

Avdelningen för Installationsteknik
Examensarbete TVIT—20/5074
Lund 2020

Utvärdering av energi och inomhusklimat i bostäder i Gammalsvenskby, Ukraina



Viktor Kauranen
Philip Lindström



LUNDS
UNIVERSITET

Utvärdering av energi och inomhusklimat i bostäder i Gammalsvenskby, Ukraina

Viktor Kauranen
Philip Lindström

Examensarbete
Avdelningen för Installationsteknik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

© Viktor Kauranen, Philip Lindström

ISRN LUTVDG/TVIT—20/5074--SE(99)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

Majoriteten av bostäderna på landsbygden i Ukraina är ineffektiva ur ett energiperspektiv, och de har ett bristfälligt inomhusklimat. En stor del av bostadsbeståndet i Ukraina är i stort behov av renovering eftersom det är föråldrat och energianvändningen är hög. Mer än 70% av bostadsbeståndet beräknas ha behov av ytterligare isolering, och energianvändningen är i genomsnitt 210–240 kWh / (m² · år) (Svistun, et al., 2018), vilket är nästan dubbelt så högt som det europeiska genomsnittet på 125 kWh / (m² · år) (European Environment Agency, 2015). Denna studie syftar till att undersöka möjligheten att minska energianvändningen i husen i Gammalsvenskby, liksom möjligheten att förbättra inomhusmiljön. Intervjuer genomfördes med invånarna, tillsammans med en grundlig utredning av de olika husens konstruktion och system.

Mätningar gällande luftomsättning, fukttinnehåll och temperatur utfördes för att samla in data för de olika simuleringarna av renoveringsalternativ. Resultaten av energisimuleringarna användes sedan för energi-, livscykelkostnads- och återbetalningstidsberäkningar. Vår analys visade att renoveringsalternativen innehållande värmepump eller utvändigt tilläggsisolering av yttervägg, hade en stor inverkan på energibesparingen. Slutsatsen av denna studie är att installation av en värmepump, tillsammans med tilläggsisolering av yttervägg, kommer minska energianvändningen samtidigt som inomhusmiljön förbättras.

Titel:	Utvärdering av energi och inomhusklimat i bostäder i Gammalsvenskby, Ukraina
Författare:	Viktor Kauranen, Philip Lindström
Handledare:	Dennis Johansson, avdelningen för Installationsteknik
Examinator:	Lars-Erik Harderup, avdelningen för Byggnadsfysik
Nyckelord:	Energieffektivisering, inomhusklimat, Gammalsvenskby, energiutvärdering, energisimulering, ekonomi, livscykelkostnadsanalys

Abstract

The majority of the dwellings in the rural areas of Ukraine are inefficient from an energy perspective, as well as having an inadequate indoor climate. A large part of the housing stock in Ukraine is in great need of renovation as it is outdated, and the energy use is high. More than 70% of the housing stock is estimated to be in need of additional insulation, and energy use is on average at 210–240 kWh/(m²·year), which is almost twice as high as the European average at 125 kWh/(m²·year). This study aims to investigate the possibility of reducing the energy use in the houses in Gammalsvenskby, as well as the possibility of improving the indoor environment. Structured interviews were conducted with the residents, along with thorough investigation of the different houses' construction and systems. Measurements regarding air circulation, moisture content, and temperature were performed, to collect data for the various simulations of renovation alternatives. The results of the energy simulations were then used for energy, life cycle cost and payback time calculations. Our analysis showed that the renovation alternatives containing heating pump or external insulation of the exterior wall had a big impact on energy saving. The conclusion of this study is that installing a heating pump, along with adding external insulation to the exterior walls, will greatly decrease the energy use, along with improving the indoor environment.

Förord

Att få möjligheten att åka till Ukraina och besöka Gammalsvenskby har varit en mycket lärorik och inspirerande upplevelse, där vi fått äran att träffa och lära känna flera fantastiska människor. Detta examensarbete har genomförts våren 2020 som en avslutande del i högskoleingenjörsprogrammet i Byggt teknik med arkitektur, på institutionen för bygg- och miljöteknologi vid Lunds tekniska högskola.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Dennis Johansson, vars idé ligger till grund för detta arbete, samt all den hjälp och handledning vi fått under arbetets gång. Vi vill också tacka vår examiner Lars-Erik Harderup, som under platsbesöket i Ukraina var till stor hjälp, och Petter Wallentén som hjälpt oss med VIP-Energy. Slutligen vill vi rikta ett stort tack till människorna i Gammalsvenskby som bjöd på sällan skådad gästvänlighet, utan er hade inte detta arbete varit möjligt.

Lund, juni 2020

Viktor Kauranen & Philip Lindström

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	ii
Förord	iii
Innehållsförteckning	v
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Ukraina	1
1.1.2 Gammalsvenskby.....	2
1.1.3 Problemområdet.....	3
1.1.4 Litteraturstudie.....	3
1.2 Mål.....	7
1.3 Avgränsningar	7
2 Metod och teori.....	9
2.1 Intervjuer	9
2.2 Byggnadsbeskrivning på fallen	10
2.3 Uppvärmningssystem	10
2.4 Ventilation och inomhusklimat	10
2.4.1 Mätning av luftomsättning.....	11
2.4.2 Mätning av temperatur och luftfuktighet.....	11
2.5 Energikostnader och energianvändning.....	12
2.6 Energiberäkningar	14
2.7 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel.....	16
2.8 LCC och ekonomi.....	17
2.9 Undersökning av övriga hus i Gammalsvenskby	18
3 Resultat	19
3.1 Fall 1.....	20
3.1.1 Intervju	20
3.1.2 Byggnadsbeskrivning	22
3.1.3 Uppvärmningssystem	25
3.1.4 Ventilation och inomhusklimat.....	26
3.1.5 Energikostnader och energianvändning.....	28
3.1.6 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel.....	29
3.1.7 Energiberäkningar	32
3.1.8 Ekonomi och LCC.....	36
3.2 Fall 2.....	39
3.2.1 Intervju	39
3.2.2 Byggnadsbeskrivning.....	39
3.2.3 Uppvärmningssystem	42
3.2.4 Ventilation och inomhusklimat.....	43
3.2.5 Energikostnader och energianvändning.....	46
3.2.6 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel.....	47
3.2.7 Energiberäkning.....	49
3.2.8 Ekonomi och LCC.....	53
3.3 Fall 3.....	56
3.3.1 Intervju	56
3.3.2 Byggnadsbeskrivning	56

3.3.3	Uppvärmningssystem	58
3.3.4	Inomhusklimat	58
3.3.5	Energikostnad och energianvändning	60
3.3.6	Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel	60
3.4	Fall 4	61
3.4.1	Intervju	61
3.4.2	Byggnadsbeskrivning	62
3.4.3	Uppvärmningssystem	63
3.4.4	Inomhusklimat	63
3.4.5	Energikostnad och energianvändning	65
3.4.6	Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel	65
3.5	Generalisering till övriga byggnader	66
4	Diskussion och slutsats	73
4.1	Studiens resultat	73
4.1.1	Fall 1	73
4.1.2	Fall 2	74
4.1.3	Fall 3	76
4.1.4	Fall 4	76
4.2	Jämförelse med tidigare studier	77
4.3	Skillnader och likheter mellan fallen	78
4.4	Fuktsäkerhet	81
4.5	Generaliserbarhet och osäkerhet	81
4.6	Slutsats	84
	Referenser	85

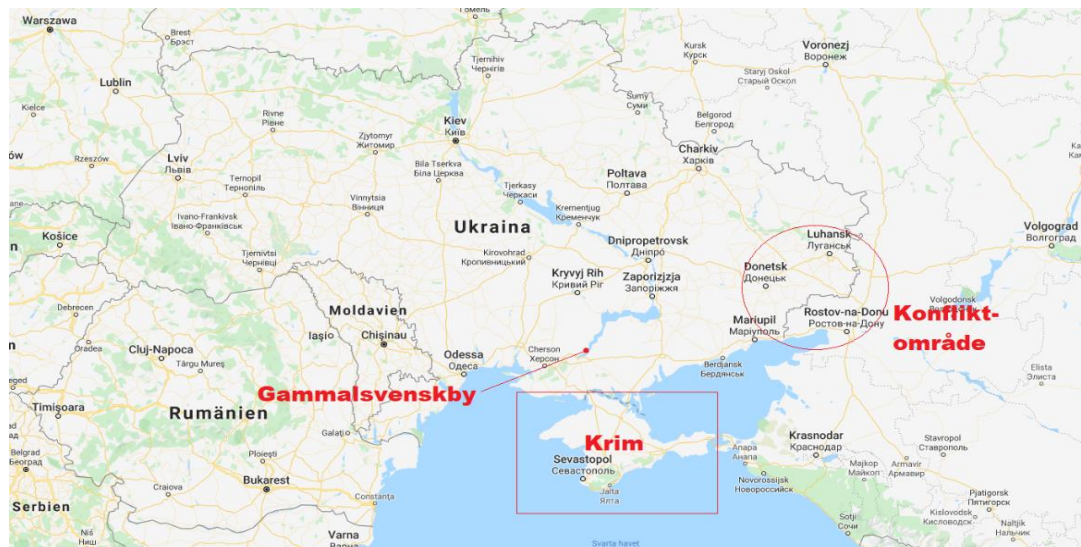
1 Inledning

1.1 Bakgrund

1.1.1 Ukraina

Ukraina, med huvudstaden Kiev är ett land i östra Europa med gränser mot bland annat Ryssland, Polen, och Ungern. Den lokala valutan är hryvnia och förkortas med UAH. Invånarantalet var år 2017 ungefär 45 miljoner. Huvudspråket är ukrainska, men många talar även ryska och det kyrilliska alfabetet används som skriftspråk (Landguiden, 2019). Efter självständigheten från Sovjetunionen 1991 har det politiska systemet kantats av problem och korruption, och räknas 2019 som en hybridregim. Demokratiindex ligger för 2019 på 5,9/10, men är på uppgång jämfört med tidigare år. (The Economist Group, 2020)

Landets aktuella politik påverkas till stor del av konflikten i östra Ukraina och de ekonomiska svårigheter som detta har medfört. I slutet av 2013 blossade demonstrationer upp i landet då den dåvarande presidenten Viktor Janukovitj ville närma sig Ryssland politiskt istället för EU. Han avsattes i maj 2014 efter flera månader av oroligheter, där 105 demonstranter dödades av kravallpolis, och flydde till Ryssland. I de östra delarna av Ukraina är fler rysslandsvänliga och en majoritet pratar ryska, dessa vill ansluta sig till Ryssland, medan demonstranterna i Kiev motsatte sig ett närmande. Pro-ryska separatister ockuperade statliga byggnader i ett flertal städer, och genomförde en olaglig folkomröstning på Krimhalvön för att skilja sig från Ukraina. Omröstningen vanns med stor majoritet, och Ryssland annekterade Krim kort därefter. Konflikten eskalerade till fullskaligt krig med blodiga sammandrabbningar mellan ukrainska styrkor och separatister med stöd av Ryssland. Konflikten är fortfarande pågående, och i slutet av 2019 hade 13000 personer mist livet, och 1,7 miljoner har blivit bostadslösa. (Landguiden, 2020)



Figur 1.1: Karta över Ukraina där konfliktområdet framgår, samt var Gammalsvenskby är lokaliserat.

Dagens Ukraina räknas som ett av de fattigaste länderna i Europa, där enbart en tiondel kan räknas som medelklass (Landguiden, 2019). I Kherson Oblast (Херсонська), en provins, där Gammalsvenskby ligger, så är medelinkomsten per månad 9828 UAH (ungefär 365 EUR) för 2019 (Landguiden, u.d.). Landets BNP per person ligger på 2826 EUR för 2018, jämfört med Sverige som ligger på 49401 EUR för samma år (Landguiden, u.d.). Landets valuta, hryvnia (UAH) har dessutom tappat en stor del av sitt värde sedan oroligheter i landet bröt ut 2014, vilket har resulterat i att pris på importerade varor har stigit. En euro kostade i januari 2020 26,94 UAH, i april 2013 var motsvarande summa 10,64 UAH (XE Inc, 2020).

En stor del av bostadsbeståndet i Ukraina byggdes under perioden när landet tillhörde Sovjetunionen, och en stor del av beståndet är i stort behov av renovering då det är föråldrat och energianvändningen är hög. Mer än 70% av bostadsbeståndet uppskattas vara i stort behov av tilläggsisolering, och energianvändningen ligger i genomsnitt på 210–240 kWh/(m²·år) (Svistun, et al., 2018). Energianvändningen per kvadratmeter är nästintill dubbelt så hög jämfört med EU-medelvärdet på 125 kWh/(m²·år) (European Environment Agency, 2015). Behovet av att energieffektivisera bostäderna är alltså stort, samtidigt som kostnaden för att genomföra åtgärder är hög.

1.1.2 Gammalsvenskby

Året var 1781 och Sverige som länge hade räknats som en stormakt i Europa hade förlorat sina erövrade områden i Estland till Ryssland. På Dagö i norra Estland bodde ungefär 2000 personer med svenskt ursprung med svenska som modersmål. Under den här tiden så styrde kejsarinnan Katarina Den Stora i Ryssland, och ryska armén hade nyligen erövat områden i södra Ukraina. Dessa områden med bördig jord behövde koloniserats efter att de tidigare invånarna hade tvingats bort. Den ryska kejsarinnan la samma år fram en ukas, en form av förordning som tvingade Dagösvenskarna att tvångsförflyttas till sydöstra Ukraina, till ett område precis intill floden Dnjepr.

Vägen till Ukraina blev hård för de 1200 som lämnade Dagö, på vägen dog nästan hälften av utvandrarerna. Efter 8 månaders vandring nåddes destinationen, och den första Maj 1782 grundades Gammalsvenskby. Livet i Ukraina blev svårt då jorden som lovats inte var så bra som tidigare sagts. På 1900 talet då Ukraina anslöts till Sovjetunionen blev livet ännu svårare, och många av Dagösvenskarna vågade inte längre utöva sina svenska traditioner eller prata svenska, kontakten med Sverige upphörde dessutom nästan helt och först efter Sovjetunionens fall så upptogs kontakten igen. Under andra världskriget drabbades även byn hårt när tyskarna passerade och förstörde många av de ursprungliga husen.

I dagens Gammalsvenskby är det enbart ett fåtal som förstår och pratar svenska, utöver ukrainska och delvis ryska som är huvudspråket. I byns skola kan både barn och vuxna lära sig svenska, dock varierar intresset. På Gotland finns det en förening som heter Svenskbyborna, föreningen håller kontakt med byn och hjälper invånarna med mediciner och är även med och stöttar rent ekonomiskt. Många byggnader i byn är eftersatta och i stort behov av renovering och andra energieffektiviserande åtgärder.

