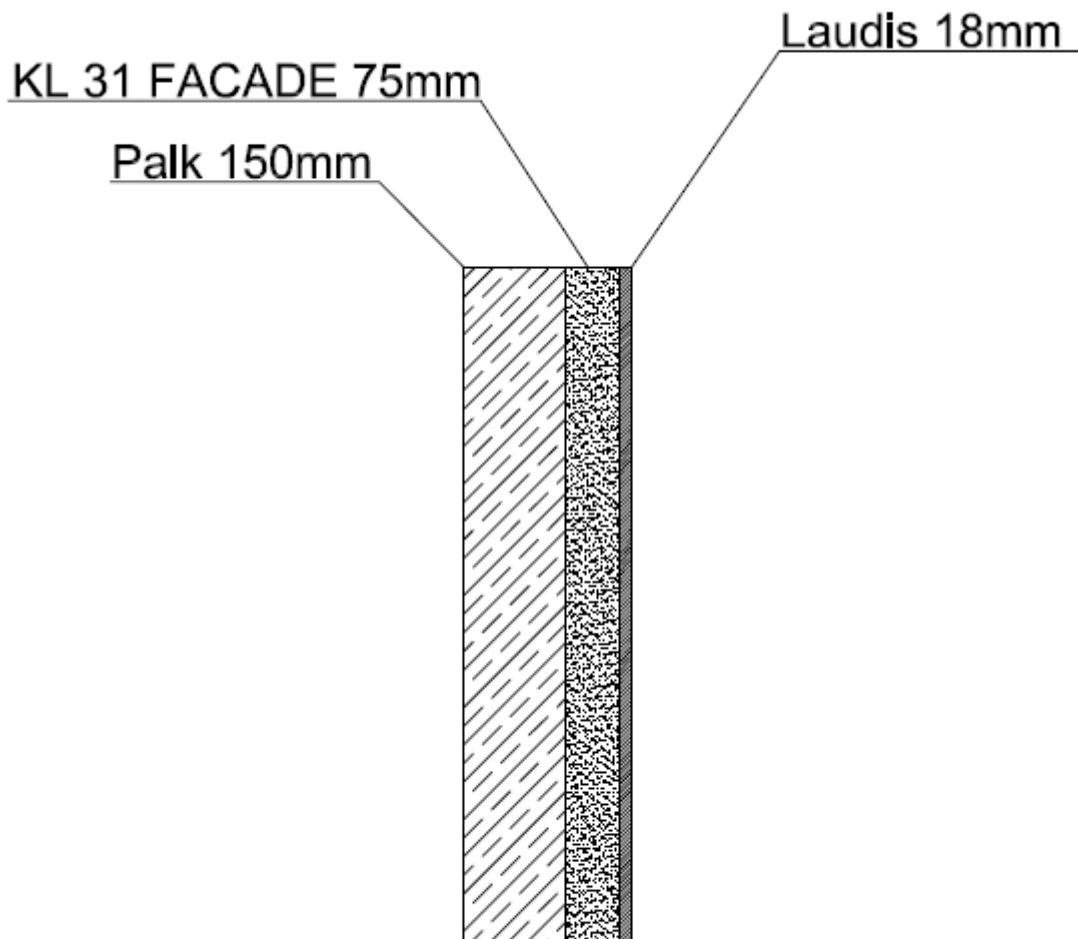
Tasakaalutemperatuur = 16,28 °C

Pakett 2	Parendusmeetmed	Arvutuslikud erisoojuskaod, W/C	Hinnangulised soojuskaod, MWh/a	Energiasääst, MWh/a	Investeeringu maksumus, EUR	Raha sääst, EUR	Tasuvusaeg, a
Välisseinad	Soojustus Isover KL32 50mm + tuuletõke RKL 31 30mm	62,43	5,93	10,74	12763,0	690,16	18,5
Vanad aknad	-	30,43	2,89	0,44	1851,0	28,53	
Uued aknad	-	31,47	2,99	0,46	1611,0	29,50	
Vintskop	Soojustus Isover KL32 50mm + tuuletõke RKL 31 30mm	1,90	0,18	0,33	340,7	20,96	16,3
Katus	-	47,75	4,53	0,70	-	44,76	
Trepikoda	-	105,00	9,97	1,53	-	98,43	
Keldri lagi	Soojustada Isover 565 KL 37 100mm	15,25	1,45	13,93	1002,0	895,79	1,1
Σ			27,95	28,13	21081,2	1808,12	11,7

