



SOOJUSTEHNKA INSTITUUT

MSE õppetool

MSE40LT

Heigo Varik

**Soojustarbimise taseme vähendamise meetmed
korterelamu korral**

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..... juhendamisel

“.....”.....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....201... a.

..... allkiri

TTÜ masinaehituse/materjalitehnika/mehhatroonika/soojustehnika instituut

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2013/2014 aasta 4. semester

Üliõpilane : Heigo Varik 094003 (nimi, kood)

Õppekava : MASB02

Spetsialiseerumine : Soojustehnika

Juhendaja: lektor, Aleksandr Hlebnikov (amet, nimi)

Konsultandid: Teet Vaask, Rando Kaseniit

LÕPUTETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Soojustarbimise taseme vähendamise meetmed korterelamu korral**

(inglise keeles) **Heat consumption reduction methods based on a tenement**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Algandmete kogumine.	22.02.2014
2.	Soojusenergi tarbimise vähendamise meetmete uurimine.	12.03.2014
3.	Arvutuste teostamine.	4.04.2014
4.	Arvutustulemuste võrdlus realselt ellu viidud projekti energiaauditi tulemustega.	16.04.2014
5.	Tulemuste vaatlemine ning kokkuvõtte tegemine.	23.04.2014

Lahendatavad insenertechnilised ja majanduslikud probleemid:

Antud töö eesmärgiks on vaadelda korterelamu võimalusi vähendada soojusenergia tarbimist ning teostada majandusliku tasuvuse arvutused.

Kaitsmistaotlus esitada dekanaati hiljemalt 12.05.2014.a. **Töö esitamise tähtaeg. 30.05.2014**

Üliõpilane Heigo Varik /allkiri/ kuupäev.

Juhendaja Aleksandr Hlebnikov /allkiri/ kuupäev.

Kontakttelefon 620 3908 E-mail: ahleb@staff.ttu.ee

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

Sisukord

AUTORIDEKLARATSIOON	2
JOONISTE LOETELU	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. KORTERELAMU KIRJELDUS	7
2. KORTERELAMUTE SISEKLIIMA	8
2.1 Soojusliku mugavuse määrajad	8
2.2 Hoone sisekliima	9
2.3 Ruumi sisetemperatuur	9
3. ÜLEVAADE SOOJUSKOKKUHOIU MEETODITEST	11
3.1 Soojustagastusega ventilatsioon	11
3.2 Akende Vahetus.....	12
3.2.1 Majandusliku tasuvusaja arvutus puitakende vahetusel plastakende vastu	13
3.3 Fassaadi renoveerimine	14
3.3.1 Vahetu krohv-soojustus.....	15
3.3.2 Vooder-soojustus.....	16
3.3.3 Arvutus renoveeritud välisseina U-väärtuse leidmiseks	17
3.4 Katuse soojustamine	19
3.5 Soojussääst läbi küttesüsteemi renoveerimise	20
3.6 Rekonstrueerimistööde kokkuvõte	22
4. REKONSTRUEERIMISTÖÖDE TÕHUSUS PALDISKI MNT. 171 PÕHJAL	23
4.1 Sissejuhatus	23
4.2 Ekspertiis	24
4.3 Energiaaudit.....	24
4.4 Katuse rekonstrueerimine	25
4.5 Akende vahetus ning rõdude rekonstrueerimine	26
4.6 Välisseinte soojustamine	26
4.7 Küttesüsteemi parendamine.....	27
4.7.1 Küttekulu individuaalse arvestuse süsteem (MESA süsteem)	27
4.8 Rekonstrueerimisprojekti kogumaksumus	27
4.9 Rekonstrueerimisprojekti tulemus	28
KOKKUVÕTE.....	29
KASUTATUD KIRJANDUS	30

JOONISTE LOETELU

Joonis 1-1 Pärnu mnt- 123a korterelamu	6
Joonis 3.2-1 Akna paigutus soojustuse sisse	11
Joonis 3.2.1-1 Plasto PVC akna läbilõige kirjeldustega.....	12
Joonis 3.3.1-1 Vahtu krohv-soojustus	15
Joonis 3.3.2-1 Vooder-soojustus	16
Joonis 3.3.3-1 Arvutuse aluseks võetud seina läbilõige.....	17
Joonis 3.4-1 Isoleerimata parapett.....	19
Joonis 3.4-2 Isoleeritu parapett	19
Joonis 4.3-1 Termopilt Paldiski mnt 171 esifassaadist.	24

SISSEJUHATUS

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on anda ülevaade meetmetest, mida korterterelamud saavad rakendada, et alandada soojusenergiale kulutatavat raha ning samas tõsta hoone elukvaliteeti läbi parema sisekliima.

Töö esimeses osas on kirjeldatud, millised sisekliima nõuded kehtivad korterelamutele Eesti Vabariigis. Mida täpselt tähendab „sisekliima“ ning milleks see tähtis on ja kuidas on võimalik seda parandada. Eraldi on välja toodud sisekliima kõige tähtsama osa, ruumi temperatuur, täpsed näitajad ja nõudmised inimeste elukeskkonnas. Esimeses osas on antud ka kõneall oleva elamu kirjeldus ja arhidektuuriline lahendus.

Töö teises osas on täspemalt kirjeldatud erinevaid võimalusi korterelamutele soojaarvete vähendamiseks. On vaadatud meetmeid nagu näiteks akende vahetus, fassaadi rekonstrueerimine, soojasõlme renoveerimine, katuse parandus ning õhutagastusega ventilatsiooni kasutamine. Osade meetmete juures on tehtud arvutused välja selgitamaks, kui palju soojusenergiat täpselt säästa on võimalik ning mis oleks nende meetmete kasutuselevõtmisel majanduslik tasuvusaeg.

Kolmandas osas on tehtud kokkuvõtte 2007 aastal Paldiski mnt 171 korterelamus läbi viidud põhjalikest rekonstrueerimistöedest ning nende tulemustest. Selles hoones tehti renoveerimistöid ligikaudu 400 000 euro eest, tänu millele vähenes soojusenergia tarbimine aasta lõikes pea poole võrra.

1. KORTERELAMU KIRJELDUS

Töö aluseks võetud laialdaselt tuntud „Hruštšovka“ tüüpi elamu. Antud tüüpi hooned on Moskva kunagise peaarhitekti Vitali Lagutenko projekti järgi ehitatud madalate lagedega pisikeste korterite 3-5korruselised paneel- või telliselamud, mis said hüüdnime tollase N. Liidu juhi Nikita Hrustšovi järgi. Eestis ehitati neid 1955-65.

Hinnates 2000.a. rahvaloenduse andmeid on hruštšovkade korterite arv vahemikus 30-80 korterit maja kohta ning ainuüksi Tallinnas on sedalaadi kortereid üle 10 000.

Eestis on kahte tüüpi hruštšovkasid - algul ehitati telliskivist, hiljem kohalikust põlevkivituhast püstplokkidest. Meil modifitseeriti Vene tüüpseeria näiteks ehitusmaterjali koha pealt, kuid kitsuke ruumistruktuur on sama.

Hruštšovkade piirkonnad Tallinnas on Stroomi ranna-ala (suurim, ca 50 maja), Paldiski mnt/Sõle tn, Pärnu mnt, Tööstuse tn, Spordi tn, Sõle tn, Uus Maailm.

Väikeste korteritega vanad paneel- ja telliselamud pole vaid Eesti või Venemaa probleem. Neid ehitati ka mujal Euroopas - Saksamaal, Rootsis, Prantsusmaal. Kõige suurema laviiniga alustati Inglismaal sõjaajal, kui oli vaja inimesed viia Saksamaa lennukite pommitusulatusest kaugemale.

Töös kirjeldatud hruštšovka tüüpi korterelamul on 4 korrust ning 3 trepikoda. Ehitise esimesel korrusel asub äripind suurusega 168,2 m². Elamu 0 korrusel on kelder.