1.1.3 Problemområdet

För att energieffektivisera byggnader i Ukraina måste en rad olika barriärer överkommas. För att förstå dessa kan en jämförelse göras med en studie (Timilsina, et al., 2016) där författarna frågade 500 företag angående att energieffektivisera sin verksamhet, och vilka barriärer som de anser vara mest problematiska. Studien visade att en klar majoritet av företagen hade det som hög prioritet att energieffektivisera sin verksamhet, och att investeringar gjorts eller tänker göras inom den närmsta framtiden. Den största barriären var den ekonomiska, då det krävs en stor förskottsbetalning och att kostnaden för kapital har stigit då räntorna är höga. Brist på information angående vilka åtgärder som kan göras i sin verksamhet är en annan barriär som tas upp. Dessutom beskrivs också bristen på effektiva politiska satsningar som kan hjälpa företagen, samt att det är svårt att få tag i rätt utrustning och att det är väldigt dyrt att importera från andra länder.

Det största problemet är alltså den ekonomiska faktorn. Precis som för företagen är räntan vid låntagning också hög för privatpersoner. Enligt (The World Bank, 2019) låg räntan på 19% för 2018, samtidigt som inflationen samma år låg på 11% (The World Bank, 2019). Den höga räntan medför ett stort hinder för privatpersoner att energieffektivisera sina hus på egen hand då kapital inte finns till att låna. Läget i Gammalsvenskby är detsamma som i övriga Ukraina. Behovet av att minska energianvändningen är stort då kostnaden för uppvärmning på vintern blir hög. I Gammalsvenskby och andra liknande byar försörjer sig många på att odla och sälja exempelvis potatis. Detta medför en varierande inkomst över året och är beroende av att skörden blir bra. Den höga kostnaden för uppvärmningen är ett problem då en stor del av inkomsten går till detta.

1.1.4 Litteraturstudie

1.1.4.1 Energieffektivisering och generella åtgärder

Energieffektivisering kan definieras som att mindre energi används för att utföra samma sak, det vill säga att energiförlusterna och energianvändningen minskas utan att påverka funktionen (Environmental and Energy Study Institute, u.d.). En byggnad har en viss funktion, ett av kraven enligt Plan- och bygglagen är att den ska vara avsedd att vara konstruerad så att människor kan uppehålla sig i den (Finansdepartementet SPN BB, 2010). Det krävs energi för att en byggnad ska kunna vara i drift, där uppvärmning, elektricitet, och tappvarmvatten är de största posterna. Användningen av energi styrs främst av brukarbeteende av tidigare nämnda poster, samt hur byggnaden är konstruerad. Genom både enkla och mer avancerade åtgärder kan energianvändningen minskas utan att funktionen påverkas negativt. Nedan presenteras några generella lösningar på energieffektivisering av en byggnad.

I en byggnad så sker de största energiförlusterna genom transmission genom väggar, tak, fönster, golv, och genom ventilationen. Temperaturdifferenser kommer alltid att jämnas ut, där varm luft kommer att strömma dit det är kallare. Värmeenergi transporteras ut genom konstruktionen, och storleken på förlusten beror på delarnas värmemotstånd. För att minska förlusterna kan material med låga värmeledningstal väljas när väggar, tak, och golv projekteras. Vid val av fönster och dörrar väljs de utifrån hur låg värmegenomgångskoefficienten är (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Det är också viktigt att se till så att konstruktionen är tät så att det inte sker något oavsiktligt läckage av uppvärmd luft (Harderup, et al., 2017).

Val av ventilationslösning påverkar energianvändningen, då tilluften måste värmas till rumstemperatur samt att fläkten som driver systemet drar elektricitet. En av de bättre lösningarna är att installera ett system med mekanisk frånluft och tilluft, med värmeåtervinning, ett så kallat FTX-system (Warfvinge & Dahlblom, 2010). De största fördelarna är att värmen i frånluften kan tas till vara, samt att tilluft inte tas in med uteluftsdon där den kalla luften kan ge drag. Luften filtreras och renas även innan den når innemiljön. FTX-system är dock dyra utifrån den direkta installationskostnaden, men vinningen på längre sikt lönar sig då uppvärmningskostnaden minskar (Soliduct AB, 2020). Ett annat alternativ är att ha behovsanpassad ventilation som styrs utifrån personnärvaro, temperatur, eller relativ luftfuktighet. En regulator mäter dessa inomhusklimatparametrar och reglerar ventilationen när en bestämd parameter överskrids. På så sätt sparas energi då fläkten inte går på full drift konstant (Dantherm, u.d.).

En annan åtgärd som kan göras för att energieffektivisera en byggnad är att se över hur huset värms upp. Idag finns det en rad olika system för uppvärmning, både bättre och sämre utifrån verkningsgrad, ekonomiska aspekter, och hur miljövänliga de är. Ett vanligt alternativ är att ha någon form av värmepump som tar till vara på och hämtar energi från marken eller luften. En markvärmepump hämtar energi från nedgrävda slingor i trädgården, eller djupa borrhål i berggrunden. Markvärmepump, eller bergvärmepump som det också kallas om det är borrhål, är det dyraste alternativet men också det som ger störst energivinning. En frånluftsvärmepump tar till vara på energin i ventilationsluften men kräver kanaldragning i huset vilket medför kostnader. Det billigaste alternativet är en luft/luftvärmepump som med hjälp av direktverkande el värmer inomhusluften. Ett annat bra och ekonomiskt sätt att värma är att elda i en kamin, med ved eller pellets som är förnyelsebara biobränslen. Både värmepumpen och kaminen går att kombinera med solpaneler för att effektivisera ytterligare genom att ta till vara på solvärmens (Villaägarnas Riksförbund, 2018). Givetvis går det också att välja bort eldnings helt, och enbart använda sig av solvärme eller solex.

1.1.4.2 Liknande studier inom energieffektivisering

Det finns flera tidigare studier som handlar om renovering och energieffektivisering. (Kalamees, et al., 2014) studerar 67 olika hus, varav 24 hus i Estland, 20 hus i Finland och 23 hus i Sverige. Studien går ut på att analysera olika renoveringsalternativ för att förbättra energiprestandan i kalla klimat. Genom en kombination av fältmätningar och simuleringar, så undersöktes olika renoveringsalternativ för att förbättra byggnadernas energiprestanda. Metoden som användes i studien, är att genom fältmätningar få in data för att skapa simuleringssmodeller angående inomhusklimat och energi. Dessa används sedan för att beräkna energianvändningen av olika renoveringsåtgärder.

De åtgärder som undersöktes utifrån energiprestanda och inomhusklimat var följande:

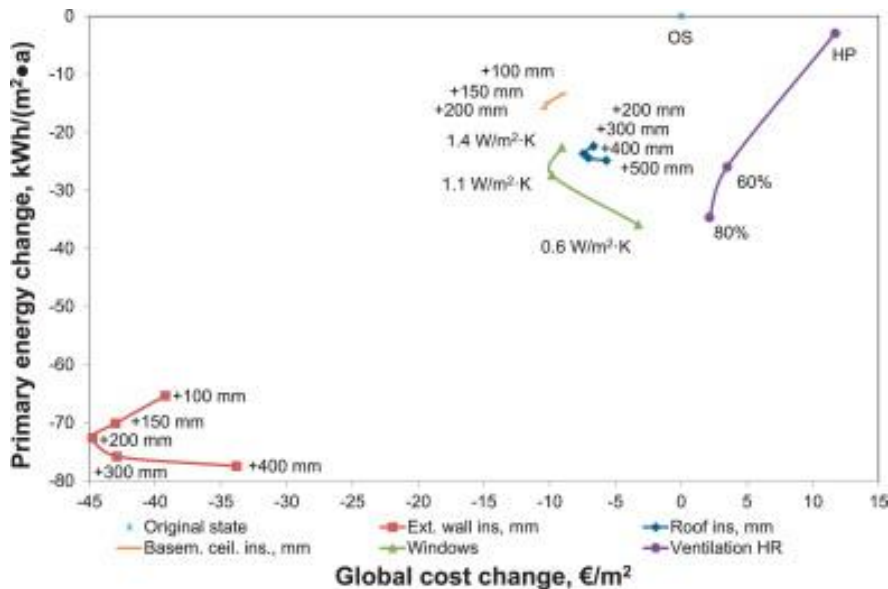
- Lägga till ventilationssystem med värmeåtervinning
- Minska köldbryggor och täta läckage
- Minska U-värde av huset (tak, ytterväggar, golv och fönster)
- Öka effektiviteten av energikällan och värmesystemet

Resultatet av studien visar att utvändigt isolering av ytterväggen har störst potential för att spara energi, jämfört med andra renoveringsalternativ. Detta eftersom isoleringen har relativt den gamla väggen betydligt lägre värmeledningstal och även för att den påverkar hela fasaden.

I en annan studie (Kalamees, et al., 2014) tar de upp energieffektiviserande åtgärder för flerbostadshus i Estland. Studiens syfte är att tillhandahålla ekonomiskt genomförbara renoveringsåtgärder för hus i kallt klimat.

Metoden som användes i studien var att de undersökte de byggnader som det finns flest av i landet. Mätningar skedde över tre år, där användning av elektricitet, gas, varmvatten och ventilation mättes. Simulering skedde i två steg. Först kalibrerades byggnadsmodellen utifrån mätdatan. Därefter simulerades byggnadsmodellen utefter hur byggnaden vanligtvis används för att kunna komma fram till vilka åtgärder för energianvändningen som skulle vara möjliga. Programmet som användes i studien för att simulera energi och inomhusklimat var IDA Indoor Climate and Energy 4.5. Sista delen av metoden som användes var de ekonomiska beräkningarna, där kostnadseffektiviteten av energibesparingsåtgärderna och återbetalningstiden utvärderades.

De tar upp att det finns ett stort behov att energieffektivisera på grund av stigande energipriser och energibesparingspolitik. Enligt figur 1.2 så redovisas de olika åtgärderna och vilken påverkan de hade på energiprestanda och årskostnad.



Figur 1.2: Graf från studien (Kalamees, et al., 2014) som visar ändringen i energiprestanda och den definierade globala kostnaden vid olika individuella renoveringsåtgärder.

I grafen framgår det att en optimal punkt i detta fall ligger långt ner i grafen, samtidigt som den ligger så långt till vänster som möjligt, då sparas maximalt på både energi och kostnad. Även i denna studie framgår det att utvändigt isolering av yttervägg har störst påverkan både på energiprestanda och global kostnad, vilket framgår i figur 1.2.

(Bagge & Johansson, 2019) undersökte olika parametrar som påverkar inomhusklimatet. Studiens syfte var att undersöka och analysera hygrottermiska parametrar och sedan beskriva mätresultaten för att de skulle kunna användas som referensvärden vid framtida arbeten inom byggnadsbranschen. De byggnader som undersöktes var tre byggnader i tre olika städer i Sverige, där totalt 81 lägenheter ingick.

Metoden som användes i studien delades upp i tre steg, byggnader, mätningar och analyser. De olika byggnaderna beskrivs, från lägenheternas storlek till vilka ventilationssystem som används, exakta positioner som mätverktyg varit placerade på, och även hur analysen presenteras.

De parametrar som analyserades var fuktillskott, inomhustemperatur och relativa fuktigheten, och hur dessa varierar över olika tidsskalor, som dagar, veckor och år. I resultatet av studien presenteras att medelvärdet för fuktillskottet ligger på runt 2 g/m³, där värdet är lite högre på vintern, och lite lägre på sommaren. Två av byggnaderna i studien har mekanisk till- och frånluft med värmeåtervinning, medan en av byggnaderna har ett mekaniskt frånluftssystem med värmeåtervinning i form av en frånluftsvärmepump.

I ytterligare en studie (Bergström & Johannessen, 2013) gjordes en uppföljning av renovering på ett flerbostadshus i Kirgizistan som genomfördes 1995/1996. I studien undersöktes två olika byggnader, ett som renoverades och ett som inga åtgärder gjordes på. På husen var det stora värmeförluster genom väggarna, samt vid fönsterna som dessutom saknade tillräcklig isolering, och detta beräknades stå för 50% av den totala energiförlusten vid uppvärmning. Det framgick också att värmesystemet var felaktigt och ineffektivt då det var föråldrat, läckte, och hade väldigt höga temperaturer på mellan 80–90°C. Ventilationen var bristfällig, det saknades tilluftsdon i samtliga lägenheter men det fanns däremot någon form av frånluftsdon i kök och badrum, istället förlitas det på att fönster öppnas och att det sker luftläckage vid dessa.

En rad åtgärder gjordes, bland annat tilläggsisolerades väggar och tak, termostater och vattenmätare installerades, rörisolering för att förhindra värmeförlust, samt radiatorsystemet injusterades korrekt för att värmefördelningen skulle vara så bra som möjligt. Däremot gjordes inga åtgärder på ventilationen. Efter renoveringen så mättes energibesparingen till 40% jämfört med byggnaden som inte renoverades.

I uppföljningen (Bergström & Johannessen, 2013) genomförs intervjuer med de boende i båda byggnaderna. I studien dras slutsatsen att komforten upplevs vara bättre i den renoverade byggnaden. Detta då de boende i större uträkning är missnöjda med inomhustemperaturen på vintern, samt att flera hade installerat ytterligare radiatorer utöver de befintliga jämfört med det renoverade huset. Problem med fukt upplevdes av de boende vara något sämre i den icke renoverade byggnaden. Det tas också upp att fönsterna varierar på de båda byggnaderna, då alla inte byter dessa samtidigt. De nyare fönsterna med PVC-karm är lufttätare jämfört med de äldre träfönsterna, vilket medför att den ventilation som har skett genom läckage försvinner. Dock nämns det att vädring sker i stor utsträckning. Slutligen tas det upp att vid renoveringen 1996 så var tilläggsisoleringen ett dyrt alternativ, men vid uppföljningen 2013 så ger de fortfarande bättre komfort jämfört med det icke renoverade huset. Inga av de andra åtgärderna som gjordes 1996 fungerade som de skulle 2013, förutom tilläggsisoleringen som trots sitt högre pris konsekvent ger en längre förbättring till byggnaden.

1.2 Mål

Målet är att genom en beräkningsmässig studie undersöka möjligheten att minska energianvändningen i husen i Gammalsvenskby, men också möjligheten att förbättra innemiljön. Olika lösningar analyseras med avseende på fuktsäkerhet, ekonomi och energianvändning med fokus på energianvändning. Förslag på rimliga lösningar ska sedan presenteras.

1.3 Avgränsningar

Endast husen i Gammalsvenskby studeras, vilket innebär att eventuella generaliseringar till andra orter i Ukraina eller före detta Sovjetunionen inte analyseras. Vad gäller ekonomisk analys görs enbart överslagsmässiga uppskattningar. Fuktsäkerhet berörs endast kort.