Tabel 3.6 Pakett 2 tasuvusarvutused

3.3 Pakett 3

Kolmandasse paketti on lisatud sarnaselt esimesele ainult üks kiht soojustust. Isover KL 31 FACADE on hea soojapidavusega $\lambda=0,031$ soojustus- ja tuuletõkkeplaat. Plaatide paigaldamine on väikese töömahuga. Eraldi puitkarkassi ehitamine pole vajalik. Tuulutusvahe tagavad liistud, mis kinnitatakse soojustuse peale. Materjali hind on 10,80 EUR/m². Energiasääst fassaadilt on väga sarnane pakett 2-ga, kuid siin on oluline sääst paigalduskuludelt, mis muudab tasuvusaja lühemaks. Keldri lagi ning esimese korruse põrand soojustatakse.[7]



Joonis 3.3 Pakett 3 profiil

Pakett 3 arvutuslikud erisoojuskaod:

Pakett 3		paksus,mm	λ ,W/mK	R, m ² K/W	U- väärtus, W/m ² K		Erisoojuskaod, W/C
Välissein:	Palk	150	0,130	1,154	0,867	Palksein	64,29
	Soojustus Isover KL 31	75	0,031	2,419	0,413	Vanad aknad	30,43
	laudis	18	0,130	0,138	7,222	Uued aknad	31,47
	Σ			3,712	0,269	Vintskop	1,95
						Välisuks	3,30
Keldri lagi:	Penoplast	100	0,03	3,13	0,32	Katus	47,75
	betoon	300	1,6	0,750	1,333	Trepikoda	105,0
	isover 565 kl37	100	0,037	2,703	0,370	Keldri lagi	8,0
	Σ			6,578	0,076		292,2

Tabel 3.7 Pakett 3 arvutuslikud erisoojuskaod

Hoone tasakaalutemperatuur pakett 3 korral:

Pakett 3		
Välispiirete erisoojuskadu	0,29	kW/K
Õhukulu	0,0223	m ³ /s
Õhu erisoojus	1005	J/(kgK)
Õhu tihedus	1,2	kg/m ³
Ventilatsiooni erisoojuskadu	0,0269	kW/K
Kraadpäevade arv	3957,6	KP
Tunde päevas	24	h/P
Kogu vabasoosus	38,53	kWh/(m ² a)
Utilisatsioonitegur	0,65	
Vabasoosus, Q _{vs}	7888,91	kWh/a
Keskm. Vabasoosuskoormus	1,20	kW
Temp tõus vabasoosuse arvelt, Δt_s	3,77	°C
Keskmine siseõhutemperatuur	20	°C
Tasakaalutemperatuur	16,23	°C
Aastane küttevajadus	30,31	MWh/a

Tabel 3.8 Hoone tasakaalutemperatuur pakett 3 korral

Pakett 3 tasuvusarvutused:

Tasakaalutemperatuur= 16,23 °C

Pakett 3	Parendusmeetmed	Arvutuslikud erisoojuskaod, W/C	Hinnangulised soojuskaod, MWh/a	Energiasääst, MWh/a	Investeeringu maksumus, EUR	Raha sääst, EUR	Tasuvusaeg, a
Välisseinad	Soojustus Isover KL37 75mm	64,29	6,11	10,56	11935,4	678,77	17,6
Vanad aknad	-	30,43	2,89	0,44	1851,0	28,53	
Uued aknad	-	31,47	2,99	0,46	1611,0	29,50	
Vintskop	Soojustus Isover KL37 75mm	1,95	0,19	0,32	302,8	20,61	14,7
Katus	-	47,75	4,53	0,70	-	44,76	
Trepikoda	-	105,00	9,97	1,53	-	98,43	
Keldri lagi	Soojustada EPS plaadi ja villaga	8,00	0,76	14,62	2193,8	940,03	2,3
Σ			27,44	28,63	21472,8	1840,62	11,7

Tabel 3.9 Pakett 3 tasuvusarvutused

JÄRELDUSED JA KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli Kauna tänav 2 asuva korterelamu planeeritavate rekonstrueerimistöde tasuvusanalüüsi teostamine. Hoonele on pandud soojustamise osas piirangud Tallinna Linnaplaneerimisameti poolt ning antud töös on võrreldud erinevaid võimalusi selle teostamiseks. Ühe tingimusena ei tohi hoone trepikoja osa soojustada ega viimistleda väliselt. Teiseks tingimuseks on hoone ülejäänud osale laudvoodri paigaldamine nagu see oli algselt 1929 aastal. Kolmandaks piiranguks on määratud puitseinte peale paigaldatavate kihtide maksimaalseks paksuseks 12 cm, et hoone proportsioonid jääksid samaks.