Joonis 1-1 Pärnu mnt- 123a korterelamu

2. KORTERELAMUTE SISEKLIIMA

2.1 Soojusliku mugavuse määrajad

Tähtsamateks parameetriteks, mis määravad inimese soojusliku mugavuse siseruumides on:

- Ruumi sisetemperatuur
- Õhu suhteline niiskus
- Õhu liikumiskiirus
- Inimese aktiivsus s.o. soojaeritus
- Riietuse soojapidavus

Elamu sisekliima on kompleksne mõiste. See ühendab endas õhu füüsikalised parameetrid (temperatuur, niiskus, õhuliikumise kiirus), saasteainete sisalduse, müra ja mitmed psühhosotsiaalsed tegurid. Nende hulgas ongi keskne koht õhukvaliteedil kui tervikul. Õhurežiimi kontrolliks peaks ruumis olema korralik termomeeter ja niiskusemõõtja. 2002.a. lõpus võeti Euroopa Liidus vastu uus direktiiv (Directive 2002/91/EC), mis käsitleb hoonete energiavajadust ja selle optimeerimist ning mille eesmärgiks on kutsuda liikmesriike üles hoonete energiakulu optimeerimisele. Energia tarbimise taseme määravad hoone asukoht, orientatsioon, mõõtmed ja mahuline lahendus, mis kestavad muutumatul kujul sageli saja aasta vältel. Seega peaksid hoone energiavajaduse arvutusmeetodid arvestama:

- Hoone konstruktsioonide soojusjuhtivust
- Kütet
- Õhu konditsioneerimist
- Ventilatsiooni
- Valgustust (teatud juhtudel)
- Hoonete asendi määratlemist
- Päikeseenergia kasutamist
- Loomulik ventilatsioon
- Hoone sisekliimat

2.2 Hoone sisekliima

Inimesed ehitavad hooneid, et eraldada ennast väliskeskkonnast. Selle juures on oluline, et oleks tagatud inimeste ohutus ja mugavus nendes hoonetes ning aina rohkem pööratakse tähelepanu energiatõhususele, et soovitud tulemus saavutatada võimalikult väikese energiakuluga. Inimese soojusliku mugavuse ruumis määravad:

- Ruumiõhu temperatuur
- Ruumiõhu niiskussisaldus
- Ruumiõhu koostis (õhu keemiline koostis ja saasteainete hulk õhus)
- Õhu liikumiskiirus ruumis
- Ruumi sisepindade temperatuurid

Eelloetletud tingimuste tagamine toimub asjatundlikult kavandatud ja ehitatud ning ka eksploateeritud ehituskonstruktsioonidega, kütte-, ventilatsiooni-, jahutuse või vajadusel ka õhu konditsioneerimissüsteemidega. Õhu konditsioneerimissüsteemid võimaldavad õhu temperatuuri, niiskuse ja puhtuse hoidmist etteantud tasemel. Tuleb aga öelda, et õhu niiskussisalduse hoidmine etteantud piirides (näiteks 30 – 60 %) on küllalt kallis protsess ja eluruumide juures tavaliselt konditsioneerimist ei rakendata, vaid püütakse läbi ajada lihtsamate vahenditega nagu tuulutamine või ka autonoomsete niisutusvahendite kasutamine.

Sisekliima standard

Eesti standard EVS 839 „Sisekliima“ on koostatud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tellimisel samanimelise Eesti ehitusprojekteerimismõniste EPN 12.2 eelnõu põhjal. Erinevused on põhiliselt redaktsioonilist laadi. Standard on kasutusel 2003. aastast. Standard sisaldab hoonete sisekliima parameetritele ja tingimustele esitatavaid nõudeid, mis on määratud elu- ja aavalike hoonete projekteerimisel, eksploateerimisel ja ekspertiiside tegemisel kasutamiseks.

2.3 Ruumi sisetemperatuur

Elamu sisekliima tähtsaim tegur on õhutemperatuur, mis annab organismile vajaliku soojusliku tasakaalu. Seega peab ruumi õhutemperatuur olema lähedane füsioloogiliselt optimaalsele ja looma inimesele hubase soojatunde ning tagama tervise ja teovõime.

Üha rohkem inimesi veedab põhilise aja ööpäevast siseruumides. Uurimused on näidanud, et polegi sellist ruumi, kus kõik ruumis viibijad hindaksid soojusolukorda ideaalseks. Ka kõige

optimaalsemates tingimustes pole 5-6% inimestest soojusolukorraga rahul. Nimelt on teada, et vanemad inimesed, kelle ainevahetusprotsess on aeglasem, nõuavad 1-1,5°C võrra soojemat tuba. Ka naised soovivad mõnevõrra soojemat tuba võrreldes meestega. Suvetingimustes inimesed kohanevad keskketlubi 2-2,5°C võrra kõrgema temperatuuriga.

Eesti sisekliima ehitusnormides on talvetingimustes ette nähtud eluruumide siseõhu temperatuuriks +22°C. Sõltuvalt hoone klassist, võib õhutemperatuur talvetingimustes mõningal määral kõikuda. Madalama klassiga hoonetel võib see olla piirides +19°C kuni +25°C, kõrgema klassi puhul +21°C kuni +23°C. Tervisekaitse seisukohast sätestab õhutemperatuuri eluruumis vabariigi valitsuse määrus «Eluruumidele esitatavad nõuded», mis ütleb, et kaugküttevõrgust või hoone katlamajast köetavas eluruumis ei tohi siseõhu temperatuur inimeste pikemaajalisel ruumis viibimisel olla alla 18 kraadi. Kuigi energia kokkuhoid ja kulutuste vähendamine kütteks on väga tähtsad, kuid inimeste heaolu ei tohi nendele ohvriks tuua. Välistemperatuuril üle +22°C ei tohi eluruumi temperatuur ületada +27°C.

Õhutemperatuur oleneb elamu välispiirete soojapidavusest (seintest, akendest, udest, põrandast, laest ning küttest ja muudest soojaeraldustest ruumidesse. Samas on tähtis, et piirete temperatuur oleks võimalikult lähedane õhutemperatuurile. Õhutemperatuuri peaks saama igas toas reguleerida.

Hoone sisetemperatuuri kindlustab ajakohane küttesüsteem ja ventilatsioon. Madal temperatuur ja kõrge niiskustase on tingitud kütteseadmete ebatäiuslikkusest, õhuvahetuse puudumisest või puudulikkusest, konstruktsioonide halvast kvaliteedist, ehituse defektidest ja muust. Vajalikku õhutemperatuuri aitab soojakao vähendamise arvel tagada ka õigesti valitud soojustusmaterjal. Samuti mõjutab (tõstab) ruumi õhutemperatuuri tubadesse paistev päike. Soojal aastaajal nõuab see ruumide jahutamist, külmaga hoiab kokku küttekulusid.

3. ÜLEVAADE SOOJUSKOKKUHOUU MEETODITEST

3.1 Soojustagastusega ventilatsioon

Seda, et hoonetesse, mis on inimestele mõeldud on vaja ette näha muude tehnosüsteemide kõrval ka ventilatsioon, ei ole vaja pikalt tõestada. Loomulikult oli ventilatsioon projekteeritud ka suurpaneelalamutele ja teistele massehituse näidistele. Suuremates osades majadest see kindlasti ka töötab. Edaspidi on ventilatsiooniavasid suletud suurema sisetemperatuuri saamiseks, ventilatsioonikanalid on mitmesugustel põhjustel ummistunud ja oma märgatava osa õhuvahetuse vähenemisele on andnud ka lagunened akende vahetamine uute vastu. Nimelt oli 40-50 aasta eest ehitatud elamutel lausa ette nähtud, et kui väljatõmme on loomulik ja läbi šahtide, siis sisse tuleb õhk läbi avatäidete ehk akende ja uste ebatiheduste.

Nii olemegi jõudnud olukorda, kus õhuvahetuskordaja (näitab mitu korda vahetub õhk tunni jooksul) on vanadel uute akendega korteritel 0,2 ja isegi alla selle. Soovitatav minimaalne õhuvahetuskordaja on aga 0,5.

Ebapuhta õhu mõjust tervisele on räägitud küll lasteasutuste kontekstis aga ega kodune saastunud õhk kuigi palju paremini ei mõju. Pidagem veel silmas, et kaasaja mugav inimene veedab suurema osa oma ajast siseruumides.

Nagu juba mainitud, loetakse vajalikuks õhuvahetuskordajaks 0,5. See tähendab, et teoreetiliselt vahetub kogu õhk eluruumis iga kahe tunni tagant uue ja puhta vastu. Enamuse ajast on see uus ja puhtam õhk kahjuks külmem kui me seda sooviksime, järelikult on selle soojendamiseks sisetemperatuurini vaja kulutada soojusenergiat.

Võtame näidiseks keskmise suurusega „hruštšovka“ tüüpi korteri, mille pindalaks on 40 m². Arvestame, et tubade kõrgus on 2,5 meetrit, siis saame et selles elamises on igal ajahetkel $2,5 \cdot 40 = 100 \text{ m}^3$ õhku.