2 Metod och teori

I detta kapitel beskrivs metoderna och tillvägagångssätten för de olika delmomenten till fallstudien, detta för att kunna uppnå arbetets mål. Viktig teori kommer också att tas upp för att kunna vara till grund för resultatet och vidare diskussion och slutsats. Studien utförs som en fallstudie med fyra olika fall, och samtliga fall kommer att presenteras var för sig i kapitel 3. En avslutande diskussion kommer att ta upp skillnader och likheter mellan fallen och avslutas med en slutsats.

Fallstudien kommer att göras på fyra byggnader, där huvudfokus ligger på fall 1 och fall 2. På dessa fall kommer det att göras en energisimulering där olika förbättringar kommer att testas och utvärderas. Utöver energisimuleringen kommer det också att göras intervjuer och dokumentering gällande energianvändning och inomhusklimat, detta görs på samtliga fyra fall. Intervjuerna och dokumenteringen ligger sedan som grund för att göra en jämförelse med diskussion på likheter och olikheter mellan de olika fallen. En mer övergripande dokumentation av två gator i byn ska också göras, detta för att få en överblick av byggnadsbeståndet i byn, för att se om förslagen på lösningar är applicerbara på fler hus.

2.1 Intervjuer

En intervju görs med de boende i de hus som utgör de fyra fallen. Intervjun syftar till att ge viktig information utifrån de boendes perspektiv, genom att de själva får berätta om upplevda problem, men också om fastighetens energianvändning. Sju frågor ställs enligt följande:

1. Vilka rum i huset värms upp, och vilka rum värms inte upp?
2. Hur många brukar vistas i huset, dvs hur ser det genomsnittliga närvaroschemat ut?
3. Var brukar tvätten hängas upp för att torka?
4. Vilken typ av uppvärmningskälla används?
5. Finns det någon form av ventilation i huset?
6. Upplevs problem med fukt och dålig ventilation?
7. Hur mycket, och vilken energi köps per år? Finns det någon räkning för energianvändning?
8. Övrigt (Används om de boende har något att tillägga)

En ytterligare punkt, övrigt, används till att ta upp eventuella saker som de boende tar upp på eget initiativ. Intervjun sker på svenska, och det är viktigt att alla inblandade förstår varandra.

2.2 Byggnadsbeskrivning på fallen

För att skaffa oss en uppfattning om hur byggnaderna är utformade i området så görs platsbesök i byn. I byn undersöks ett flertal hus. Många av dem står även tomma och förfallna, vilket gör det lätt att inspektera byggnadernas olika uppbyggnad och material. Byggnaderna dokumenteras med bilder och prickas ut på karta för att få en djupare inblick om hur området ser ut, och visar även vilka byggnader som valts för att representera byns helhet. Byggnaderna som fokuseras på i studien mäts och undersöks noggrannare då dessa byggnader är underlag för alla beräkningar.

De boende får frågan om de har tillgång till någon officiell planritning med huvudmått på respektive byggnad. Om det är möjligt och tillåtelse ges, fotograferas dessa ritningar. Då ritningarna står på ukrainska med kyrilliska bokstäver, kommer en översättning vara nödvändig av vissa namn och beteckningar. Om möjligt så kommer de boende hjälpa till med översättningen.

Följande kommer att dokumenteras på respektive fall, samt vid rundvandringen i byn:

Fall 1 och 2:

- Planlösning ska efterfrågas.
- Fotografering av huset inomhus och utomhus.
- Noggrannare längdmätning av rum och utvändiga mått.
- Pricka ut på karta var huset ligger.
- Dokumentering av husets uppbyggnad med stommaterial, fönster, dörrar, grund, och tak/bjälklag. Redovisas i tabell.

Fall 3 och 4:

- Fotografering av huset från utsidan.
- Pricka ut på karta var huset ligger.
- Allmänna anteckningar om stommaterial och fönster.

2.3 Uppvärmningssystem

Uppvärmningssystemen i de olika byggnaderna som är med i fallstudien inspekteras på plats. Där bildas en uppfattning om hur de fungerar, och hur de används. För att undersöka uppvärmningssystemen i husen kommer det att föras samtal med de boende där de får redogöra hur respektive uppvärmningssystem används, då vissa av husen kan ha fler än ett system.

2.4 Ventilation och inomhusklimat

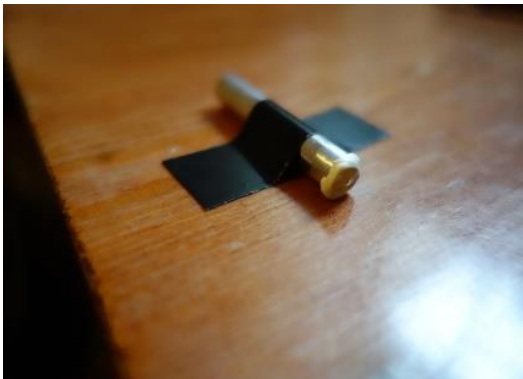
Intervjuer med de boende ger en uppfattning om vilka problem som förekommer i respektive byggnad. Några mätningar görs för att ge underlag till olika beräkningar.

2.4.1 Mätning av luftomsättning

För att mäta luftomsättning används Pentiaqs system (Pentiaq AB, u.d.). En källa med spårgas placeras ut i varje rum där omsättningen ska mätas. Beroende på hur stor volym rummet har, så placeras olika mängd källor. En av källorna har en annan spårgas, och måste placeras ut i ett rum där det endast finns en ingång, till exempel ett sovrum. Den spårgas som dessa källor emitterar tas sedan upp av provtagare, som placeras där man vill få reda på omsättningen. För att sedan få reda på omsättningen så skickas behållarna till företaget för analys.



Figur 2.1: Mottagare



Figur 2.2: Källa

2.4.2 Mätning av temperatur och luftfuktighet

De andra parametrarna som är intressanta är temperatur och luftfuktighet. Detta mäts med hjälp av loggrar som placeras ut i önskade utrymmen, där de mäter både temperatur och relativ fuktighet var femtonde minut. Ett par av loggrarna placeras utomhus, för att få reda på vilken temperatur och relativ fuktighet som är utanför byggnaderna. Detta kommer sedan att användas för att kunna räkna ut fuktillskottet. Dessa loggrar lämnas på plats i husen för att få mätdata under en längre period. Data från dessa loggrar laddas sedan ned av någon på plats via Bluetooth, och skickas sedan över till Sverige. Loggrarna har en temperaturnoggrannhet på $\pm 0,20^{\circ}\text{C}$ mellan -40°C och 0°C . Mellan 0°C och 70°C är noggrannheten $\pm 0,20^{\circ}\text{C}$, och mellan 70°C och 100°C så är noggrannheten $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$. För relativ fuktighet så har loggrarna en noggrannhet på $\pm 2,5\%$ mellan 10% och 90%. Under 10% och över 90% så ligger noggrannheten på $\pm 5\%$.

Med hjälp av informationen från loggrarna skapas ett Exceldokument för varje rum som mätdata finns tillgängligt för. I dessa dokument räknas fukthalten utomhus fram, genom att medelvärden tas av alla loggrar som varit placerade utomhus, och sedan används formler för att få fram den verkliga fukthalten utomhus. Dessa formler redovisas nedan (Johansson, 2010).

$$v_{ute} = \frac{RF_{ute}}{100} \cdot (4,7815706 + 0,34597292 \cdot T_{ute} + 0,0099365776 \cdot T_{ute}^2 + 0,00015612096 \cdot T_{ute}^3 + 0,0000019830825 \cdot T_{ute}^4 + 0,000000015773396 \cdot T_{ute}^5)$$

För den verkliga fukthalten utomhus används följande formel.

$$v_{verklig,ute} = \frac{T_{ute} + 273,15}{T_{inne} + 273,15} \cdot v_{ute}$$

För att få reda på fukthalten inomhus, så används även här en formel.

$$v_{inne} = \frac{RF_{inne}}{100} \cdot (4,7815706 + 0,34597292 \cdot T_{inne} + 0,0099365776 \cdot T_{inne}^2 + 0,00015612096 \cdot T_{inne}^3 + 0,0000019830825 \cdot T_{inne}^4 + 0,000000015773396 \cdot T_{inne}^5)$$

Till varje fall så tas ett flertal diagram fram, som redovisar temperatur och fuktillskott för ett specifikt utrymme.

2.5 Energikostnader och energianvändning

I Ukraina kostar elen dubbelt så mycket under dagen som under natten, så kallat "Time of use rate", och efter att hushållet överstigit 3000 kWh på en kalendermånad, så dubblas priset fram tills slutet av den kalendermånaden, så kallat "Tiered rate". Därför räknas kostnaden för köpt energi för de olika fallen fram med hjälp av fakturor för elanvändning, där erhålls en uppfattning om när den köpta energin är nödvändig. Detta adderas sedan med hur mycket kol eller annan energikälla som de har använt, multiplicerat med priset per mängd för just den energikällan.

I Gammalsvenskby erhålls ett kvitto i slutet av varje månad med information angående köpt energi i kilowattimmar, med kostnaden för detta. Exempel på hur detta kvitto kan se ut visas i figur 2.3, med hänvisning till var användning och kostnad läses av. Om det är möjligt, så kommer kvittot användas till att dokumentera användningen för respektive fall. Detta förutsätter dock att de boende har sparat tidigare kvitto, och att de går med på att visa dessa. Med hjälp av intervjun erhålls även eventuell information om hur mycket kol, briketter, eller andra uppvärmningskällor som köps och förbrukas.

Utvärdering av energi och inomhusklimat i byggnader i Gammalsvenskby, Ukraina

Med hjälp av värmevärde kan bränslena räknas om till hur mycket energi som kan utvinnas ur varje massenhet. Kol har ett värmevärde på 7,56 kWh/kg, solrosbriketter har ett värmevärde på 4,53 kWh/kg, och gasol har ett värmevärde på 12,76 kWh/kg (Energimyndigheten, 2016). Verkningsgraden från gasolspisen antas till 100%. Hänsyn måste även tas till att kaminen som används för att värma upp husen har en viss verkningsgrad. Eftersom möjligheten att mäta verkningsgraden för de olika eldningskaminerna inte finns, så har värdet för verkningsgraden uppskattats till 35%, efter studierna av (Eastern Research Group, Inc. , 2016) och (Bantu, et al., 2018).

Листя відрахування

ХОЕК, ТОВ "Херсонська обласна ЕК" 1401 (2399) Мальмас Лія Іванівна село Зміївка, вул. Набережна, б. 47

Р/рахунок 26032300529885 МФО 352457 ЄДРПОУ 42117825 Філія ХОУ АТ "Ощадбанк" Особовий рахунок: 37111186

Рахунок 2640631 від 06.06.2019 Розрах. період з 01.05.2019 по 31.05.2019 Рахунок за Травень 2019

Заборгованість на початок періоду (01.05.2019): 378.88
Нараховано за Травень 2019:

Показники лічильника				Сума, грн.	
* На 31.05.2019	На 01.05.2019	Різниця			
Зона Т1	2211	1736	475	742.62	
Зона Т2	928	734	194	151.65	
Без зон, ліч.	0	0	0	0.00	
Спожито за Травень 2019				669	894.27
До сплати (з урахуванням заборгованості):				904.55	

Ідентифікатор: ІkIiv+r4+Ij+37111186Y

Листя відрахування

Р/р 26032300529885, МФО 352457, код Філія ХОУ АТ "Ощадбанк". Зберігати 3 роки

Рахунок на сплату електроенергії № 2640631 від 06.06.2019

ХОЕК, ТОВ "Херсонська обласна ЕК" Розрах. період з 01.05.2019 по 31.05.2019 Рахунок Травень 2019

Номер договору: 37111186 Мальмас Лія Іванівна село Зміївка, вул. Набережна, б. 47 378.88

Заборгованість на початок періоду (01.05.2019):
Нараховано за Травень 2019:

Норма спожив., кВт	Тариф, коп./кВт* год., без ПДВ	Показники лічильника			Сума, грн.	Сума(з ПДВ), грн.
		* На 31.05.2019	На 01.05.2019	Різниця		
Зона Т1, коеф.-1.00	1.4000	2211	1736	475	565.60	678.72
спож. від 100 кВт		2211	1807	404		
спож. до 100 кВт		1807	1736	71		
Зона Т2, коеф.-0.50	0.7500	928	734	194	115.50	138.60
спож. від 100 кВт		928	763	165		
спож. до 100 кВт		763	734	29		
Нараховано по всіх зонах (за Травень 2019):				669	894.27	
в т.ч. ПДВ 20%:					149.05	
Сплатити (у Травні 2019):					368.60	
РАЗОМ (до сплати):					904.55	
* в т.ч. тариф на розподіл становить					0.67197	

* Згідно ст.26 Закону України "Про житлово-комунальні послуги" з 01.05.2019 нараховується ціна у розмірі 0,01% від суми боргу за кожний день просрочки (граничний термін оплати за електричну енергію до 20 числа).

Figur 2.3: Exempel på faktura/kvitto för elanvändning.

2.6 Energiberäkningar

En modell för fall 1 och fall 2 tas fram i VIP-Energy för att det ska vara möjligt att jämföra olika renoveringsalternativ mot grundfallet. För varje alternativ skapas en enskild simulering, som representerar en eller flera åtgärder. På så sätt erhålls en tydlig bild av varje renoveringsåtgärds effektivitet på byggnadens energianvändning. Följande åtgärder kommer att testas enskilt, eller i kombination på båda fallen.

Tabell 2.1: Åtgärder som ska simuleras i VIP, med teknisk data och vilken typ eller modell.

Åtgärd	Modell	λ -värde; U-värde
Byte till fönstermodell 1	Steko S300	1,59W/(m ² ·K)
Byte till fönstermodell 2	Steko S800	1,15W/(m ² ·K)
Byte till ytterdörrmodell 1	Swedoor Function Bering	0,91 W/(m ² ·K)
Utvändig isolering	Cellplast 36	0,036 W/(m·K)

Installation av en luft/luftvärmepump ska också simuleras på de båda fallen. Anledningen till att denna typ av värmepump testas är för att det är ett relativt billigt alternativ jämfört med andra typer av värmepumpar. Två värmepumpar från Samsung ska testas med olika tekniska egenskaper enligt tabell 2. Dessa har valts utifrån kännedom om att de finns tillgängliga i Ukraina, och redan finns i vissa byggnader i Gammalsvenskby. Hänsyn ska också tas till hur stor maximal golvyta som värmepumpen klarar av, dvs hur stor del av det totala värmebehovet som kan fyllas av värmepumpen. Andelen av huset som värms upp av värmepumpen erhålls genom förhållandet mellan värmepumpens rekommenderade uppvärmningsyta och den totala golvytan i husen.

Tabell 1.2: Tekniska data på värmepumpar till simulering.