Tasuvusanalüüsiks on vajalik teada soojusenergia hinda. Korterites on individuaalküte. Kasutusel on nii elektriküte kui ka gaasiküte. Hinna välja arutamiseks on võetud arvesse erinevate küteliikide osakaalud hoones. Arvutatud on välispiirete termilised takistused ning soojuslähikandetegurid, õhuvahetusest tingitud soojuskaod, sooja vee tarbele kuluv energia ning vabasoojuse eraldumine erinevatest allikatest.

Teine osa tööst koosneb võimalike soojustuslahenduste uurimisest. Esimeseks variandiks on fassaadi soojustamine turul suhteliselt uue tootega - Soome ettevõtte SPU OY toodetava polüuretaanist plaatidega. Eelisteks on klassikalise kivivilla ees oluliselt parem soojapidavus ning paigaldamise lihtsus, millega vähenevad paigaldamiskulud. Materjali puuduseks on väga kõrge hind. Teiseks lahenduseks töös on välja pakutud kivivilla ning tuuletõkkeplaadiga soojustamine. Eeliseks on kõige madalam materjali hind, kuid paigalduskulud on suuremad tulenevalt mitme kihi paigaldamise vajadusest. Kolmas lahendus näeb ette RKL-31 FACADE kombineeritud soojustus- ja tuuletõkkeplaadi paigaldust. Materjali hind on veidi kallim kui teise lahenduse puhul, kuid sellel lahendusel on samuti paigaldamiskulud oluliselt madalamad, sest seinale on vaja kinnitada ainult üks kiht. Lisaks keldri laele soojustatakse ka esimese korruse põrand.

Viimane osa tööst on tasuvusanalüüsi teostus. Arvutustest on näha, et kõige suurema energia- ja rahasäästu toob esimene lahendus, kuid kõrge alginvesteering põhjustab suhteliselt pika lihttasuvusaja. Teise lahenduse puhul on näha, et energiasääst ei ole küll nii suur kui esimese paketi puhul, kuid materjali odavama hinna tõttu on tasuvusaeg märgatavalt lühem. Kolmanda lahenduse arvutustes tuleb välja, et energiasääst välisseinte rekonstrueerimisel on sarnane

teise paketi omaga, kuid investeering on väiksem. Esimese korruse mõlemapoolse soojustamise tõttu tõuseb tasuvusaeg samuti 11,7 aasta peale.

Kokkuvõttes on välja pakutud variantidest kõige mõistlikum pakett 3, sest tasuvusaeg on madalam kui SPU soojustuse korral ning võrreldes 2 paketiga, mille tasuvusaeg on sama pikk, on energiasääst suurem ja pikemas perspektiivis kasulikum.

SUMMARY

The aim of the graduation work is to analyze different ways of reconstructing apartment building, which is located in Tallinn Kauna street 2. According to design criteria there are many restrictions. Exterior appearance must be restored with wooden facade as it was originally built in 1929. The external wall of staircase must remain the same with no insulation. To keep the proportions of house, the outer layers on log wall must not exceed twelve centimeters.

The price of heat is essential to perform feasibility calculations. The cost depends on heating used in apartments. Each apartment uses individual heating system. Some use electricity, others use natural gas. In this work there are calculated U-values, heat losses caused by ventilation and external walls, heat input of domestic water and free heat from different sources.

The second part of work consist of providing and analyzing possible ways to insulate the building. The first option is the insulation of the facade with a relatively new product on the market – polyurethane tiles produced by Finnish company OY SPU. Advantages of it compared to classic stone wool insulation are it's ease of installation which reduces installation cost and significantly better properties which ensures greater economy of energy and money. The disadvantage of the material is price, which is three times higher than the price of classical stone wool. Second solution in this work is stone wool with wind baffle boards. The advantage here is the lowest price of material, but the installation costs become larger due to the need for a multi-layered installation. Third solution for insulation is also quite new. Insulation and wind baffle boards are integrated. Material itself is a bit more expensive than these layers separately, but installation is easy which decreases investment noticeably.