Sellise korteri ventilatsiooniks on üldtunnustatud normi järgi vaja sellest „läbi puhuda“ igas tunnis pool korteri mahust ehk 50 kuupmeetrit ehk teisisõnu on nõutav õhuvool ~0,014 kuupmeetrit sekundis. Sellise õhukoguse ühe kraadi võrra soojendamiseks vajaliku energiahulga ehk erisoojakao saab leida valemist $H_{\text{vent}} = L \cdot \rho \cdot c$, kus L on äsja leitud vooluhulk, ρ on õhu tihedus 1,2 kg/m³ ja c on õhu erisoojus 1000 J/kg·K. Ventilatsiooni erisoojakadu $H_{\text{vent}} = L \cdot \rho \cdot c = 0,014 \cdot 1,2 \cdot 1000 = 16,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$. Arvestame, et tegemist on keskmise majaga Tallinnas, kus normaalaasta kraadpäevade summa on 4220 ja saame, et kütteperioodil kulub ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamiseks $4220 \cdot 16,8 \cdot 24 = 1702 \text{ kWh}$. Selle keskmise

suurusega korteri ventileerimiseks vajaliku õhu kütmiseks minimaalse soovitava õhuvahetuskordaja järgi kulub aastas ca 1,7 MWh soojusenergiat, mis rahalises väljenduses on 103,7€ („Tallinna Küte“, märts 2014 koos käibemaksuga).

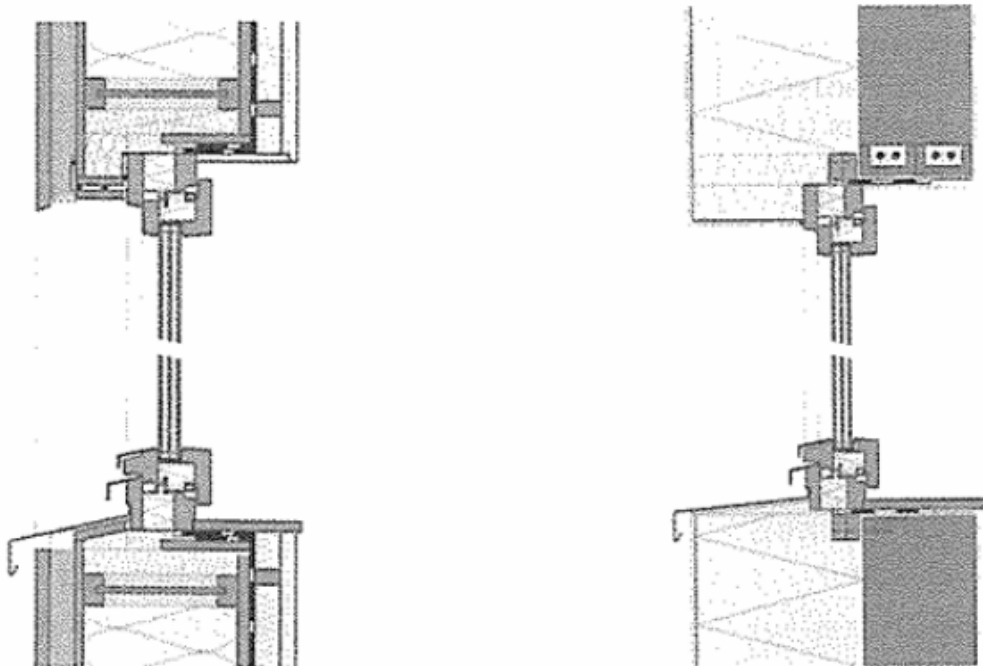
Tänapäeval enamlevinud soojustagastusega ventilatsioonisüsteemid suudavad taaskasutada umbes 70% soojusenergiast ning nende maksumus on ligikaudu 800€. Siit saame, et antud meetodi tasuvusaeg on $800 / (103,7 * 0,7) = 11$ aastat.

3.2 Akende Vahetus

Vanade hoonete korral on akende ja seina liitekohtades külmasillad. Välisseinte soojustamisel tuleb pöörata tähelepanu akna ja seina liitekohta külmasilla vähendamisele.

Võrreldes nõukogudeaegsete akendega on tänapäeval n.ö. energiasäästuklaasiga võimalik saavutada kolm korda madalamaid akna avatäite U-arve - ca $\leq 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

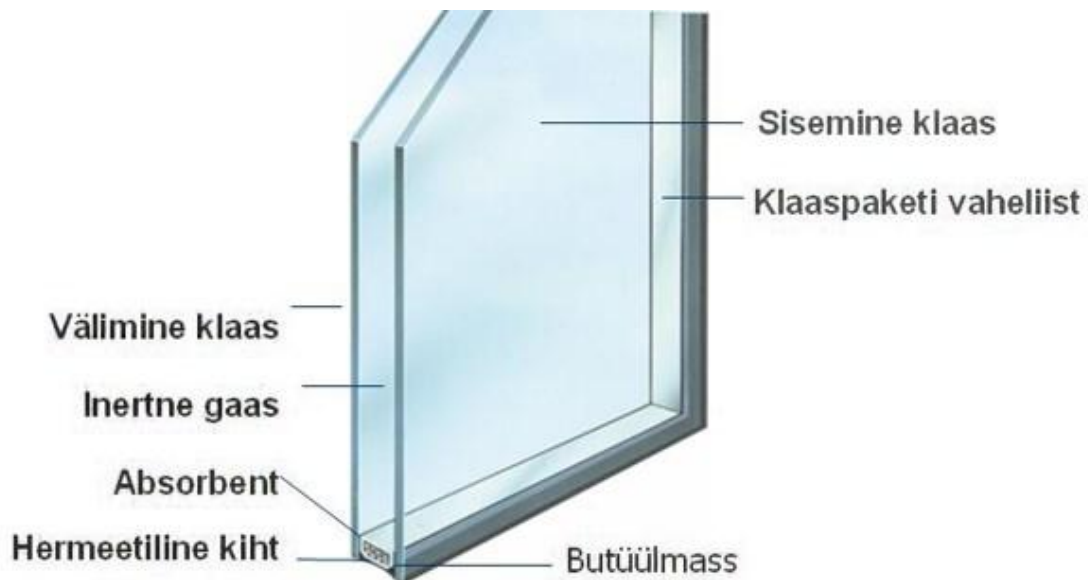
Akna avatäite U-arvu ei määra ära üksnes mitte klaaspaketi soojuslähikandetegur, vaid lisaks veel raami U-ary, klaaspaketi ja raami liitekohta külmasild ning raami ja seina kinnitus. Parim, kuid samas ka kõige kulukam lahendus on tõsta aknad n.ö. soojustuse sisse. Üldjuhul on seda otstarbekas teha uute hoonete rajamisel või kui olemasoleval hoonel vahetatakse välja kas enamus või kõik aknad.



Joonis 3.2-1 Akna paigutus soojustuse sisse

3.2.1 Majandusliku tasuvusaja arvutus puitakende vahetusel plastakende vastu

Töö aluseks võetud maja akende kogupindala on ligikaudu 300m². Arvutustes eeldame, et vanad kahekorde klaaspaketiga puitaknad ($U_{arv} = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$) vahetatakse uute Plasto PVC akende vastu (profiili paksus = 70 mm, $U_{arv} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Joonis 3.2.1-1 Plasto PVC akna läbilõige kirjeldustega

Esiteks arvutame välja akende vahetusest võidetud soojushulk aasta kohta. Selleks kasutame valemit:

$$\Delta Q_{conv} = (U_{vana} - U_{uus}) \cdot A \cdot S_n \cdot 24/1000$$

U_{vana} – Akende U-arv enne remonttöid

U_{uus} – Akende U-arv peale remonttöid

A – Akende kogupindala

S_n – Normaalaasta kraadpäevade summa

$$\Delta Q_{conv} = (3 - 1,3) \cdot 300 \cdot 4220 \cdot \frac{24}{1000} = 51653 \text{ kWh/a ehk } 51,7 \text{ MWh/a}$$

Tallinna Küte, märts 2014 soojushindade juures säästetakse sellisel juhul aastas ca. 3153€. Tänapäevase turuseisu kohaselt maksab 1m² akende vahetus ligikaudu 150€, kogu maja akende vahetuseks kulub seega 45000€. Selliste eelduste kohaselt on akende vahetuse tasuvusaeg 14 aastat.

3.3 Fassaadi renoveerimine

Meie praegusest elamufondist on üle 1/3 eluruumidest raudbetoon- ja gaasbetoonvälisseintega hoonetes, tellishoonetes ligi 1/3 ja ülejäänud puit- ning segakonstruktsioonis hoonetes. Nii enne II maailmasõda kui ka 1960-90-tel aastatel ehitatud korruselamute välisseinte soojuslähikandetegur U on piires 0,6 - 1,2 W/(m²K). Tänapäeval soovitatakse seinte U -arvuks mitte üle 0,2-0,25 W/(m²K).