	Modell	Energianvändning	Värmeeffekt	Rek. uppv. yta	Pris
1	AR09KSFPWAQNER	620 W	3200 W	26 m ²	16000 UAH
2	AR12RSFPWAQNER	1115 W	3800 W	35 m ²	20000 UAH

En ytterligare åtgärd som simuleras är införande av ett enklare ventilationssystem utan värmeåtervinning. Ventilationsflödet som testas i simuleringen motsvarar BBR:s rekommendationer på 0,35 l/(s·m²) för att säkerställa en god inomhusmiljö (Boverket, 2017). Alternativt testas även 4 l/s per sovplats enligt praxis (Warfvinge & Dahlblom, 2010), och största värde av dessa används som indata i VIP. Från- och tilluft sätts till samma värde. I de simuleringar där ingen ventilation testas ersätts ventilationen istället med det uppmätta läckaget från spårgasmätningen. Resultatet från spårgasmätningen redovisas i delkapitlet ventilation och inomhusklimat för varje falls resultatdel.

I VIP tas hänsyn till en otäthetsfaktor q50 som sätts till 0,8 l/(s·m²) vid 50 Pa tryckskillnad, vilket är ett normvärde som normalt används (StruSoft, 2016). Denna faktor används enbart vid simulering av åtgärd på ventilationen, i de övriga simuleringarna sätts faktorn till 0. Anledningen till detta är att det faktiska luftläckaget är uppmätt, och simuleras i VIP som en ventilation, därav sätts q50 till 0 i dessa fall.

Klimatfilen som ska användas i simuleringarna är en interpolering mellan ett flertal väderstationer omkring Kherson, då det saknas klimatdata för Gammalsvenskby. Klimatdatan tas fram av datorprogrammet Meteororm (Meteororm, 2020), och sparas som en Excelfil med parametrar för datum, temperatur, relativ luftfuktighet, solstrålning, vindriktning, och vindhastighet. Excelfilen måste sedan ändras manuellt för att kunna importeras till VIP, detta görs enligt instruktionerna för filformatet Viplimate (StruSoft, 2016). Personvärme sätts enligt (Boverket, 2017).

För att simulering av fallen ska vara möjligt, så måste byggnadernas geometri modelleras. Dimensioner mäts upp på plats med lasermätare, och från dem kommer sedan areor för väggar, tak, golv, fönster och dörrar beräknas och föras in som byggnadsdelar i VIP, där de sedan blir tilldelade rätt orientering.

Eftersom byggnaderna värms på ett speciellt sätt, där inomhustemperaturen ökar och sjunker under dygnet, så kommer olika driftfall tas fram för de olika fallen som representerar temperaturens variation över dygnet. Detta görs för att komma fram till hur stor energianvändning huset har i dagens läge. Driftfallen kommer att utformas beroende på hur många som är hemma under vissa delar av dagen, och även vilken tid som största delen av den köpta energin används.

Personvärme tas fram enligt riktlinjer från boverket, där varje person antas avge en effekt på 80 W, och där antalet personer tas fram utifrån tabell BEN2 (Boverket, 2017). För att få rätt indatavärde i VIP multipliceras värdet med antal personer som vistas i byggnaden dividerat med golvarean. Närvaron i byggnaderna varierar över dygnet, och information om detta erhålls vid intervju med de boende. Om det framkommer i intervjun att det vistas ett stort antal personer i huset kan antalet personer enligt boverket bortses från, dock med ett resonemang med motivering till hur antalet personer väljs.

Nedan följer en beskrivning av alla simuleringar som görs i de båda fallen. Utgångspunkten för varje simulering är alltid grundfallet, följt av respektive åtgärd.

- 1a - Grundfallet är byggnaden i befintligt skick, utan några åtgärder.
- 1b - En utvändigt tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 1c - En utvändigt tilläggsisolering på 80 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 2a - Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet.
- 2b - Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet. En utvändigt tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 2c - Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet. En utvändigt tilläggsisolering på 80 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 3 - Samtliga fönster ersätts av en energieffektivare fönstermodell. Ytterdörr ersätts av ytterdörrmodell 1.
- 4a - Samtliga fönster ersätts av en energieffektivare fönstermodell. Ytterdörr ersätts av ytterdörrmodell 1. En utvändigt tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.

- 4b - Samtliga fönster ersätts av en energieffektivare fönstermodell. Ytterdörr ersätts av ytterdörrmodell 1. En utvändig tilläggsisolering på 80 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 5a - Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet. Samtliga fönster ersätts av en energieffektivare fönstermodell. Ytterdörr ersätts av ytterdörrmodell 1. En utvändig tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 5b - Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet. Samtliga fönster ersätts av en energieffektivare fönstermodell. Ytterdörr ersätts av ytterdörrmodell 1. En utvändig tilläggsisolering på 80 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 6a - Införande av ett ventilationssystem.
- 6b - Införande av ett ventilationssystem. En utvändig tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 7a - Införande av ett ventilationssystem. Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet.
- 7b - Införande av ett ventilationssystem. Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet. En utvändig tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 8a - Installation av värmepump, modell 1.
- 8b - Installation av värmepump, modell 2.
- 8c - Installation av värmepump, modell 1. En utvändig tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 8d - Installation av värmepump, modell 2. En utvändig tilläggsisolering på 50 mm cellplast adderas till väggkonstruktionen.
- 9a - Installation av värmepump, modell 1. Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet.
- 9b - Installation av värmepump, modell 2. Innetemperaturen höjs till en konstant temperatur under hela dygnet.

Varje enskilt resultat redovisas i tabell med den beräknade energianvändningen i kWh/(m²·år), samt med energianvändningen relativt grundfallet.

2.7 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel

En beskrivning görs för alla de problem som upplevs och syns på de fall som studeras. Vid rundvandring i husen och på tomten antecknas och dokumenteras synliga problem som fuktskador och eventuella mögelangrepp.

De åtgärder som presenteras i studien har olika påverkan på de olika problemområdena. Vissa av dem har en stor påverkan på exempelvis energianvändningen, vissa gör mer nytta för inomhusklimatet än att faktiskt spara energi, och vissa kan medföra fuktrisker. Detta beror på att åtgärderna är olika effektiva beroende på byggnadens befintliga egenskaper.

2.8 LCC och ekonomi

Utifrån ett kostnadsperspektiv så ska de olika renoveringsalternativen jämföras med hjälp av LCC-beräkningar, för att se vilka som på sikt är lönsamma. Jämförelsen sker mellan investeringskostnaden och den energikostnaden som sparas per år, med kostnaden av att inte utföra någon renoveringsåtgärd alls. Nuvärdet av framtida kostnader beräknas med följande ekvation enligt (Johansson, 2005). Där $NPV_{i,n}$ står för nuvärdet av utgifter, $C_{i,n}$ står för en kostnad som inträffar år n , och r_{di} står för diskonteringsränta.

$$NPV_{i,n} = \frac{C_{i,n}}{(1 + r_{di})^n}$$

Formeln används för att skapa en ackumulerad kostnad för vald renoveringsåtgärd, årlig energianvändning, och återkommande renoveringskostnad med tanke på livslängd hos specifik åtgärd.

Enligt (The World Bank, 2019) så låg räntan i Ukraina år 2018 på 19%. Inflationen i Ukraina år 2018 låg på 11% (The World Bank, 2019). Med hänsyn till detta blir realräntan 8%, vilket kommer att användas i LCC-beräkningarna. Eftersom 8% är en hög realränta så kommer även en hypotetisk kalkylränta på 4% att testas.

Nio nuvärdesberäkningar utförs, en på grundfallet och åtta olika renoveringsåtgärder på grundfallet. Resultaten av beräkningarna presenteras i graf där de jämförs. Det framgår då vilka åtgärders kurvor som skär kurvan för grundfallet och därmed blir lönsamma efter n antal år. Nuvärdesberäkningar utförs på följande simuleringar: 1a, 1b, 1c, 3, 4a, 8a, 8b, 8c, 8d, dessa presenteras i samma graf. Två grafer tas fram, en för respektive kalkylränta.

Ytterligare sex nuvärdesberäkningar görs för simuleringen konstant temperatur, vilket sedan jämförs med de åtgärder som har en konstant temperatur. De fall som ska ingå är 2a, 2b, 2c, 5a, 9a, 9b. Två grafer tas fram, en för respektive kalkylränta.

Eftersom det kan antas att varje värmepump inte kan värma upp husens totala yta, så kommer en del energi i form av el att gå till värmepumpen, och resterande kommer att gå till det befintliga värmesystemet för att värma upp övriga ytor. När nuvärdesberäkningar utförs på åtgärderna 8a, 8b, 8c, 8d, så delas energin upp beroende på hur stor del av huset som värmepumpen klarar av att värma. Kostnaderna som används för att räkna ut nuvärde beräknas på ett sådant sätt att en kostnad erhålls per kWh för de olika energikällorna.

Priser på byggmaterial kan skilja sig från priserna i Sverige, och tillgången på material kan också vara begränsad eller annorlunda. För att få en uppfattning om läget görs ett platsbesök på en byggmarknad i Nova Kakhovka (Нова Каховка), som är den större stad som ligger närmast Gammalsvenskby. Fokus ska ligga på att undersöka priser på olika uppvärmningskällor, isolering, och ventilationsanordningar. För att underlätta så följer även någon från Gammalsvenskby med för att översätta, detta då det förutsätts att ingen förstår engelska och att ingen i sällskapet varken kan tyda det kyrilliska alfabetet eller pratar ukrainska. Priser och relevanta produkter dokumenterades genom fotografering.

2.9 Undersökning av övriga hus i Gammalsvenskby

Två gator ska väljas ut där samtliga huvudbyggnader ska dokumenteras baserat på vad som syns utifrån. Detta ska ligga som underlag till en bedömning av möjlighet till generalisering av byn för att jämföra likheter, och se om resultaten från fall 1 till 4 är applicerbara på fler byggnader i byn.

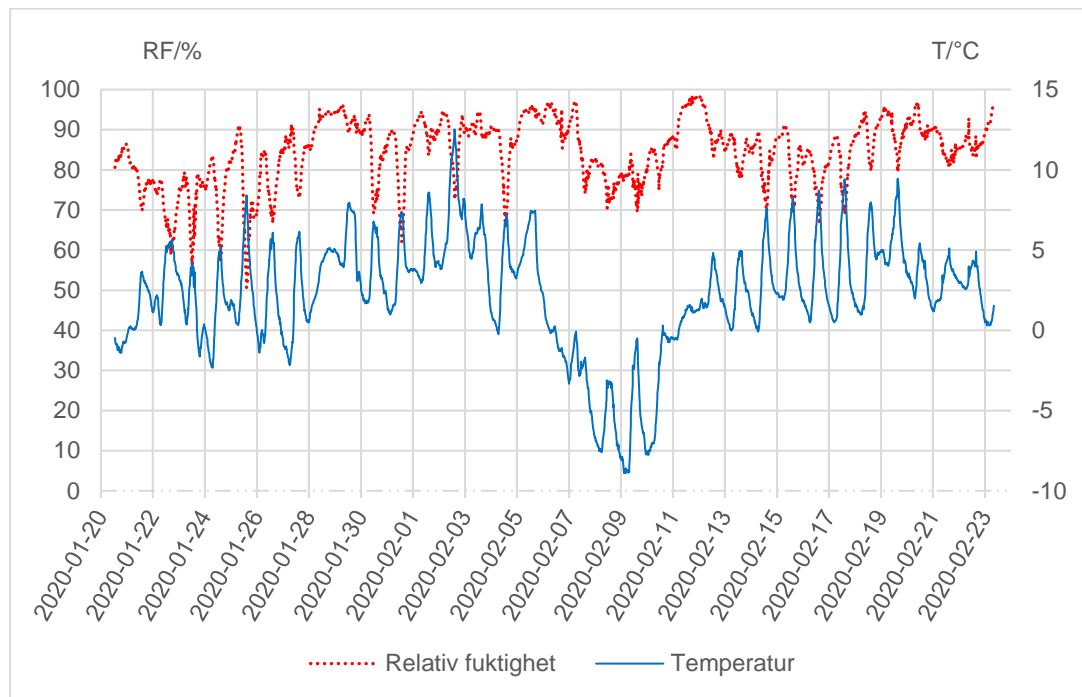
Vid rundvandring i byn görs följande:

- Byggnader på två gator ska fotograferas med en heltäckande bild där fönster, fasad, och tak framgår
- Pricka ut på en karta var respektive byggnad ligger med husnumrering.
- Anteckna viktiga iakttagelser för byggnaderna.

En tabell ska tas fram över de bebodda husen på de två gatorna. I tabellen ska det framgå vilket hus som avses med numrering, om det är äldre eller nya fönster, stomme, taktyp, om huset ser ut att vara tilläggsisolerat, samt hur många våningar. Husnumrering enligt gatunamnets första bokstav följt av husnummer.

3 Resultat

I detta kapitel presenteras fallstudiens resultat som är utförd enligt metodkapitlet. Fallen presenteras i kronologisk ordning med kommentarer på resultaten för varje del. En djupare diskussion gällande resultaten diskuteras i kapitel 4. Under mätperioden mättes utomhusklimatet i Gammalsvenskby, och resultatet från mätningen framgår i figur 3.1. Detta resultat används vidare i samtliga beräkningar för att beräkna fuktillskottet inomhus för varje fall. Grafen för utomhusklimatet är framtagen utifrån två loggar som placerades utomhus på olika platser i byn, där medelvärdet mellan dessa har beräknats.



Figur 3.1: Uppmått temperatur och relativ luftfuktighet i Gammalsvenskby för perioden 20 januari till 23 februari 2020.

3.1 Fall 1

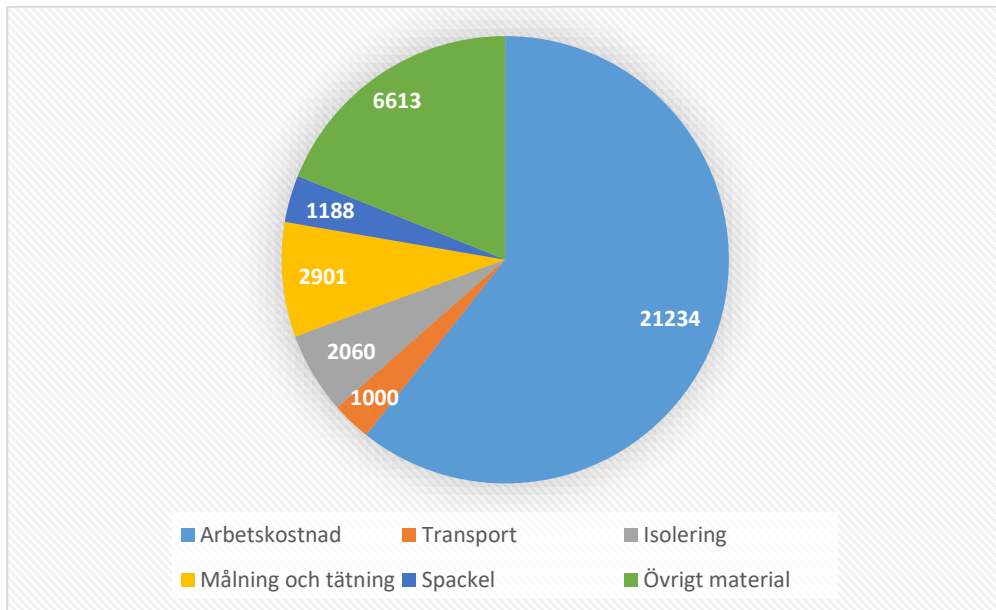
På tomten finns det två hus, ett större och ett mindre hus som är uppförda olika årtal. I detta fall kommer det lilla huset att studeras, då där sker mer aktiviteter och de upplevda problemen är större i detta hus. Under vistelsen i Gammalsvenskby var det även i detta hus som övernattnings skedde.