The last part of this work is to perform feasibility calculations. The calculation tables show that the first solution achieves biggest decrease of heating losses, but initial investment leads to relatively long payoff period. Second resolution calculations show that the energy economy is not as good as it is on first option, but due to lower investment capacity the payback period

is much shorter. Third option has bigger investment than second but has also greater efficiency which makes the payback period the same.

In conclusion the third option out of provided is the most reasonable, because it pays off faster than SPU insulation. Though pay off period on second and third solution are exactly the same, third option is saving more energy. This makes it more beneficial in farther future.

KASUTATUD KIRJANDUS:

1. Jaanus Hallik „Passiivmajade energiaarvutuste vahendid ja meetodid“
2. Siim Link „Kommenteeritud ja täiendatud õppeaudit“
3. K.Ingermann „Soojusvarustussüsteemid“
4. Siim Link "Hoone energiaaudiitorite koolitus"
5. SA Kredex kodulehekülg <http://www.kredex.ee/>
6. SPU Insulation kodulehekülg <http://www.spu.ee/>
7. Isover kodulehekülg <http://www.isover.ee/>
8. Eesti Energia AS kodulehekülg <https://www.energia.ee/et/avaleht>
9. Eesti Gaas AS kodulehekülg <http://www.gaas.ee/>
10. Riigiteataja „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika“