Probleemid on kahtlemata paneelidevaheliste vuukidega. Tugeva külgtuulega on täheldatud sadevete läbitungimist läbi vuukide, aga uuringud on näidanud samuti ülemäärast õhu infiltratsiooni läbi paneelide vuukide.

Halvemas olukorras on 1970-80-tel aastatel ehitatud tellisseintega hoonete fassaadid, eriti keraamilistest kãrgtelistest puhasvuuk-seinad. Mittepiisava külmakindlusega telliste kasutamine ning konstruktsioonivead rõdudelt ja lodžadelt sadevete eemalejuhtimisega koos suurte seinapindade avatusega looduslikele mõjuritele, on viinud tellis-fassaadipindade tugevate kahjustusteni. Enamikel juhtudel on täheldatud suuremaid kahjustusi lõunapoolsetel fassaadidel, kus kevadeti koguneb külmumise-sulamise tsükleid rohkem kui teistes suundades. Külmakahjustused on seotud välispinna suurenenud niiskusesisaldusega, mida on omakorda soodustanud kãrgteliste suur absorptsioonivõime. Tellispindade purunenud kohtade lappimine uute telliste sissepanekuga või erisegudega plommimisega on ajutine lahendus. Jãrgmiseks kevadeks on lagunenenud juba uued kivid. Siin tuleb kogu fassaad kaitsta eelkõige niiskumise eest, mida põhjustavad külgtuulega fassaadile langevad sademed. Kahtlusi tekitab ka külmakahjustusega fassaadi hüdrofoobseks muutmise tõhusus, kuna mikrokahjustused on juba tekkinud enne päris lagunemist ja nende avastamine on tülikas ning komplitseeritud, eriti kõrgete hoonete korral.

Soojustusmaterjalidena võib kasutada mineraalvilla või polüstüreeni. Lisasoojustuse paksus sõltub olemasoleva seinaga U -arvust ning soovitava kokkuhoiutasemest, kuid üldjuhul peaks seinaga täiendava isolatsiooni paksus olema 100-150 mm.

Eelkõige on võimalik valida ka ehitusfüüsiliselt erinevalt toimiva soojustusviimistlussüsteemi vahel:

- Krohvkate, mis kantakse vahetult lisasoojustusmaterjalile.
- Vooderkate, mis kinnitatakse eri kinnitussüsteemi külge (või toetatakse vundamendi laiendusele) ja soojustuse ning vooderduse vahele jäetakse tuulutusvahe

Valiku tegemisel kahe süsteemi vahel tuleb siinjuures peale arhitektuurilise kujundamise ja

keskkonda sobitamise võtta arvesse lisaks rida muid asjaolusid, nagu:

- olemasoleva tarindi konstruktsioon ja erinevate materjalide paigutus selles
- veeauru difundeerumist takistavate kihtide (aurutõkke) olemasolu
- siseruumide valdav temperatuuri-niiskuserežiim kütteperioodil
- kas samaaegselt tehakse ka siseremonti ja vajaduse korral on võimalik aurutõkke paigaldamine tarindi sisepoolele

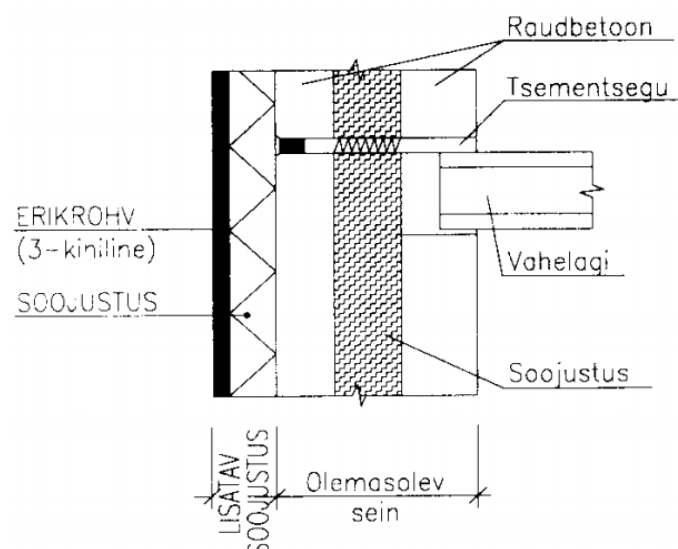
Nimetatud asjaolud võivad mõnel juhul kallutada otsuse tegemist ühe või teise süsteemi eelistamisele.

3.3.1 Vahetu krohv-soojustus

Meie ehitusturule on jõudnud tulla end tutvustama mitu erinevat krohvkatete süsteemi, mis erinevad üksteisest nii krohvimördi koostise, krohvikihi paksuse, sellest lähtuvalt armeerimiseks kasutatava krohvivõrgu tüübi ja kinnitussüsteemi poolest (viimane sõltub lisaks veel hoone kõrgusest).

Põhjamaades hakati välisseinte lisasojustamisel esialgu kasutama soojustuseks mineraalvillast plaate ja nende peale pandavat traditsioonilist kolmekihilist krohvkatet. Nüüdseks on kasutusel samuti polüstüreen-plaadid.

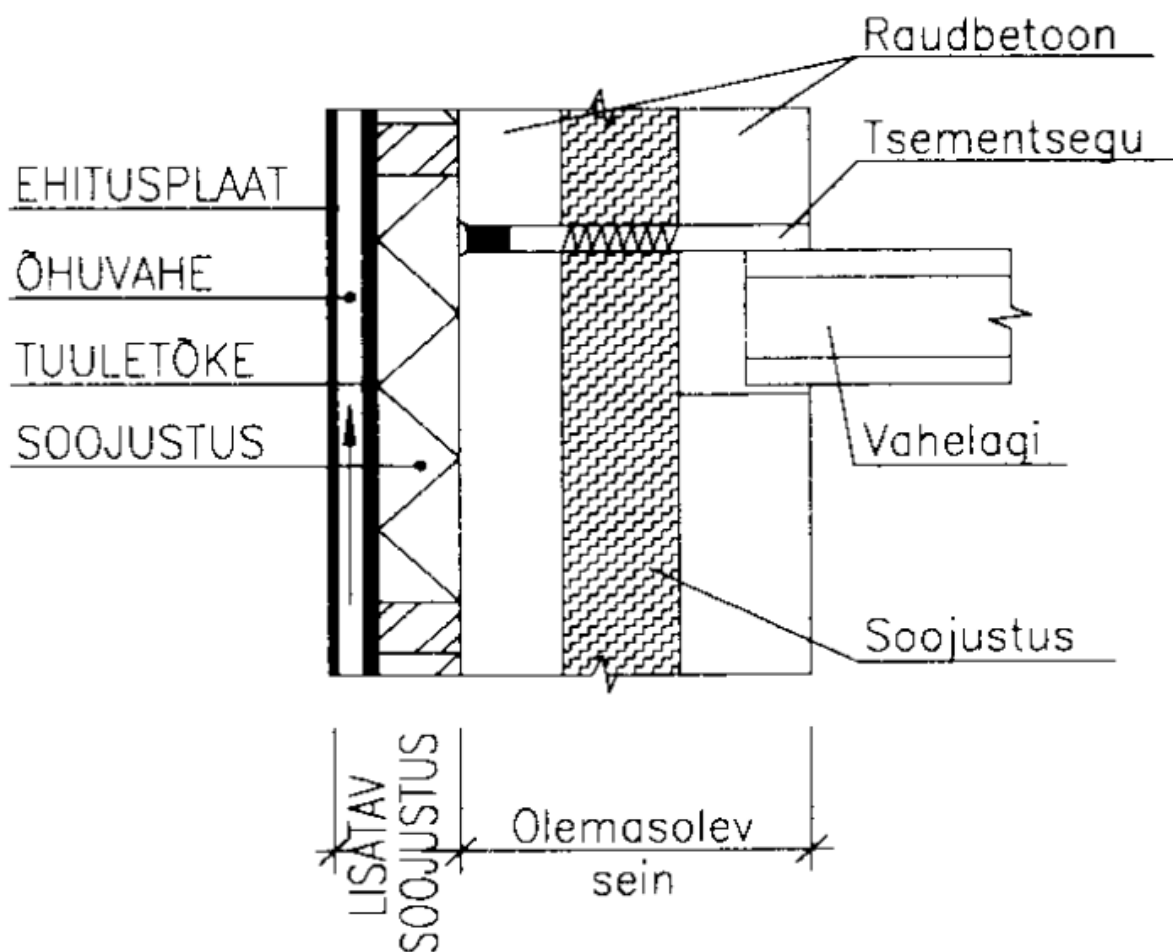
Tuleohutuse seisukohalt nõuti varasemalt, et akende perimeeter tuleb soojustada 200 mm ulatuses kivivillaga, siis tänapäeval võib eraldada ka tubade ja korruste kaupa tsoonidena, mis teeb ehitusmaksumuse odavamaks.