3.1.1 Intervju

1. Huset har ingen utvändigt tilläggsisolering. Samtliga rum värms upp förutom hallen där man kommer in i huset.
2. I huset vistas det normalt två personer. Vistelsetiden varierar då sovrummet ibland används som vilorum under dagarna, samt att matlagning sker i köket. Under natten sover man i det andra huset, och man använder också badrummet där. Båda är hemma dagligen då man tar hand om gården.
3. Tvätt torkas i husets badrum, men ibland även på radiatorerna i köket eller sovrummet. Berättar också att det tar ungefär två dagar innan tvätten har torkat. På sommaren torkas tvätten utomhus.
4. Huset värms upp med en värmepanna. Eldning i värmepannan sker med både kol och briketter. Den dyrare kolen används då det fungerar bättre till värmepannan. En annan energikälla som används i hushållet är gasol, som främst används till matlagning då de har en gasolspis. Det används ungefär 200–240 kg gasol per år. Vid eldning i pannan värms även vattnet till varmvattenberedaren. Elvärme används också ibland. Huset har ett vattenburet radiatorsystem. Kaminen i det lilla huset används även för uppvärmning av stora huset. Det använda bränslet uppskattas av de boende till 40% till lilla huset, och 60% till stora huset.
5. Ingen ventilation finns i huset, men alla fönster är öppningsbara.
6. Stora problem med fukt och kondens. Mögelpåväxt på väggar som medför att de måste tapetsa om väggarna två gånger varje år. På fönsterna bildas det mycket kondens. Möglet medför också en unken doft.
7. Priset per ton kol ligger på 7500 UAH 2019, och på vintern eldar de med 2,5–3 ton. Tidigare energiräkningar för köpt energi redovisades för 10 månader 2019.
8. Tidigare har tilläggsisolering av det stora huset gjorts, och kostnader och materialåtgång redovisades vilket ger en bra bild av vad denna typ av renovering kostar. Renoveringen redovisas noggrannare längre ner i texten. Det framgår också att efter fönsterbyte på huset 2005 så ökade fuktproblemen inomhus markant.

Det framgår tydligt att det är stora problem med inomhusklimatet i huset efter att ha lyssnat på de boende. Att behöva tapetsa om två gånger om året på grund av mögelpåväxt är ett stort problem, och detta medför även en kostnad då nya tapeter och färg måste inhandlas. Intressant är det också att de upplevda problemen ökade efter fönsterbytet, vilket kan förklaras med att de nya fönsterna är tätare jämfört med gamla. De nyare fönsterna har monterats med någon form av polyuretanskum som medför att fönsteranslutningen blir tätare.

Det andra huset på tomten tilläggsisolerades delvis några år tidigare, och ett handskrivet kvitto från hantverkaren som utfört jobbet skrevs. Kvittot redovisar materialåtgång, vilka arbetsmoment som utförs, transporter, och vad respektive del kostar. De boende hjälpte till att översätta kvittot till svenska. Isoleringen mängdas till 17,17 m² med en kostnad på 2060 UAH, putsning 1188 UAH, och målning 2901 UAH. Informationen om renoveringen kan användas till att få en uppfattning om vad det eventuellt kan kosta att renovera andra hus, samt hur man kan gå tillväga och åtgången av material. Samtliga kostnader för renoveringen framgår i figur 3.2.



Figur 3.2: Kostnader vid tilläggsisolering av det stora huset i UAH.

3.1.2 Byggnadsbeskrivning

Byggnaden är en massiv stenbyggnad med en stomme av en typ av luftig kalksandsten, se figur 3.5, där det lokala materialet kallas för krimsten, se figurerna 3.3 och 3.4. Väggtjockleken är 0,52 m och byggnaden upptar en yta på 60 m², se planlösning i figur 3.7.



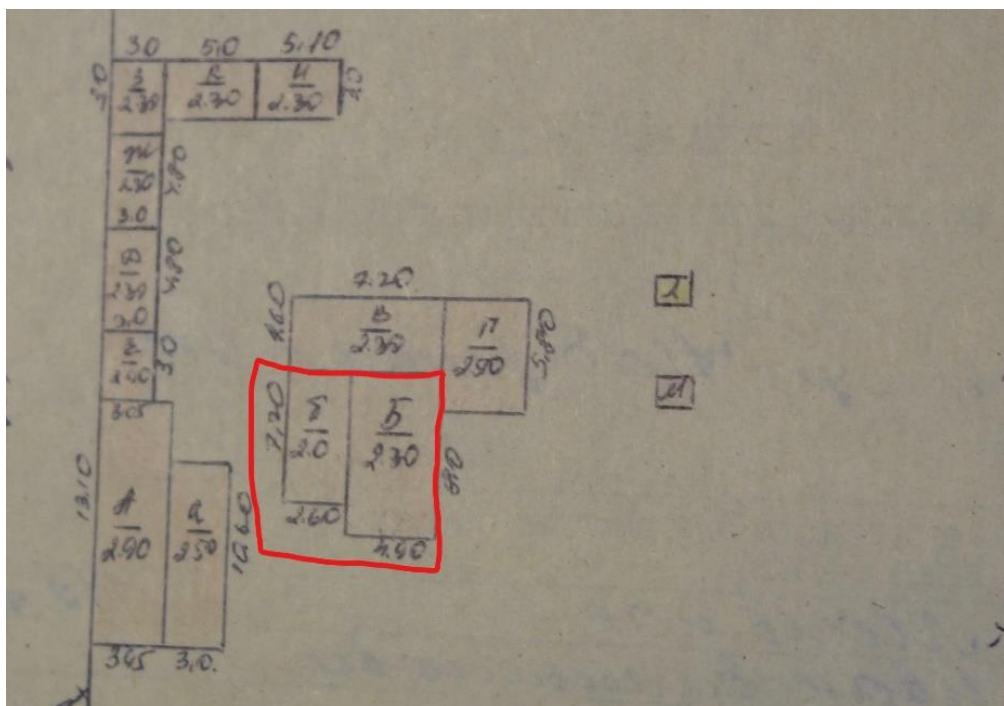
Figur 3.3: Huset sett från gatan.



Figur 3.4: Huset sett från trädgården.

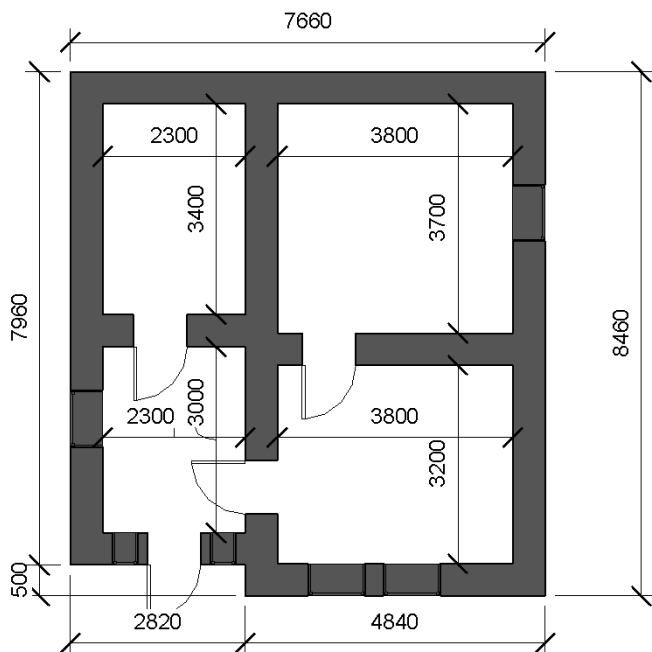


Figur 3.5: Vegg där materialet krimsten framgår. Bilden är tagen från ett annat hus än det i fall 1.



Figur 3.6: Originalritning för tomten. Rödmarkerat område motsvarar den del som har simulerats, och som även framgår i figur 3.7.

Eftersom det inte finns någon planlösning där rumsstorlekarna framgår tydligt har en ny planlösning skapats med hjälp av Revit, med de mått som mättes på plats. Takhöjden inomhus är 2,3 m. Planlösningen framgår i figur 3.7.



Figur 3.7: Ny planlösning framtagen med de mått som togs på plats.

Respektive byggnadsdel redovisas i tabell 3.1, med areor, material och beräknade U-värden. Fönsterna på plats saknade teknisk information, något som normalt brukar stå i sidan av fönstret, åtminstone på svenska fönster. Däremot är tillverkaren känd, Steko, och efter genomgång av tillverkarens sortiment valdes typen Steko300 (Steko, 2018) som överensstämde med förutsättningarna på plats. Grunden saknar isolering, vilket framgick vid diskussion med de boende. Eftersom det inte finns någon teknisk data för krimsten, och det finns likheter med kalksandsten, så har lambda satts till $0,93 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, ett värde som finns i VIP-Energys materialkatalog.

Tabell 3.1: Byggnadsdelar på fall 1 med teknisk information.

Byggnadsdel	Material;produkt	Area/m ²	U-värde/(W/(m ² ·K))
Vägg	Krimsten	67,4	1,39
Grundplatta	Armerad betong	60	2,32
Tak	Lera med halm, takstolar	60	1,16
Fönstertyp 1	Steko300 3-glas	3,8	1,59
Fönstertyp 2	2-glas (äldre typ)	1,5	2,70
Ytterdörr	Trä	2	2,00

3.1.3 Uppvärmningssystem

Byggnaden har ett vattenburet ettrörssystem som värmer 2 rum med hjälp av panelradiatorer. Systemet värms genom eldning i kaminen med kol eller briketter som bränsle. Bredvid kaminen finns det en vattentank som värms av kaminen. Vattnet från tanken kan även användas till duschen vid behov. En elektrisk pump pumpar runt vattnet i systemet från tanken. Det finns också en varmvattenberedare som värmer vatten med elektricitet, se figur 3.9. Kaminen syns i undre delen av figur 3.8.



Figur 3.8: Byggnadens uppvärmningssystem, där varmvattentank och kamin syns.



Figur 3.9: Varmvattenberedare

3.1.4 Ventilation och inomhusklimat

3.1.4.1 Luftomsättning

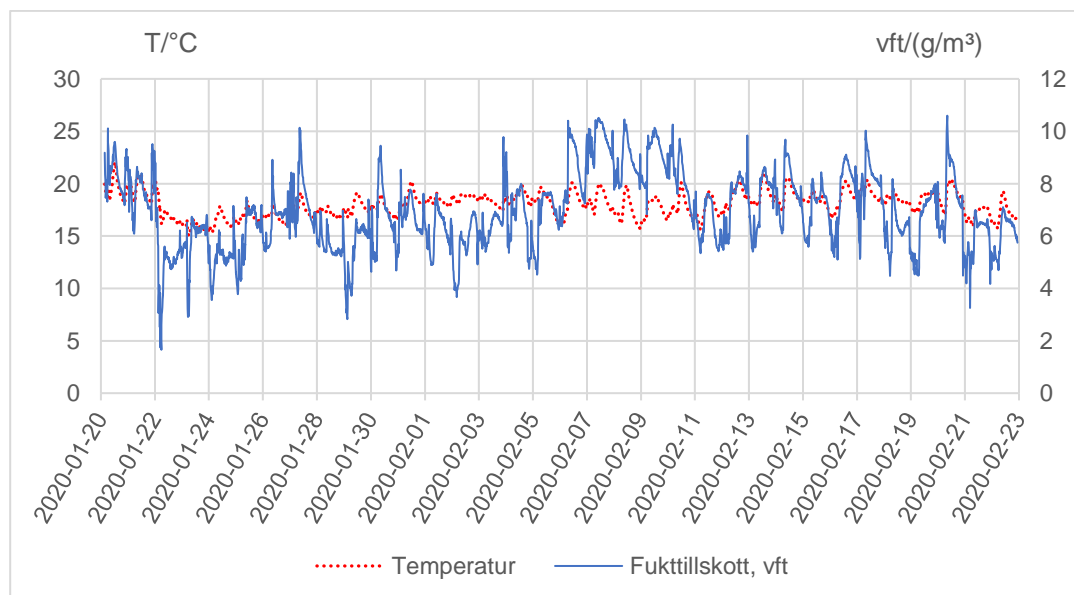
Byggnaden saknar både frånlufts- och tilluftsdon, i köket finns det heller ingen fungerande frånluft över spisen. Det finns dock en fläkt ovanför spisen som återcirkulerar luften och saknar avluftsdon. Mätningen för luftomsättningen visar på att det finns en viss luftomsättning i byggnaden trots att det saknas ventilation. Resultatet från Pentiaq redovisas i tabell 3.2 för respektive rum. Ett volymviktat värde för husets totala omsättning tas fram, vilket i sin tur används som indata till energiberäkningen i VIP.

Tabell 3.2: Resultat från luftomsättningsmätningen med volymviktade värden.

Rum	Omsättning/h ⁻¹	Volymandel av huset/%	Volymviktad omsättning/h ⁻¹
Sovrum	0,40	33,3	
Kök	0,32	30,2	
Badrum	0,55	19,4	
Hall	0,51	17,1	
Hela huset			0,41

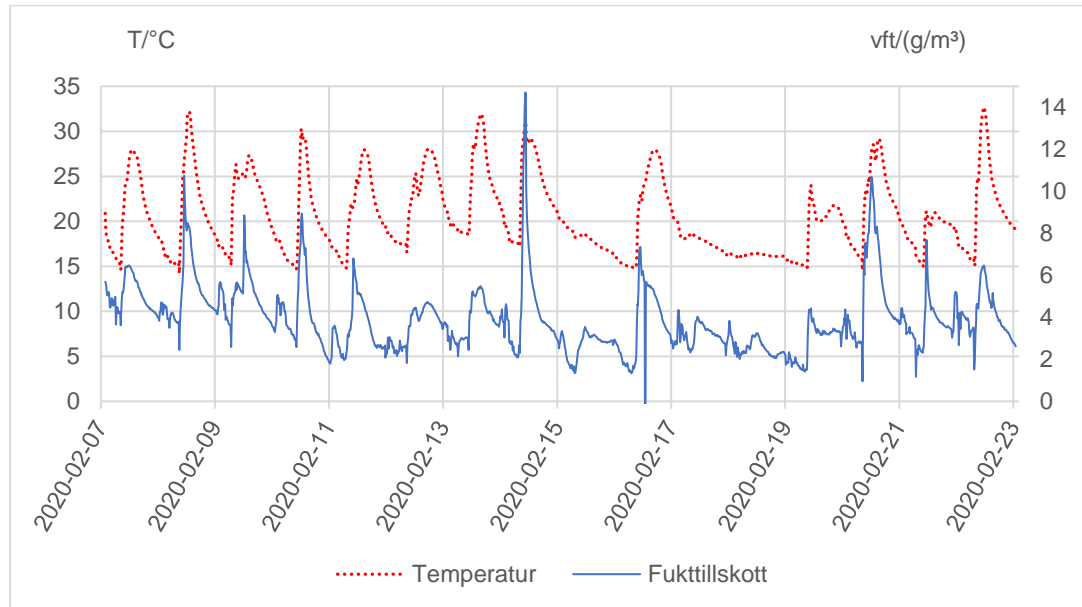
3.1.4.2 Temperatur och luftfuktighet

Loggrar placerades i tre rum, kök, badrum, och sovrum, enligt planlösningen som redovisas i figur 3.7. Det framgår att både temperatur och fukttillskott varierar under mätperioden, och att skillnaden mellan rummen också är påtaglig.