TALLINNA-S, KESKELINNA RAJONIS,

RAUNA

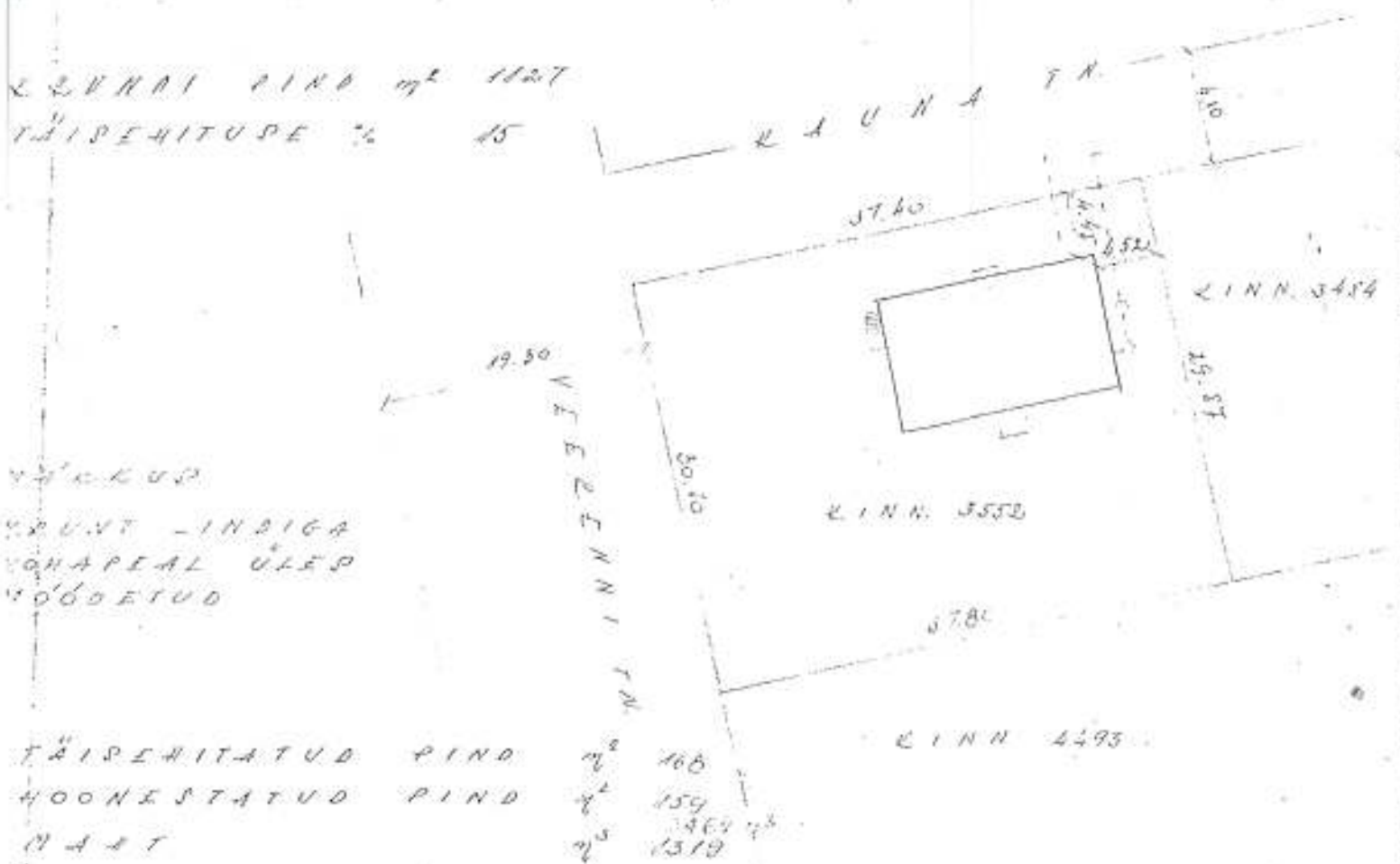
ASUVA MAJAVALDUSE PLaan

MAJAVALDUSE KOODPEIS: ÜLS RAHECOR-
RUPELINE PUIDUST ELAMU

ASENDI PLaan