Joonis 3.3.1-1 Vahetu krohv-soojustus

3.3.2 Vooder-soojustus

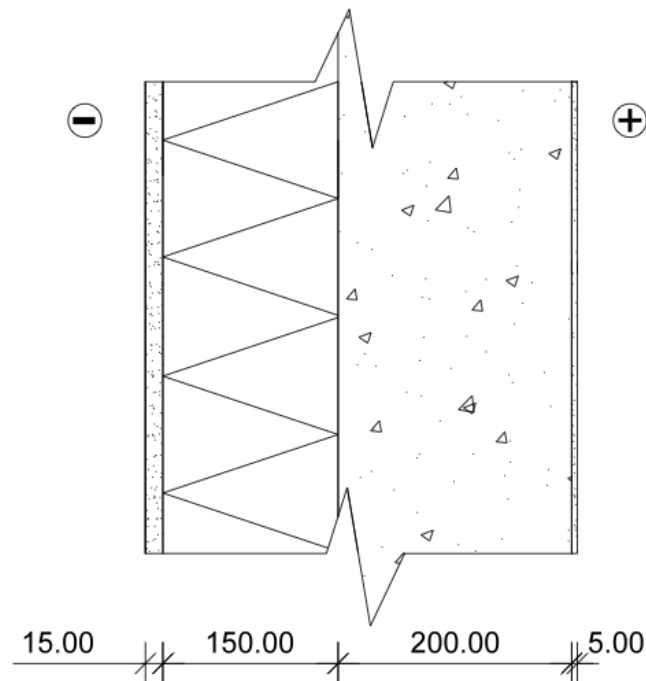
Soojustusmaterjalideks on põhiliselt samad, mis juba eespool märgitud. Kuna soojustusmaterjalid on vabad kattest tulevast koormusest, saab kasutada väiksema jäikusega plaate. Samas peab avatud poorsusega soojustusmaterjal olema tuulutuspilu poolt kaetud tuuletõkkeplaadiga, et vältida materjalis õhu konvektsiooni. Soojustusplaadid paigaldatakse tihedalt nii vastu alusseina kui ka tugilattide vahele. Vooderduse kinnitussüsteemid sõltuvad kasutatud materjalide konstruktsioonilistest iseärasustest ja võivad olla kas puidust või metallist (eriprofiilid).



3.3.2-1 Vooder-soojustus

3.3.3 Arvutus renoveeritud välisseina U-väärtuse leidmiseks

Leian välispiirde (seina) soojusjuhtivuse ja korrigeerin U-väärtuse. Arvutuse aluseks võtan seina läbilõike, mis koosneb krohvikihist (5 mm; 0,8 W/m²K), betoonist (200 mm; 2 W/m²K), vahtpolüstüreenist (150 mm; 0,04 W/m²K) ja sisemisest krohvikihist (15 mm; 0,8 W/m²K).



Joonis 3.3.3-1 Arvutuse aluseks võetud seina läbilõige

Esiteks tuleb leida kõikide kihtide soojatakistus valemiga: $R_{1...n} = \frac{d}{\lambda d}$

$R_{1...n}$ – konkreetse materjalikihi soojustakistus. (m²K)/W

λd – konkreetse materjalikihi soojaerijuhitus. (W/mK)

d – konkreetse materjalikihi paksus. (m)

$$R_1 = \frac{0,005}{0,8} = 0,006 \text{ m}^2\text{K/W (välimine krohvikiht)}$$

$$R_2 = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W (betoonkiht)}$$

$$R_3 = \frac{0,15}{0,04} = 3,75 \text{ m}^2\text{K/W (soojustus)}$$

$$R_4 = \frac{0,015}{0,8} = 0,018 \text{ m}^2\text{K/W (sisemine krohvikiht)}$$

Summeeritud soojatakistuse m²K/W leidmiseks peab liitma kõikide kihtide soojustakistused:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{...} + R_{se}, \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

R_{si} – piirde sisepinna soojustakistus. Selleks suuruseks on välisseina puhul $0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$.

R_{se} – piirde välispinna soojustakistus. Selleks suuruseks on välisseina puhul $0,04 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

$$R_T = 0,13 + 0,006 + 0,1 + 3,75 + 0,018 + 0,04 = 4,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Seina U-väärtuse leian valemist: $U = \frac{1}{R_T}$

$$U = \frac{1}{4,04} = 0,25 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$$

Järgnevalt korrigeerin U-väärtuse õhupiludest tingituna:

$$U_c = U + \Delta U \text{ W/ (m}^2\text{K)}$$

$$\Delta U = \Delta U_g$$

$$\Delta U_g = \Delta U'' * (R_I/R_T)^2 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$$

R_I – Soojustuskihi soojustakistus

R_T – Kogu välispiirde soojustakistus

$$\Delta U_g = 0,01 * (3,75/4,04)^2 = 0,0086 \text{ W/ (m}^2\text{K)} \text{ (Õhupilude U-väärtus)}$$

Koond U-väärtuse saamiseks summeerin eelnevate arvutuste tulemused

$$U_c = U + \Delta U_g$$

$$U_c = 0,25 + 0,0086 = 0,26 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$$

Arvutused näitavad, et antud välispiirde U-arvuks on $0,26 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$.

Võrdleme soojuskadu soojustamata seina puhul (U-arv $1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$).

$$\Delta Q_{conv} = (U_{vana} - U_{uus}) \cdot A \cdot S_n \cdot 24/1000$$

U_{vana} – Välisseina U-arv enne remonttöid

U_{uus} – Välisseina U-arv peale remonttöid

A – Välisseina kogupindala

S_n – Normaalaasta kraadpäevade summa

$$\Delta Q_{conv} = (1 - 0,26) * 1511 * 4220 * \frac{24}{1000} = 113245 \text{ kWh/a ehk } 113,2 \text{ MWh/a}$$

Tallinna Küte, märts 2014 soojushindade juures säästetakse sellisel juhul aastas ca. 6900€.

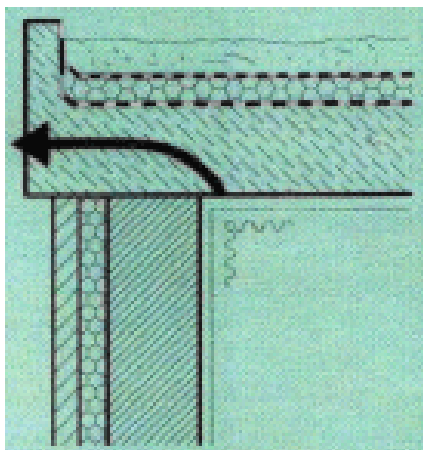
Tänase turuseisu kohaselt kuluks kõneall oleva maja fassaadi soojustamiseks ligikaudu 70000€. Selliste eelduste kohaselt on akende vahetuse tasuvusaeg 10 aastat.

3.4 Katuse soojustamine

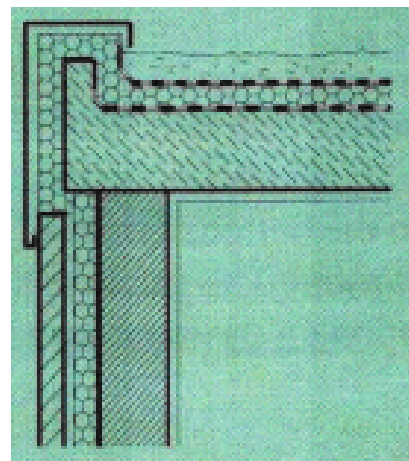
Eesti tingimustes on hoone üheks kestvuse tagamise garantiiks korralik ja vettpidav katus koos hästi toimiva vee-eemaldussüsteemiga. Peale veepidavuse on katuslagede korral väga oluline ka nende piisav soojustakistus. Mitmekorruselised elamud on ehitatud valdavalt lamekatusega, kuid esineb ka viilkatuseid.

Enamikel nõukugudeaegsete lamekatustega ehitatud hoonete katuslagede soojuslähikandegur on 4-5 korda suurem kui on tänapäevased soovitused ja seega vajavad lisasoojustamist. Vanade hoonete katuste U-arvud on enamasti vahemikus $0,7 - 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, Vabariigi Valitsuse 20. Detsembri 2007. a määruse nr 258 „Energiatõhususe miinimumnõuded“ kohaselt soovitatakse aga katuse U-aruks mitte üle $0,15 - 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lisasoojustamise üks põhjusi tuleneb ka ennekõike vajadusest vähendada külmasildade mõju katuse ja välisseina liitekohas ning katuse paneelide toetuskohtade juures. Just külmasildade likvideerimise seisukohast oleks mõistlik hallituseprobleemidega hoonetes katused lisasoojustada isegi kui katusekate on korralik. Seejuures peaks lisasoojustus katma ka parapeti, vastasel juhul säilib külmasild läbi parapetipaneeli.