Figur 3.10: Temperatur och fukttillskott i kök.

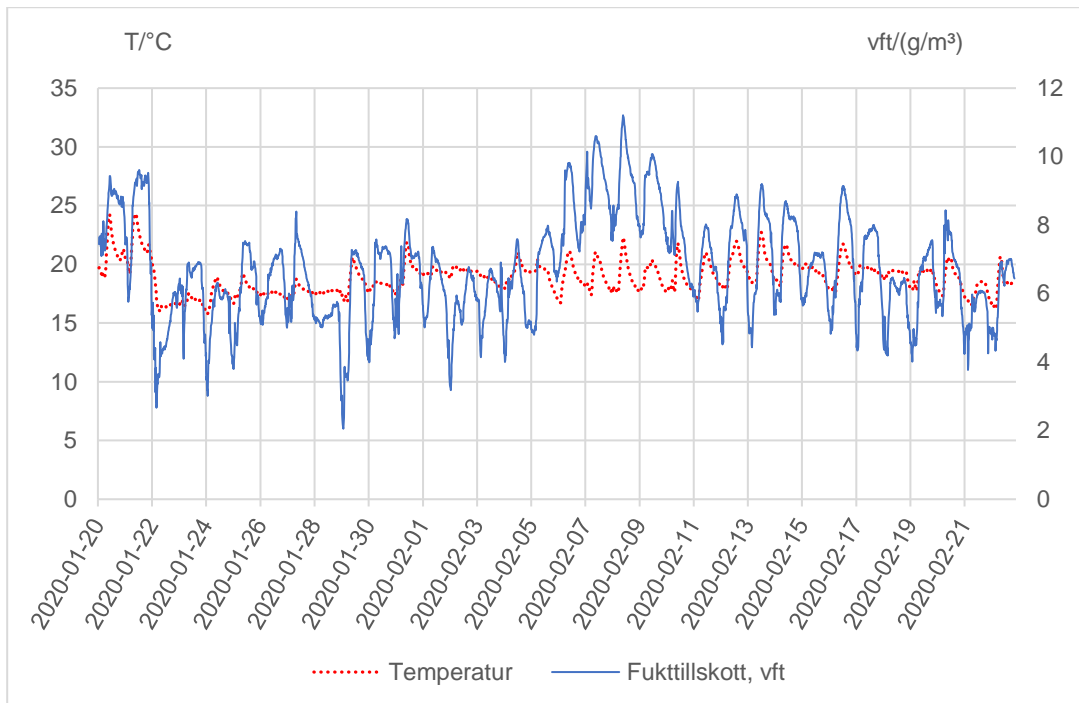
Temperaturen i köket varierar mellan lägsta temperaturen 15,0°C och högsta temperaturen 22,0°C, där medeltemperaturen är 18,0°C över mätperioden. Fukttillskottet varierar med blandade toppar och dalar under perioden, där topparna förklaras som att det sker fuktproducerande aktiviteter, främst matlagning. Bristen på ventilation medför att fukttillskottet blir högt, och medelvärde ligger på 6,96 g/m³. De djupa dalarna i figur 3.10 förklaras eventuellt av att det sker vädring när fönster öppnas.



Figur 3.11: Temperatur och fukttillskott i badrum.

Mätperioden för badrummet är kortare då loggern placerades ut vid ett senare tillfälle, därför börjar mätningen först den 7:e februari. Resultatet visar på att temperaturdifferansen varierar kraftigt under mätperioden, detta då kaminen som används till husets uppvärmning är placerad i badrummet. Ur kaminen läcker det ut värme som värmer upp rummet, istället för att effektivare värma upp de övriga rummen i huset. Högsta temperaturen ligger på 32,7°C och lägsta på 14,2°C, medeltemperaturen är 20,6°C. Temperaturen ökar kraftigt då eldning i kaminen pågår.

Fukttillskottet följer ungefär samma variation som temperaturen. Det sker en hög topp den 14:e februari. Detta kan vara i samband med samtidig eldning i kamin och att tvätt hängs i rummet för att torka. Medelvärde på fukttillskottet hamnar på 3,9 g/m³.



Figur 3.12: Temperatur och fuktillskott i sovrum.

Temperaturen i sovrummet varierar mellan högsta värdet 24,3°C och lägsta värdet 15°C, medeltemperaturen ligger på 18,9°C. Temperaturen hamnar på ungefär samma nivå som för köket, då dessa rum ligger bredvid varandra och har en tunn dörr som skiljer de åt.

Mellan 7:e och 11:e februari noteras en markant ökning i fuktillskott. Detta kan förklaras med att utomhustemperaturen under samma period föll ner mot -8°C, se figur 3.1. Då temperaturen sjunker minskar mätnadsånghalten, detta kan eventuellt leda till att skillnaden i fukthalt blir större. Det kan också antas att de boende inte är lika benägna att öppna fönsterna när utomhustemperaturen sjunker. Medelvärde för fuktillskottet ligger på 6,8 g/m³.

3.1.5 Energikostnader och energianvändning

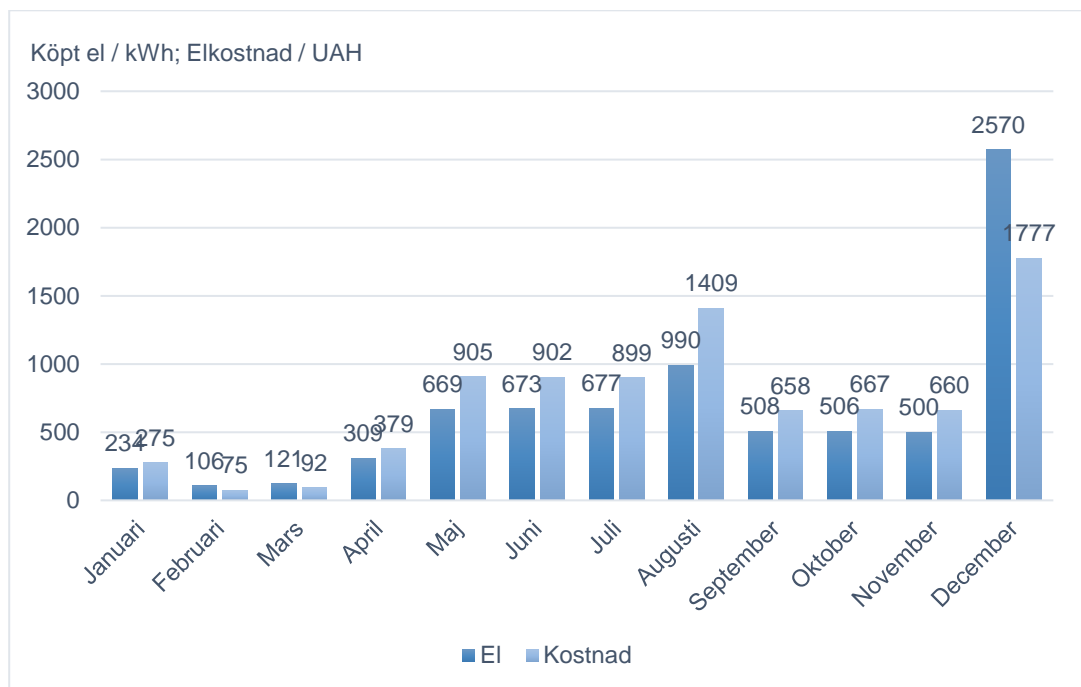
Hushållet använder cirka 2,5–3 ton kol per år, där mesta delen används på vinterhalvåret. Priset per ton kol som de betalar är 7500 UAH. Detta medför en årlig kostnad för kol på ungefär 18750–22500 UAH. Eftersom 40% av värmen från kaminen går till lilla huset, och verkningsgraden är uppskattad till 35%, så kommer den faktiska energin som går till att värma huset räknas ut enligt följande:

$$\text{Energi från kol} = 7,56 \frac{kWh}{kg} \cdot 2750 \text{ kg} \cdot 0,40 \cdot 0,35 = 2910,6 \text{ kWh}$$

Värmeenergin som produceras vid matlagning från gasolen kommer även att gå till att värma upp rummet. Eftersom rummet saknar ventilation antas 100% av värmen stanna kvar i rummet. Information om mängden gasol erhöles efter diskussion med de boende. Energin från gasolen beräknas enligt följande:

$$\text{Energi från gasol} = 12,79 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \cdot 220 \text{ kg} = 2814 \text{ kWh}$$

Köpt elenergi redovisas i figur 3.12 för 2019. Det saknas information om andelen som går till direkt uppvärmning. Ett antagande har därför gjorts att mellan månaderna maj till och med augusti används ingen el till uppvärmning. Denna energi används då istället till bevägning och dylikt.



Figur 3.13: Köpt el i kWh och kostnad i UAH för 2019, framtaget med hjälp av kvitton för elanvändning.

Enligt figur 3.13 så framgår det att elanvändningen är väldigt styrd av brukarens beteende, istället för vilken årstid det är. Av diagrammet så erhålls en total elanvändning för hela året. Köpt el för 2019 uppgår till 7863 kWh, med en total kostnad på 8698 UAH. Bortses elanvändningen under månaderna maj till och med augusti så blir den totala energin från köpt el 4854 kWh. Summerat blir den totala energianvändningen för uppvärmning från de tre källorna el, gasol, och kol, 10578,6 kWh för det undersökta huset på tomten.

3.1.6 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel

Det största problemområdet är att det bildas mögel i tak och väggar. Detta på grund av att det saknas ventilation och isolering i byggnaden. Ventilationen har som uppgift att föra ut varm och fuktig luft, och samtidigt fylla på med ny frisk luft.



Figur 3.14: Anslutning mellan ytterväggar och tak i sovrum. Det något mörkare området är mögel.

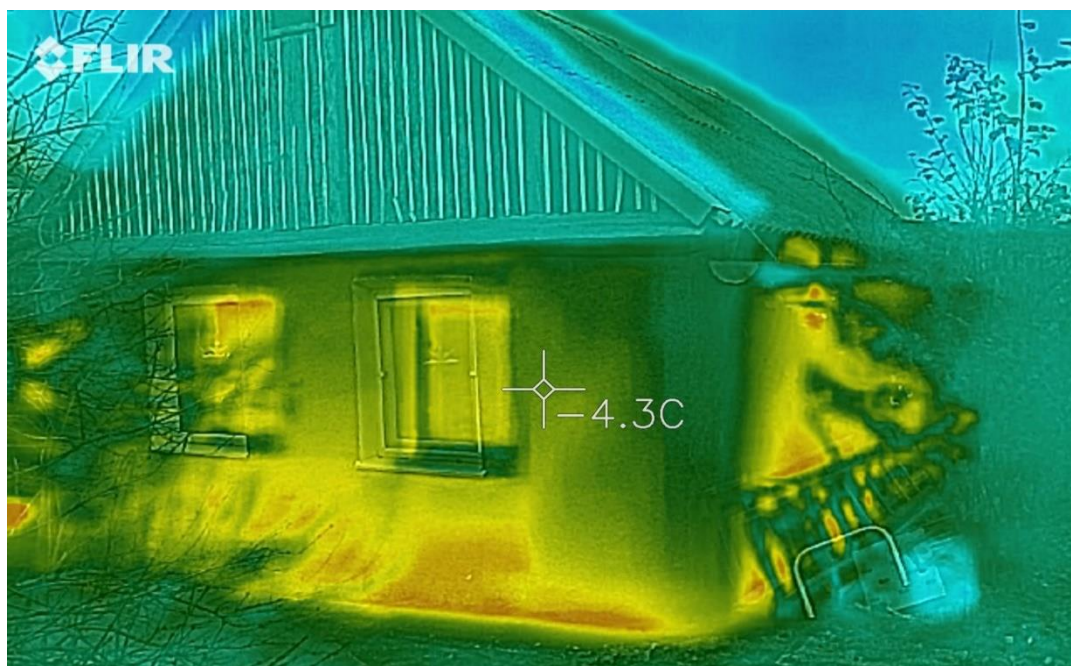
Ytterväggarna har en ganska hög värmeledningsförmåga då där inte finns någon isolering. Detta gör att väggarna kan bli väldigt kalla på vintern. När den fuktiga luften inomhus kommer i kontakt med den kalla väggen så blir den relativa fuktigheten hög, och då kan mögelpåväxt bildas. Fukttillskottet för sovrummet framgår sedan tidigare i figur 3.12.

Eftersom fönsterna är relativt nya och luftläckaget är litet, och där inte finns någon ventilation så bildas kondens på insidan av fönsterrutorna när den fuktiga luften kommer i kontakt med det kalla glaset. Se exempel i figur 3.15.



Figur 3.15: Kondens på insidan av fönsterrutan i sovrum på morgonen.

Byggnaden har blivit fotograferad med värmekamera, där det framgår att det sker ett värmeläckage genom väggarna, enligt figur 3.16.



Figur 3.16: Byggnaden fotograferad framifrån med värmekamera. Orange färg motsvarar en varmare temperatur.

3.1.7 Energiberäkningar

För att kunna göra energiberäkningar så förs byggnadsdelarna in i VIP enligt figur 3.17. Byggnadsdelarna är framtagna enligt förutsättningarna som förklaras i kapitel 3.1.2, och U-värdena är beräknade i VIP efter insättning av värmekonduktivitetstal och tjocklek.