ELURAI PIND m² 1127
TÄISEHITUSE % 15



YÄÄRKUP
KRUUNT - INDIGA
KONAPAL ÜLEP
KÕÕDETUD

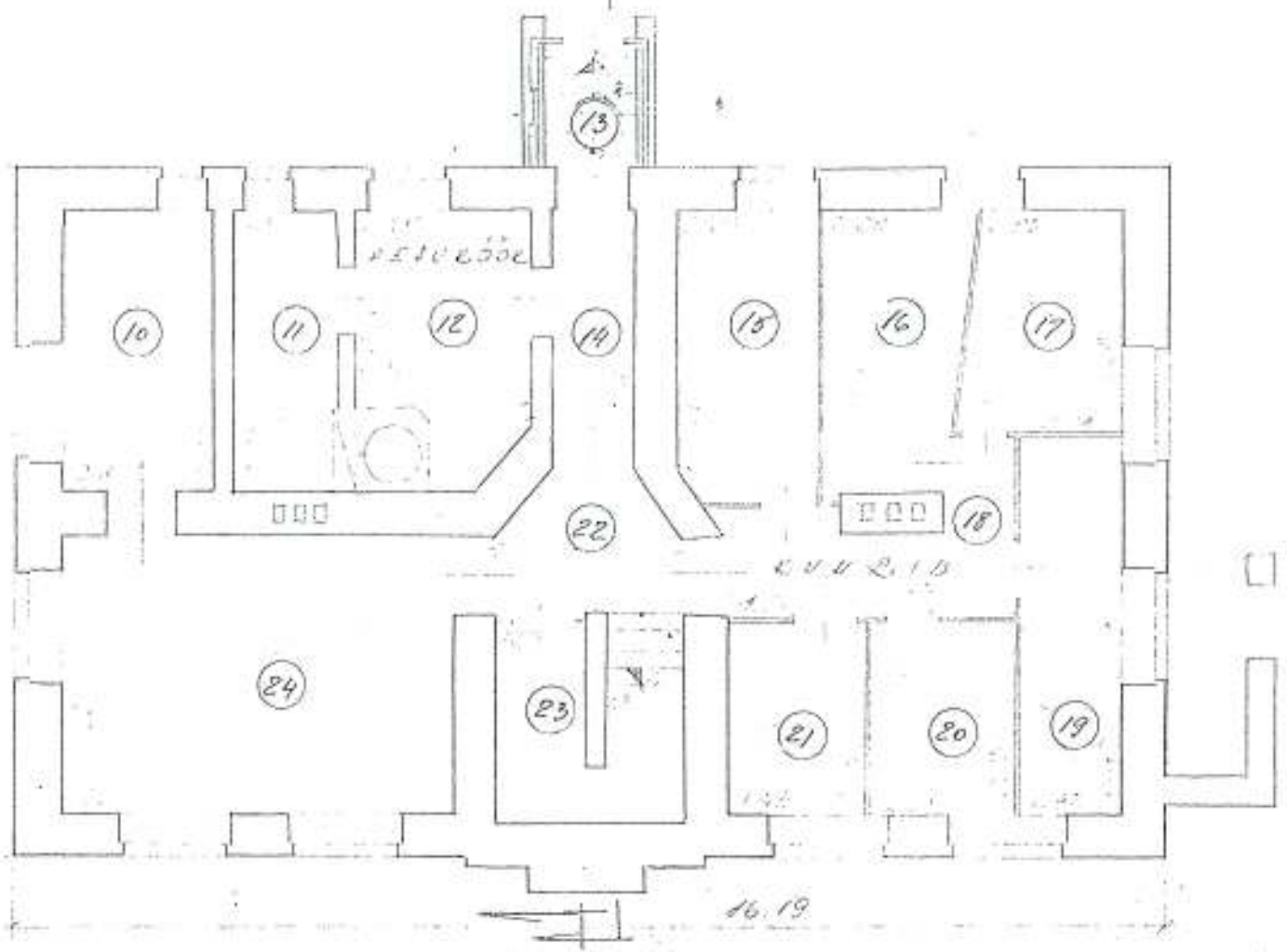
TÄISEHITATUS PIND	m ²	166
KOONISTATUS PIND	m ²	159
MAST	m ²	1319
		1514