Juhul kui katuse parapett ei ole isoleeriud (Joonis 3.4-1) toimib katus kui külmasild perimeetri ulatuses ja võib esineda ülemiste korruste lagede nurkades kondenseerumist. Samuti võib esineda pragunemist tänu temperatuuride erinevusest tingitud katusekonstruktsioonide soojus paisumisele/kahanemisele.



Joonis 3.4-1 Isoleerimata parapett



Joonis 3.4-2 Isoleeritud parapett

Järgnevalt teostame arvutuse katuse U – väärtuse leidmiseks, mille konstruktsioon koosneb: OSB plaat(18mm, $\lambda = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$), aurutõke, puistevill (vahel puittalad samm 600mm,

mõõdud 50x250, kogupaksus 250mm, $\lambda = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$) ja tuuletõke(13mm, $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{...} + R_{se}, (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$$

R_{si} – piirde sisepinna soojustakistus. Selleks suuruseks on katuse puhul $0,10 (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$.

R_{se} – piirde välispinna soojustakistus. Selleks suuruseks on katuse puhul $0,04 (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$

$$R_T = 0,10 + \frac{0,018}{0,13} + \frac{0,25}{0,04} + \frac{0,013}{0,04} + 0,04 = 6,85 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{6,85} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Leiame soojusenergia säästu aastas eeldades, et remondieelselt oli katuse U-arv $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

$$\Delta Q_{conv} = (1,2 - 0,15) * 600 * 4220 * \frac{24}{1000} = 63806 \text{ kWh/a ehk } 63,8 \text{ MWh/a}$$

Tallinna Küte, märts 2014 soojushindade juures säästetakse sellisel juhul aastas ca. 3891€. Katuse remonttööde hinnaks on hinnanguliselt 40000€. Selliste eelduste kohaselt on eelpooltoodud remonttööde tasuvusaeg 10 aastat.

3.5 Soojussääst läbi küttesüsteemi renoveerimise

Uuest soojasõlmest on sääst saavutatav kohaliku küttesüsteemi soojakandja pealevoolu parameetrite uute reguleerimisvõimaluste tekkimisega, samuti eraldab soojusvaheti küttesüsteemi kaugkütte võrgust ja vähendab maja kütetorustike ja küttekehade korrosiooniohtu soojakandja kvaliteedist sõltumata. Suurem kokkuhoid saavutatakse kevad-sügisel perioodil, mil välistatakse üldlevinud ülekütmist. Saavutatav sääst on $2 - 3 \text{ kWh/m}^3$ kohta aastas.

Küttesüsteemi tasakaalustamine on olulisem abinõu vooluhulkade kontrollimatust jagunemisest põhjustatud ruumide sisetemperatuuride hajumise vähendamiseks hoones. Tasakaalustamise tasuvus sõltub juba olemasolevatest ventiilidest ja sisetemperatuuride erinevustest enne tasakaalustamist. Õige soojuskandja vooluhulkade jaotuse kindlustamine kõigil püstikutel mõõtmist võimaldavate liiniseade ventiilidega, mis koos teiste sulgorganite korrastamise või asendamise järel loovad vajalikud tingimused säästuks. Soojuse kokkuhoiuks hinnatakse $4 - 18 \text{ kWh/m}^3$ kohta aastas.

Süsteemi renoveerimisest, mis hõlmab vana ühetoru küttesüsteemi ümberehituse kahetoru süsteemiks, püstikutele ja küttekehadele eelseadistatavate reguleerventiilide paigalduse, kindlustades vajaliku soojuskandja vooluhulga jaotuse süsteemis. Saavutatav sääst jääb piiridesse 10 – 30 kWh/m³ kohta aastas.

Termostaatiliste reguleerventiilide paigaldamisest kütte-kehade ette saavutame enam kasu ruumides, kus sisetemperatuure mõjutavad erinevad soojaallikad – inimeste arv, valgustus, elektriseadmed või näiteks päikesekiirgus klaaspindade kaudu. Tuleb märkida, et termostaatiliste reguleerventiilide paigaldamine ei vähenda tarbimist, kui ruumitemperatuurid on algselt nii madalad, et termostaatidel ei ole võimalust piirata ülekütmist. Põhimõtteliselt võib termostaatiliste reguleerventiile paigaldada nii 2-toru kui 1-toru süsteemi küttekehadele. Säästuks hinnatakse 8 – 25 kWh/m³ ruumi kubatuuri kohta aastas, kuid suhteliselt väikeste investeeringutega (~10€ korteri 1m² kohta).

Jaotusvõrgus soojuskadude vähendamisest on saavutatav magistraaltorude korrektsel isoleerimisel ruumides, kus on niigi liiga soe või ta ei vaja üldse mingit kütet. Korralikku isolatsiooni nõutakse näiteks soojussõlmedes, keldrites ja kütmata ruumides kulgevatel torustikel. Vanade lagunenuid konstruktsiooniga isolatsiooni asendamisel keldritorustikel säästame 2 – 3 kWh/m³ kohta aastas. Tulemus avaldub ilmekalt ka alumise korruse ruumide sisetemperatuuri alanemises, mis omakorda eeldab samaaegselt keldrilae soojapidavuse parandamist.

Ringluspumba aegrelee rakendamisel saame paremini reguleerida küttesüsteemi soojusväljastust ööpäevase muutuva graafiku kohaselt. Sõltuvalt süsteemi eelnevast seisundist on saavutatav efekt kuni 10 % üldisest küttekoormusest. Taimer koos küttekehade termostaatventiilidega võib tõsta tulemust 20 – 30 %-ni.

Soojaveesüsteem sõltub kasutatavate seadmete efektiivsusest.

Näiteks termostaatsete segistikraanide kasutamisel säästame summaarsest energiakulust soojale veele 5 kuni 15%, kombineerides nimetatut veel vooluregulaatoriga tõuseb sääst 15 – 25 %-ni. Reguleerides veel täiendavalt soojavee ringluspumba tööd taimeriga või pöörete arvu muutmise kaudu, kasvab efekt veelgi.

Moodsamate ja paindlikumate reguleerimisvõimalustega seadmete kasutamine loob head eeldused täiendavateks säästudeks, eriti kui olemasolevate vanade tehniline seisukord nõuab tõsisest remonti või asendamist.

Renoveerimisega taotletavad piirete soojusjuhtivuse väärtused on võrreldavad meie kliimavööndi naabermaadega ja tehnosüsteemide kaasajastamine loovad eelduse säästlikuks soojusmajanduseks uue 21. sajandi esimesel kümnendil.

3.6 Rekonstrueerimistööde kokkuvõte

Meede	U-arv enne (W/ (m ² K))	U-arv pärast (W/ (m ² K))	Aastane sääst (MWh/a)	Investeering (€)
Fassaadi rekonstrueerimine	1	0,26	113,2	70000
Akende vahetus	3	1,3	51,7	45000
Katuse soojustamine	1,2	0,15	63,8	40000

Tabel 3.6-1 Rekonstrueerimistööde säästud ning maksumused

Eelolevast tabelist on võimalik näha, et enamus rekonstrueerimistööde tasuvusaeg tänaste ehitus – ja küttehindade juures on üle 10 aasta. Suurim aastane soojusenergia sääst on võimalik saavutada fassaadi rekonstrueerimisega. Kõige pikema tasuvusajaga ja samas väikseima soojusenergia säästuga on akende vahetus.