Beskrivning	Benämning för byggdeltyp	Orientering	Rotation + medsols - motsols grader	Lutning + uppåt - nedåt grader	Mängd (Area[m ²]) Längd[m] Antal	Angräns- ande- temp [°C]	Lägsta nivå [m]	Högsta nivå [m]	Värme- skikt Andel av effekt- behov %	U-värde [W/m ² .K] Psi-värde W/m.K Chi-värde [W/K] inkl. mark Delta-U	Ölthets- faktor g50 [l/s.m ²]
	Vägg	NORDVÄST	0	0	8.93	0	0	2.4	0		
	Vägg	NORDVÄST	0	0	8.9m ²	0.0	2.4	0.00	1.387	0.00	
	Vägg	SYDVÄST	0	0	14.3m ²	0.0	2.4	0.00	1.387	0.00	
	Vägg	SYDÖST	0	0	13.7m ²	0.0	2.4	0.00	1.387	0.00	
	Vägg	NORDÖST	0	0	14.7m ²	0.0	2.4	0.00	1.387	0.00	
Steko S300	3-Glas Fönster	NORDVÄST	0	0	1.6m ²	0.0	2.4	0.00	1.590	0.80	
	2-Glas Fönster	NORDVÄST	0	0	1.5m ²	0.0	2.4	0.00	2.700	0.80	
Steko S300	3-Glas Fönster	SYDVÄST	0	0	1.2m ²	0.0	2.4	0.00	1.590	0.80	
	2-Glas Fönster	NORDÖST	0	0	1.0m ²	0.0	2.4	0.00	2.700	0.80	
	Dörr	NORDVÄST	0	0	2.0m ²	0.0	2.4	0.00	2.000	0.80	
	Grund	PPM 0-1 m	0	0	22.0m ²	0.0	0.0	0.00	0.624	0.00	
	Grund	PPM 1-6 m	0	0	19.0m ²	0.0	0.0	0.00	0.249	0.00	
	Tak	TAK	0	0	41.0m ²		2.4	2.4	0.00	1.162	0.00

Direkt länkning av mängder från VIP-area
 Aktivera \\wvf\cluster03.uw.lu.se\wv5540ka-s\$\Documents\Milja M.mngd

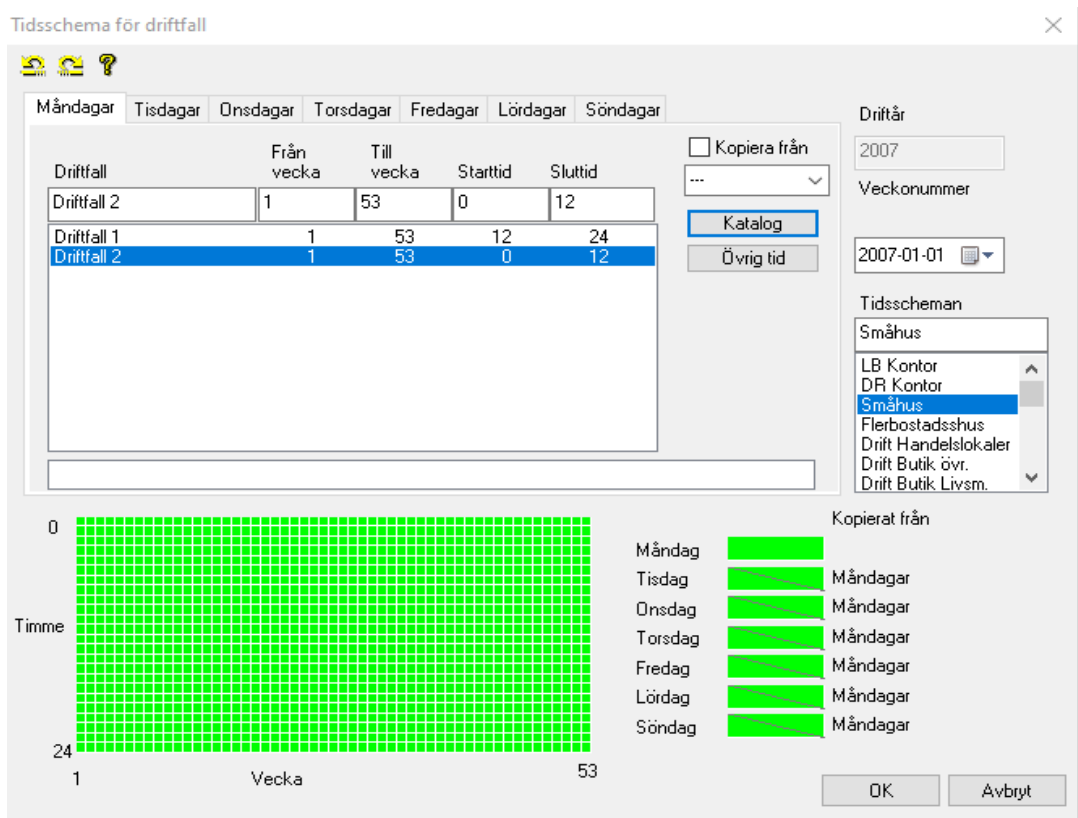
Kataloger för byggdeltyp: Fönster, dörrar; Uteluftsventiler; 1-Dim Byggdelar; 2-Dim Byggdelar; 3-Dim Byggdelar

Rotera: Rotera orientering för alla byggdelar längs väderstreck; Medsols; Motsols

Markegenskaper: Lera, dränerad sand, dränerat grus vlt 1,4
 Vridning av byggnad + Medsols: 0 grader
 Antal lägenheter: 1
 Ventilator rumsvolym: 92.8 m³
 Golvarea: 41 m²

Figur 3.17: Byggnadsdelar i VIP med areor, U-värden och orientering.

Enligt data som hämtas från de utplacerade loggrarna som mäter relativ fuktighet och temperatur, så noterades temperaturvariationer under dygnet. Två driftfall, på vardera 12 timmar, är framtagna för att försöka efterlikna temperaturs variation under dagen. Detta speglas genom att sätta en varmare temperatur under halva dagen, för att likna eldning av diverse energikälla. Värdena som används är framtagna genom temperaturmätningarna som gjordes i de olika rummen.



Figur 3.18: Driftfallens fördelning över dygnet.

Då resultat från temperaturmätningar finns för tre av de fyra rummen, och det sista rummet var det med lägst volym och ingen uppvärmning, så har ett medelvärde på temperaturen satts på hela huset. Värdet för den varmare temperaturen satts till 20°C. Under resterande timmar av dagen så satts temperaturen till 15°C, då temperaturen under natten ofta sjönk till detta värde även i de uppvärmda rummen.

The screenshot shows a software window titled 'Driftfallskatalog'. At the top, there are icons for help and search. Below is a configuration panel for '(26)Processenergi' with a dropdown for 'Andel som värmestrålning' set to 0%. Below this are sections for 'Verksamhetsenergi' (40) and 'Fastighetsenergi' (39) with sub-sections for 'Till rumsluft' (41) and 'Extern' (46). The main table below has columns for 'Benämning av driftfall', 'Till rumsluft W/m²', 'Extern W/lgh', 'Extern W/m²', 'Till rumsluft W/m²', 'Extern W/m²', 'Personvärme W/m²', 'Fukt-tillskott till rumsluft mg/s.m²', 'Tappvarmvatten W/m²', 'Tappvarmvatten W/lgh', 'Rumstemperaturer Högsta °C', 'Rumstemperaturer Lägsta °C', and 'Lägsta temperatur passiv forcering °C'. The table contains three rows: 'Driftfall 1' with values 0, 0, 0, 0, 0, 3.18, 0, 0, 0, 30, 15, 30; 'Driftfall 1' (highlighted) with values 0.00, 0.0, 0.00, 0.00, 0.00, 3.18, 0.00, 0.00, 0.0, 30.0, 15.0, 30.0; and 'Driftfall 2' with values 0.00, 0.0, 0.00, 0.00, 0.00, 3.18, 0.00, 0.00, 0.0, 30.0, 20.0, 30.0. At the bottom, there is an 'Info' field and 'OK' and 'Avbryt' buttons.

Benämning av driftfall	(40) Till rumsluft W/m²	(41) Extern W/lgh	(46) Extern W/m²	(39) Till rumsluft W/m²	(46) Extern W/m²	(25) Personvärme W/m²	Fukt-tillskott till rumsluft mg/s.m²	(44) Tappvarmvatten W/m²	Tappvarmvatten W/lgh	Rumstemperaturer Högsta °C	Rumstemperaturer Lägsta °C	Lägsta temperatur passiv forcering °C
Driftfall 1	0	0	0	0	0	3.18	0	0	0	30	15	30
Driftfall 1	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	3.18	0.00	0.00	0.0	30.0	15.0	30.0
Driftfall 2	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	3.18	0.00	0.00	0.0	30.0	20.0	30.0

Figur 3.19: Driftfall med tillhörande värden på personvärme och temperatur.

Normalt vistas det två personer i huset dagligen, där det främst sker matlagning, tvätt, och middagsvila i sovrummet. Däremot vistas de boende inte i huset på natten. Med tanke på detta, så väljs ett lägre värde för antalet personer från tabellen i BEN2. Antalet personer sätts till 1,63, och personvärmen beräknas enligt följande.

$$Personvärme = \frac{80 \text{ W/person} \cdot 1,63 \text{ person}}{41 \text{ m}^2} = 3,18 \text{ W/m}^2$$

I simuleringarna för ventilation har ventilationsflödet för både till- och frånluft satts till 14 l/s, efter jämförelse mellan boverkets krav på 0,35 l/(s·m²) och 4 l/s per sovplats. Boverkets krav blev dimensionerande i detta fall. En mer ingående diskussion om hur systemet ska utformas diskuteras i en senare del. Resultatet för dessa simuleringar är enbart till för att se hur energianvändningen påverkas.

För värmepumpssimuleringarna så klarar värmepumpmodell 1 av att värma 26 m², vilket motsvarar 63% av husets totala golvyta. Modell 2 klarar av att värma 35 m², vilket motsvarar 85%. Resterande del av huset kommer i simuleringarna att värmas av det befintliga värmesystemet.

I tabell 3.3 visas resultaten från simuleringar gjorda med de olika åtgärderna. Här redovisas även hur stor ändring som sker i energianvändningen relativt mot grundfallet.

Tabell 3.3: Resultat från energisimuleringarna i VIP, med den nya energianvändningen i kWh/(m²·år) relativt grundfallet.

Simulering	Beskrivning	Energi för uppvärmning/ (kWh/(m ² ·år))	Energianvändning relativt grundfallet/%
1a	Grundfall	245	100
1b	50 mm isolering	183	75
1c	80 mm isolering	173	71
2a	Konstant temperatur	291	119
2b	Konstant temperatur + 50 mm isolering	217	89
2c	Konstant temperatur + 80 mm isolering	205	84
3a	Steko s300 + Swedoor	237	97
3b	Steko s800 + Swedoor	233	95
4a	50 mm isolering + Steko s300 + Swedoor	176	72
4b	80 mm isolering + Steko s300 + Swedoor	166	68
5a	Konstant temperatur + Steko s300 + Swedoor + 50 mm isolering	207	86
5b	Konstant temperatur + Steko s300 + Swedoor + 80 mm isolering	195	80
6a	Ventilation	261	107
6b	Ventilation + 50 mm isolering	200	82
7a	Konstant temperatur + ventilation	310	127
7b	Konstant temperatur + ventilation + 50 mm isolering	236	96
8a	Värmepump modell 1	131	53
8b	Värmepump modell 2	116	47
8c	Värmepump modell 1 + 50 mm isolering	98	40
8d	Värmepump modell 2 + 50 mm isolering	86	35
9a	Värmepump modell 1 + konstant temperatur	155	63
9b	Värmepump modell 2+ konstant temperatur	135	55

Det framgår i resultatet att åtgärder med isolering eller värmepump ger en betydligt lägre energianvändning relativt grundfallet, och därför studeras dessa närmre med en LCC beräkning i kapitel 3.1.8.

Åtgärderna där temperaturen höjs till en konstant inomhustemperatur, eller där ventilation införs utan ytterligare förändringar, resulterar i en högre energianvändning enligt simulering 2a. Vinningarna är dock utifrån ett inomhusklimat bättre då den termiska komforten förbättras och problem med fukt försvinner. För att försvara dessa åtgärder utifrån en energisynpunkt måste de kompletteras med utvändigt tilläggsisolering.

3.1.8 Ekonomi och LCC

Resultatet från nuvärdesberäkningarna framgår i figurerna 3.20 t.o.m. 3.23. I figur 3.20 presenteras samtliga beräkningar där kalkylräntan är satt till 4%. Med denna ränta kommer samtliga åtgärder vara lönsamma under perioden, vilket sker när respektive kurva skär grundfallet. Kurvorna börjar utifrån investeringskostnaden som krävs. Energibesparingen för respektive åtgärd återspeglas i lutningen för varje kurva. En flackare kurva har en större energibesparing jämfört med brant.

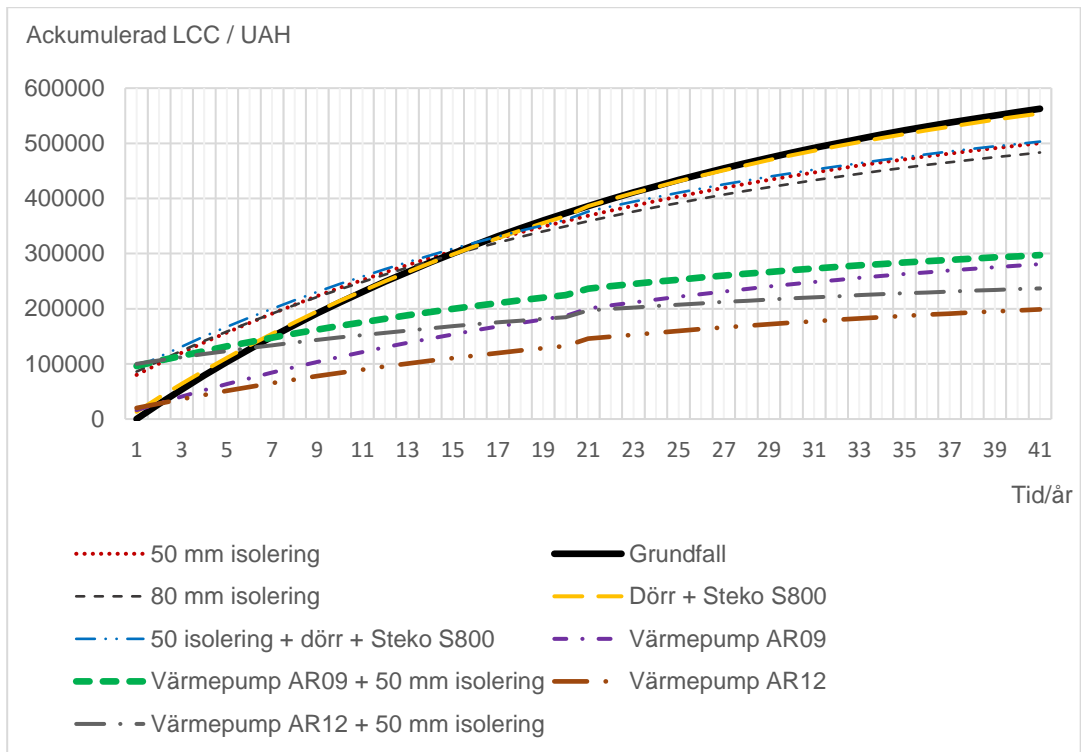
Det framgår att isoleringsåtgärden för 50 eller 80 mm blir lönsamma efter ungefär 16 år vid 4% ränta. Med en realränta på 8% kommer vissa av åtgärderna inte bli lönsamma även efter 40 år. Vid noggrannare titt på åtgärderna med isolering i figur 3.21, framgår det att det först blir lönsamt efter ungefär 26 år för båda tjocklekarna.