MÕÕT 1:100

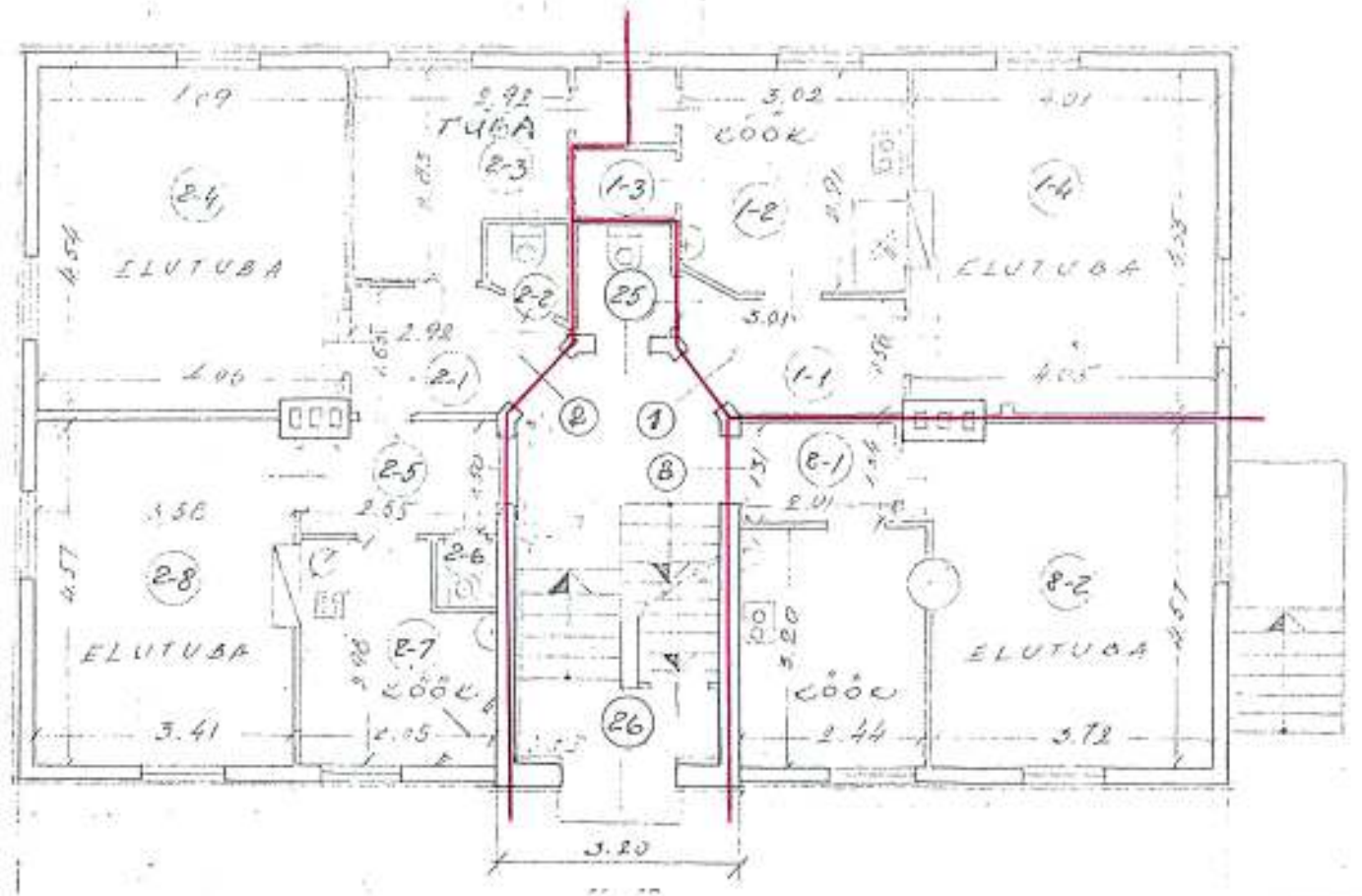


15. 11. 70
A. K. K.