Kõikide investeeringute summaks on 155000€ ning kogu soojusenergia sääst tehtud tööde tulemusena on 228,7 MWh/a. Kui arvestada, et sooja hind tõuseb aastas keskmiselt 3% ning tehtava investeeringu diskontomäär on 2%, saame diskonteeritud tasuvusajaks ligikaudu 11 aastat. Arvutuskäik on näha järgmises tabelis:

Periood (aasta)	Sooja arve(€)	Investeering (€)	Kokku (€)	Sooja arve (€)	Investeering (€)	Kokku (€)	Diskonteeritud rahaline võit perioodis (€)
1	13 950,00	0,00	13 950,00	0,00	155 000,00	155 000,00	-141 050,00
2	14 340,60		14 340,60	0,00		0,00	14 059,41
3	14 742,14		14 742,14	0,00		0,00	14 169,68
4	15 154,92		15 154,92	0,00		0,00	14 280,82
5	15 579,25		15 579,25	0,00		0,00	14 392,82
6	16 015,47		16 015,47	0,00		0,00	14 505,71
7	16 463,91		16 463,91	0,00		0,00	14 619,48
8	16 924,90		16 924,90	0,00		0,00	14 734,14
9	17 398,79		17 398,79	0,00		0,00	14 849,70
10	17 885,96		17 885,96	0,00		0,00	14 966,17
11	18 386,77		18 386,77	0,00		0,00	15 083,55
							Summa: 4611,48

Tabel 3.6-2 Diskonteeritud tasuvusaja arvutus

4. REKONSTRUEERIMISTÖÖDE TÕHUSUS PALDISKI MNT. 171 PÕHJAL

4.1 Sissejuhatus

2006. aasta mai kuus kuulutas KredEx välja Eesti korterelamutele suunatud konkursi „Muuda oma korterelamu energiasäästlikumaks“. Konkursi põhieesmärk oli leida üks korterelamu Eestis, mis on valmis suurima energiasäästu saavutamise eesmärgil teostama oma korterelamus kompleksed rekonstrueerimistööd. Konkursil võisid osaleda kõik Eestis asuvad korterelamud, mis on ehitatud ajavahemikul 1955-1990 ning mille puhul on tegemist paneel-, blokk- või kivimajaga. Kortereelamus ei tohtinud viimase 5 aasta jooksul olla teostatud märkimisväärseid renoveerimis- ega rekonstrueerimistööid. Konkursile esitatud projektidest valisid BEEN projekti Eesti partnerid oma 20.06.2006 toimunud koosolekul võitjaks Paldiski mnt 171 korteriühistu, kellega sõlmiti koostööleping 4. septembril 2006. aastal.

Hoone funktsioon:	Kortereelamu
Ehitusaasta:	1977
Korteriite arv:	60
Elanike arv:	180
Kelder (jah/ei, köetav/mitteköetav)	Jah, mitteköetav
Korruste arv:	5
Ehitusalune pind:	Ca 800 m ²
Katuse pindala	Ca 750 m ²
Üldpindala:	3870,2 m ²
Köetav pindala	3035,1 m ²
Elamispindala	3143,9 m ²
Hoone kubatuur	12160 m ³
Hoone köetav sisekubatuur	8407,9 m ³
Hoone kõrgus*laius*pikkus	15,1 m * 12,88 m * 62,12 m

Tabel 4.1-1 Paldiski mnt 171 hoone tehnilised andmed

4.2 Ekspertiis

Esimese sammuna tellis ühistu 2003. aastal katuse ekspertiisi, 2004. aastal elamu konstruktsioonide ekspertiisi ja elamule 6. korruse pealeehitamise eskiisi. Korterelamu konstruktsioonide ekspertiisid konstateerisid, et välispiirete sarruse korrosiooni õigeaegsel tõkestamisel võib kandevõime säilida kuni aastani 2017 või kauem. Juba esimesed tagasihoidlikud arvestused (2004.a.) näitasid, et olulist energiakokkuhoidu võimaldav elamu rekonstrueerimine nõuab ca nelja miljoni krooni suurust investeeringut. Mais 2006 koostas OÜ EKE NORA Paldiski mnt 171 hoone täieliku renoveerimise orienteeruva maksumuse prognoosi – 12 miljonit krooni (kulutusi kokku 3 811 kr/m²).

4.3 Energiaaudit

2005. aasta aprillis telliti OÜ Energiasäästubüroolt energiaaudit koos termoulevaatusega, mis selgitas välja, et kui rakendada kõiki soovitatud meetmeid, siis võib korterelamus säästa ~50 % soojusenergiast.

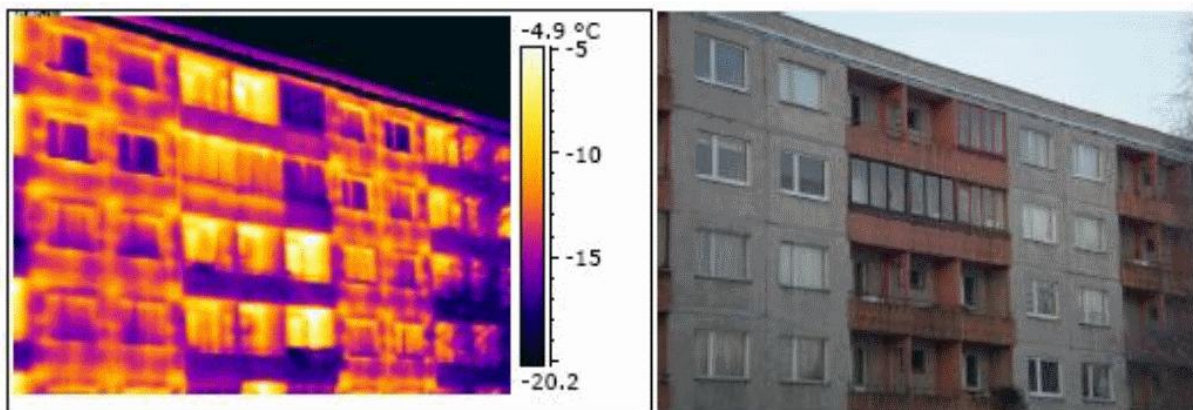
<i>Meede</i>	<i>Soojuskaod enne</i>	<i>Soojuskaod pärast</i>	<i>Sääst aastas</i>
	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Sokli soojustamine	6	3	3
Välisfassaadiseinte soojustamine	68	22	46
Kelderlae soojustamine	37	14	23
Toaakende, rõdude ja lodzade akende ja uste vahetamine	161	105	56
Trepikodade akende vahetamine	29	19	10
Keldri akende vahetamine	14	8	6
KOKKU	381	197	184

Tabel 4.3-1 Energiaauditist tulenev prognoos: piirdetarindid

<i>Meede</i>	<i>Soojussääst kWh/m²</i>	<i>Sääst MWh/a</i>
Ühetoru küttesüsteem asendada kahetorusüsteemiga ja teostada küttesüsteemi hüdrauliline tasakaalustamine	20	61
Küttesüsteemi jaotamine erineva tüüpkoomusega teeninduspiirkondadeks	6	18
Küttetorude, ventiilide soojustamine mitteköetavates ruumides	8	24
KOKKU	34	103

Tabel 4.3-2 Energiaauditist tulenev prognoos: küte

Termoülevalt näitas, et seinapaneelide nurkades olevate külmasildade kaudu toimub intensiivne soojuse väljavool ning samal ajal niiskuse kondenseerumine, mille tõttu paneele koos hoidvate keevisõmbluste piirkonnas toimub intensiivne tariraudade roostetamine. Külmasildade piirkonnas esineb seina sisepindadel isegi miinuskraade.



Joonis 4.3-1 Termopilt Paldiski mnt 171 esifassaadist

4.4 Katuse rekonstrueerimine

3.oktoobril 2006 sõlmiti ehitustöövõtuleping katuse rekonstrueerimiseks ettevõttega OÜ Brentex summas 777 297 krooni. Katusele paigaldati 200 mm Isoveri villa soojustuseks ja kaeti kahekihilise SBS materjaliga. Suitsuluukide avade lõikamisel ilmnes, et elamu ehitamisel oli kasutatud ebakvaliteetselt valmistatud katuslaepaneele – avade lõikamisel ilmnes varinguht. Tööd tuli seisata kuni projekteeriti ja valmistati trepikodade lagede toetamiseks metallist talakonstruktsioonid, mille paigaldamine lõppes 2007. aasta suvel. Lisatöödest tulenevalt kujunes katusetööde maksumuseks 818 714 krooni.

Tänu täiendavalt soojustatud katusele normaliseerusid viienda korruse korterite elamistingimused – kui varem oli viiendal korrusel talvel toatemperatuur 5-6 kraadi madalam alumiste korruste korterite omast, siis 2006/2007.aasta talvel toatemperatuurid ühtlustusid.

4.5 Akende vahetus ning rõdude rekonstrueerimine

9. novembril 2006 sõlmiti leping AS-iga Glaskek Tallinn 47 rõdu/lodža akna/uksekomplekti, 52 korteriakna ja 20 trepikoja-akna valmistamiseks ja paigaldamiseks kogusummas 669 709,28 krooni.

Rõdude rekonstrueerimiseks sõlmiti leping firmaga AS Felistral summas 1 557 600 krooni. Rõdude montaaži raskendas ülimalt halb rõdude betoonpaneelide omaaegse montaaži kvaliteet – kõrvalekalded vertikaalis ja plaanis ulatuvad kuni kaheksa sentimeetrini, mis tuli kõik välja rihtida tugipostide ja nende taldmike paigaldamisel. Selleks tuli aga tugiposte täiendavalt töödelda ehitusplatsil. Rõdu piirete ja vaheseinte asendamisel kasutati karastatud klaasi, viienda korruse rõdude kohale paigaldati karastatud-lamineeritud klaasist katused. Rõdud klaasiti ilma raamideta klaasisüsteemiga. Lisatööna tuli veel paigaldada lodžade käsipuud, sest vanad käsipuud olid amortiseerunud.

4.6 Välisseinte soojustamine

Välisseinte soojustamiseks laekus seitse hinnapakkumist, milledest madalaima ja kõrgeima hinna vahe oli 1,86 miljonit krooni. Vaid üks pakkumine oli alla kahe miljoni krooni. Mitmed ettevõtted vastasid ettepanekule teha hinnapakkumine omapoolse tingimusega, et kui ei anta garantiid 14 vähemalt kahe miljoni krooni aktsepteerimiseks, siis nad ei kavatse pakkumise ettevalmistamisega vaeva näha. Konkursi võitja OÜ Sandra Grupp soojustas ja viimistles hoone tagafassaadi – paigaldas 100 mm vahtpolüstürooli või mineraalvilla, mis on kaetud õhekrohviga; vahetas akende veeninad, parandas rõduplaatide alumisel pinnal rõdutaldmike paigaldamisel tekkinud kahjustused ja värvis plaadid alt; tihendas aknapõsed. Samuti viimistles ja värvis korterelamu otsseinad, mis olid aja jooksul lagunened ja grafititega soditud.

4.7 Küttesüsteemi parendamine

Küttesüsteemi parenduse konkursi võitis OÜ AGR hinnaga 846 844 krooni. Ehtiustööde käigus demonteeriti kogu maja ühetoruline küttesüsteemi ja rajati uus 2-toru küttesüsteem. Olemasolev soojussõlm korrastati, asendati kütteevee ringluspump väiksema võimsusega sagedusmuundurit omava pumbaga, kuna uue küttesüsteemi võimsus on ~50% endisest. Olemasolevad küttekehad asendati tänapäevaste radiaatoritega. Igale radiaatorile paigaldati eelseadega termostaatventiilid. Maksimaalse soojussäästu tagamiseks paigaldati küttekehadele andurid (küttekulujaoturid) soojustarbimise määramiseks ning korterelamule elektroonne soojusarvestussüsteem (MESA system). Kuna tööde käigus ei olnud vaja paigaldada/vahetada kõiki liiniseadeventiile, siis tööde maksumus kujunes planeeritust odavamaks, lõppmaksumus 808 040 krooni.

4.7.1 Küttekulu individuaalse arvestuse süsteem (MESA süsteem)

Küttekulujaoturid paigaldati kõikidele radiaatorile ja seade plommiti, et seda poleks võimalik vigastamata eemaldada. Küttekulujaotur mõõdab küttekeha pinna temperatuuri ja võtab arvesse ümbritseva ruumi temperatuuri. Vastavalt küttekeha soojuse väljastusele kujuneb iga konkreetse radiaatori tarbimisväärtus, mis saab kuu lõpus küttekulude jagamise aluseks. Küttekulujaoturi kogu andmeside toimub kodeeritud raadiosignaali abil. Andmete kogumiskeskus paigaldati hoone koridori. Lisaks tarnelepingule sõlmiti ka hooldusleping ja kasutatakse ka küttekulu arvestuse teenust. Kogu süsteemi maksumusega 176 480 krooni tarnis ja paigaldas MESA Eesti OÜ.

4.8 Rekonstrueerimisprojekti kogumaksumus

Projekti kogumaksumuseks koos projektijuhi, projekteerimise ja rekonstrueerimisega kujunes 6,3 miljonit krooni (403 tuhat eurot), mis on 2 006 krooni (128 eurot) elamispinna ruutmeetri kohta. Sellises mahus investering korterelamusse on võrreldes tavapärase investeringuga korterelamute korrashoidu väga kõrge.

<i>Projekt</i>	<i>Maksumus (EUR)</i> <i>Aasta 2006</i>
Projektijuht/Ehitusjärelvalve	7669
Katuse ja ventilatsiooni projekteerimine	1734
Küttesüsteemi projekteerimine	2262
Fassaadi projekteerimine	1960
Katuse ehitus	52325
Akende vahetus	46663
Rõdud ja lodzad	107929
Fassaadi rekonstrueerimine	119566
Küttesüsteemi ehitus	51643
Kõttekulu individuaalse arvestuse süsteem	11279
KOKKU	403035

Tabel 4.8-1 Rekonstrueerimisprojekti maksumus osade kaupa

4.9 Rekonstrueerimisprojekti tulemus

Läbiviidud rekonstrueerimisprojekti tulemuseks on kaasaegse välisilmega soojustatud ja individuaalselt mõõdetava küttesüsteemiga korterelamu, kus saavutatakse eeldatavalt 40% energiasääst. Elanike üldine maksekoormus (eluasemele) küll tõusis, aga tänu energiasäästule suudavad elanikud oma kohustused täita.

	Aasta:	2004	2005	2006	2007
Mõõdetud soojustarbimine	MWh/a	652	580	561	453

Tabel 4.9-1 Korterelamu soojustarbimine aastate lõikes

Kui arvestada tänapäevaseid soojahindasid (Tallinna Küte, märts 2014 – 61 €/MWh), saame aastaseks kokkuhoiuks (2007 ja 2004 aasta võrdluses) 12139€. Kogu projekti tasuvusajaks võime seega püsivate soojushindade juures arvestada ligikaudu 33 aastat.

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli vaadelda korterelamute sisekliima nõudeid ja nende komponente, selgitada välja, milliseid meetmeid saavad korteriühistud rakendada, et vähendada soojaarveid ning arvutada nende investeringute eeldatavad tasuvusajad.

Töös oli antud ülevaade kõneall olevast „Hruštšovka“ tüüpi korterelamust ning teguritest, mis määravad elukeskkonna sisekliima: ruumi temperatuur, õhu niiskus, õhu liikumiskiirus. Lähemalt antud ülevaade nõudmistest, mis on ette nähtud õhutemperatuurile elamutes.

Töö teises osas kirjeldati täpsemalt soojusenergia kokkuhoiu meetmeid, nagu näiteks soojustagastusega ventilatsiooni kasutamine, et vältida liigset soojuskadu läbi loomuliku õhuringluse. Oli vaadeldud, kui suur on rahavõit korteriühistule, kui vahetada elamus puitaknad tänapäevaste plastikakende vastu. Samuti on tehtud arvutused näitamaks, milline on tasuvusaeg lae ja fassaadi soojustamise korral. Kõikide meetmete summeeritud väärtuste korral on arvatud ka diskonteeritud tasuvusaeg, kus on arvesse võetud soojusenergia hinnatõusu ning diskontomäära.

Töö kolmandas osas on antud ülevaade 2006. aastal alustatud põhjalike rekonstrueerimistööde tulemustest, mis viidi läbi aadressil Paldiski Mnt. 171 asuvas korterelamus KredEx'i poolt välja kuulutatud konkursi raames. Välja on toodud energia auditist tulenevad kokkuhoiu prognoosid nii piirdetarindite rekonstrueerimisel kui küttesüsteemide uuendamisel. Külmasildade ja muude probleemide väljatoomiseks on antud termopilt kõneall oleva korterelamu esifassaadist. Lühidalt on kirjeldatud ka antud projekti tulemusi, nii majanduslikust aspektist kui ka inimeste elukeskkonna parendamise küljepealt.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Kaido Hääl, Toomas Laur, Lennart Sasi ja Villu Vares, „Energiasääst kortermajas“, Tallinn 2000
2. EVS 908-1:2010 – Hoone piirdetarindi soojusjuhtivuse arvutamine
3. EVS-EN ISO 13370:2008 – Hoonete soojuslik toimivus
4. <http://kundamae20.ee/wp-content/uploads/2012/03/M%C3%A4e-20-Energiaauditi-aruanne.pdf>
5. E. Abel, H. Voll. Hoonete energiatarve ja sisekliima. Presshouse, 2010
6. „Paldiski mnt. 171 Tallinn asuva korterelamu rekonstrueerimise aruanne“ Tallinn 2008
7. O.Seppänen, M. Seppänen „Hoone sisekliima kujundamine“, Tallinn „Koolibri“ 1998, lk.269
8. Hoone energiaaudiitorite koolitus. Tallinna Tehnikaülikool, 2008.
9. www.plasto.ee tootekatalog
10. Paneelmajade renoveerimisest. AX Conculding/Axovaatio Oy ja ESP Engineering. Tallinn, 1995.