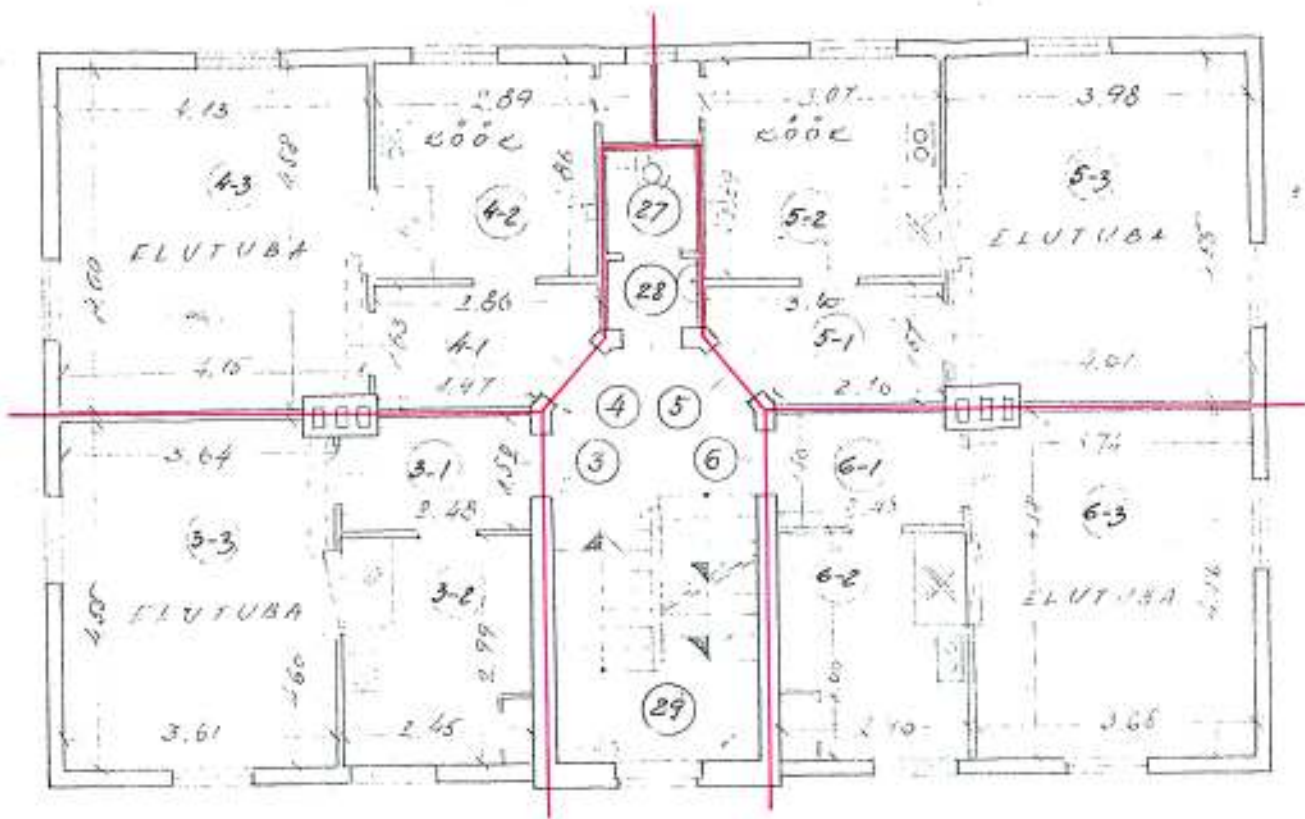
VELDRIKORRUP



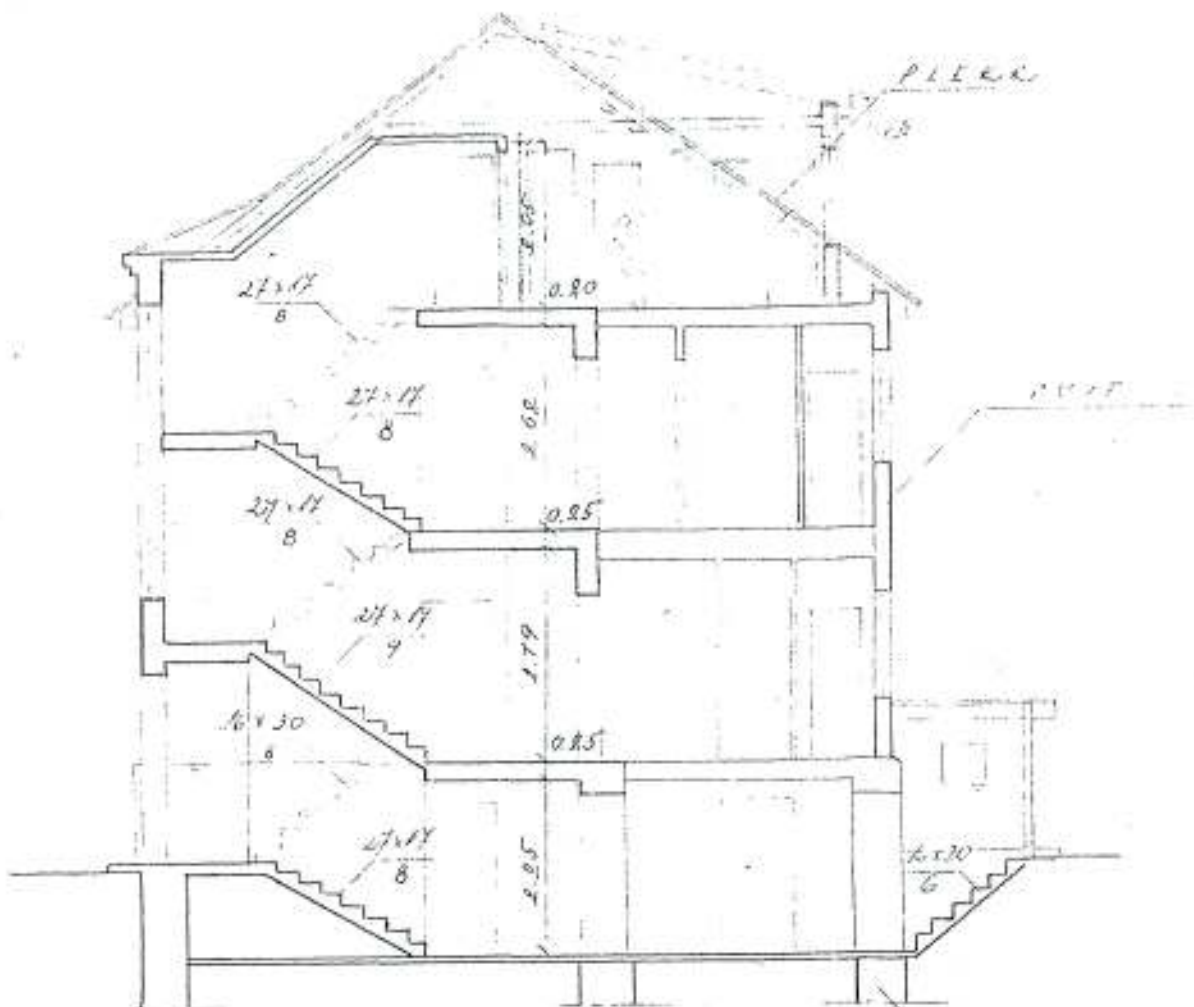
I KORRUP



II KÖRÖR



LÓIGE A-A



KATUSEKORRUS