Åtgärderna med värmepump är de som snabbast når lönsamhet oavsett om räntan är 4% eller 8%. Utifrån ett lönsamhetsperspektiv är värmepumpen alltså det bästa alternativet, men hänsyn måste även tas till att värmepumpen inte påverkar inomhusklimatet lika gynnsamt som tilläggsisolering av yttervägg.

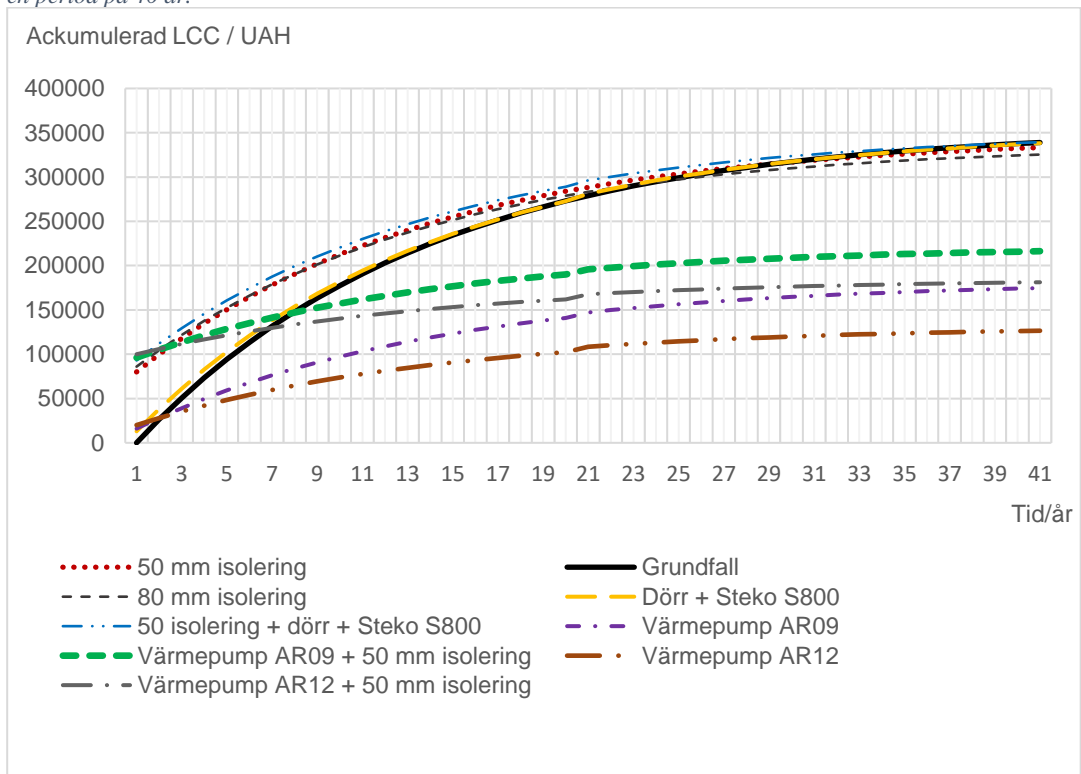
Grundfallets nuvärdeskostnad är beräknad genom att husets energibehov per år är multiplicerat med kostnaden per kWh efter energiförluster på grund av verkningsgrad. Kostnaden som räknats fram för kol är 2,83 UAH/kWh. Kostnaden som räknats fram för el är 1,11 UAH/kWh.

Kostnaden för utvändigt isolering av yttervägg är beräknat efter information från intervjun i fall 1. Från ett kvitto på en renovering av ett separat hus, som erhöles vid intervjun, kunde ett kvadratmeterpris på utvändigt isolering inklusive arbete beräknas fram. Denna kostnad multipliceras med väggarean på det aktuella fallet.

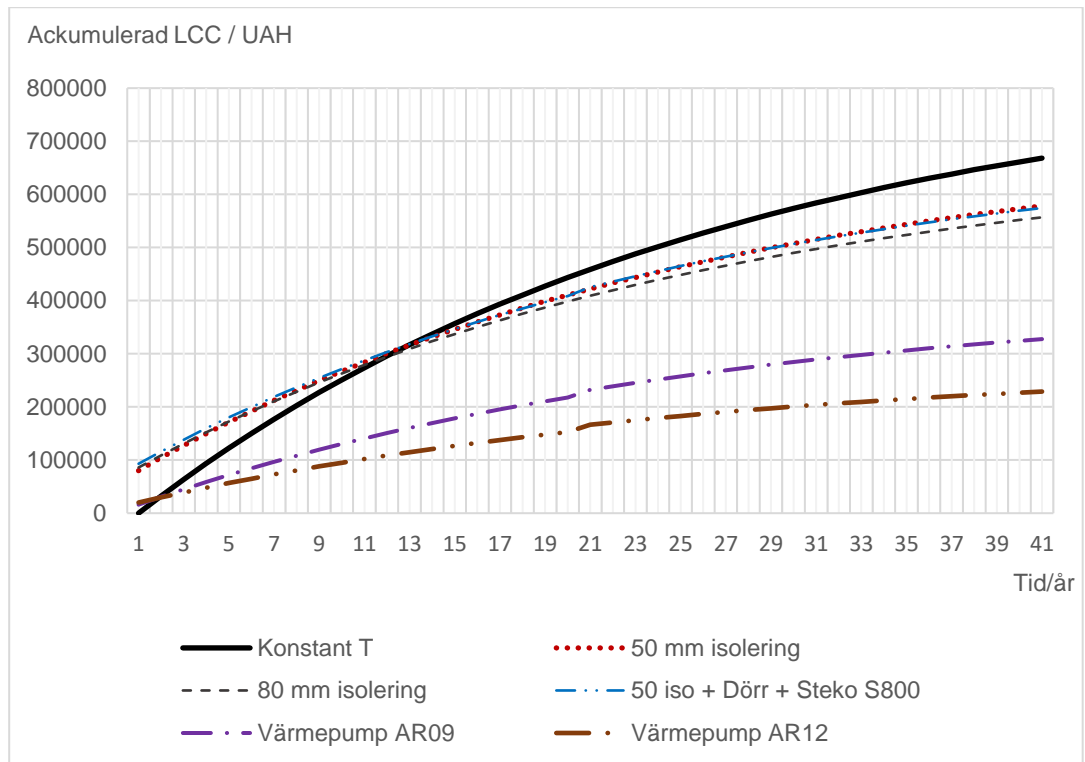
För åtgärderna som har en återkommande kostnad på grund av livslängd, har nuvärdet av en ny investering lagts till när livslängden för varje specifik åtgärd är nådd.



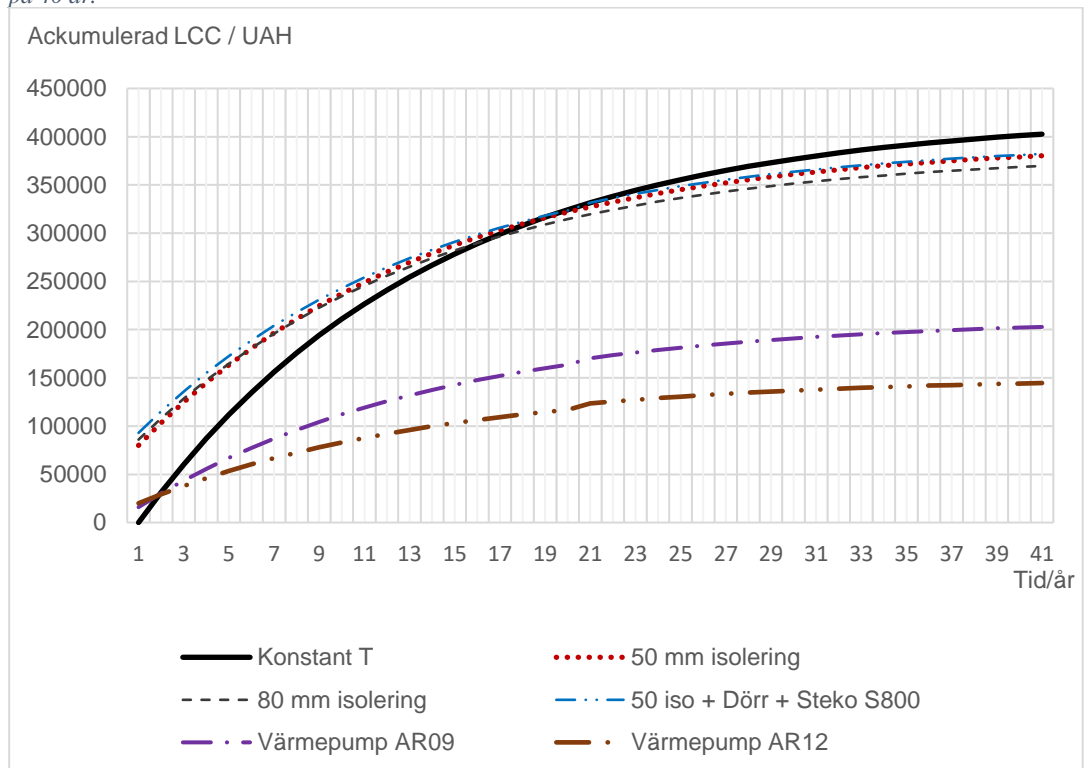
Figur 3.20: Ackumulerade kostnader relativt grundfallet för samtliga åtgärder i UAH med en ränta på 4 %, över en period på 40 år.



Figur 3.21: Ackumulerade kostnader relativt grundfallet för samtliga åtgärder i UAH med en ränta på 8 %, över en period på 40 år.



Figur 3.22: Ackumulerade kostnader relativt fallet med konstant temperatur i UAH, ränta på 4 %, över en period på 40 år.



Figur 3.23: Ackumulerade kostnader relativt fallet med konstant temperatur i UAH, ränta på 8 %, över en period på 40 år.

3.2 Fall 2

Huset som studeras i detta fall är av en annan typ än i fall 1, då detta hus har en tegelstomme. Det skiljer sig även från övriga fall då det i huset bor 8 personer, vilket medför att tillskottet av värme och fukt blir större. Utifrån detta är det därför intressant att närmare studera huset för att beräkna energianvändningen och se vilka eventuella åtgärder som kan sänka den.

3.2.1 Intervju

Intervjun genomförs hemma hos de boende och frågorna ställs i kronologisk ordning.

1. Hälften av husets 6 rum värms upp, vardagsrummet och två sovrum. Badrummet värms upp när de tvättar sig.
2. I huset bor det 8 personer, 2 vuxna och 6 barn. På vardagarna är en vuxen hemma mellan 08–16, resterande personer är på jobb eller i skolan.
3. Tvätt torkas utomhus, även på vintern.
4. Huset värms upp med en centralt belägen kamin där det sker eldning med briketter eller ved, kol används aldrig. I badrummet finns det en liten värmebläkt av äldre modell som används på vintern när barnen ska tvätta sig. Elektrisk värme till varmvattenberedare på 80 liter.
5. Ingen ventilation finns i byggnaden, men samtliga fönster är öppningsbara.
6. Stora problem med fukt och mögel i de rum som inte värms upp. Under de kallaste dagarna kan det bildas frost på innerväggar i de rum som inte värms upp. Det finns synliga skador på ytterdörr, samt på ett flertal väggar som uppstått på grund av fuktrelaterade problem.
7. Varje år eldar de med ungefär 3–3,5 ton briketter. Ingen information om kvitton för köpt energi gavs.
8. De boende hade inget extra att tillägga.

Informationen om hur mycket briketter som går åt varje år är användbart till LCC beräkningen. Ett närvaroschema kan också skapas utifrån informationen som gavs gällande när de boende är hemma, detta används i sin tur till att simulera personvärmen i VIP. Noterbart är också att det i ett av rummen ibland bildas frost under de kallaste dagarna på året, något som tyder på att värmefördelningen från kaminen är dålig.

3.2.2 Byggnadsbeskrivning

Byggnaden är uppbyggd av två delar, en äldre byggnad och en nyare tillbyggnad. Den äldre delen består av en tegelstensstomme som har en tjocklek på 0,41 m, och tillbyggnaden har samma uppbyggnad fast med en tjocklek på 0,29 m. I båda väggtyperna har det gjorts ett antagande om att det finns en luftspalt på 5cm, samt att varje tegelsten har en längd på 0,24 m och en bredd på 0,12m. Takbeläggningen kan antas vara av asbestcement.



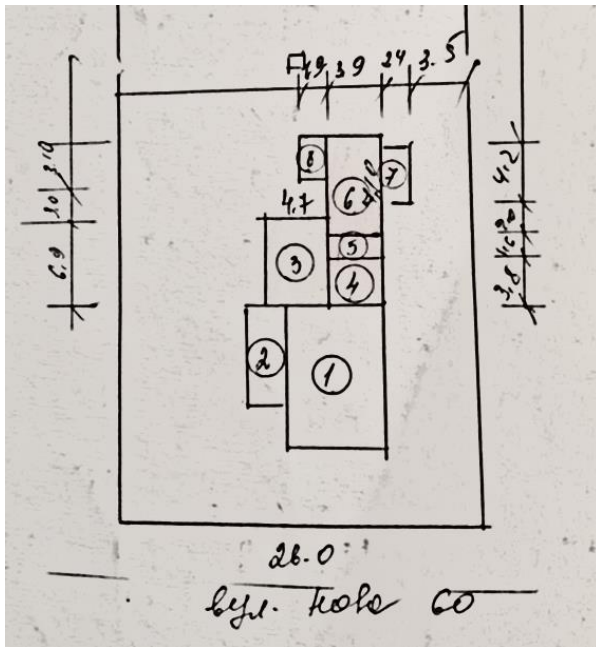
Figur 2.24: Huset sett från gatan.

Respektive byggnadsdel redovisas i tabell 3.4 där areor och u-värden framgår. Precis som i fall 1 saknas information om vilken fönstertyp byggnaden har, varvid samma antagande gjordes om att de är av fabrikat och typ Steko s300. U-värden är beräknade i VIP-Energy. Lambdavärdet som använts för tegel är $0,6 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Tabell 3.4: Byggnadsdelar på fall 2 med teknisk information framtagna i VIP-Energy.

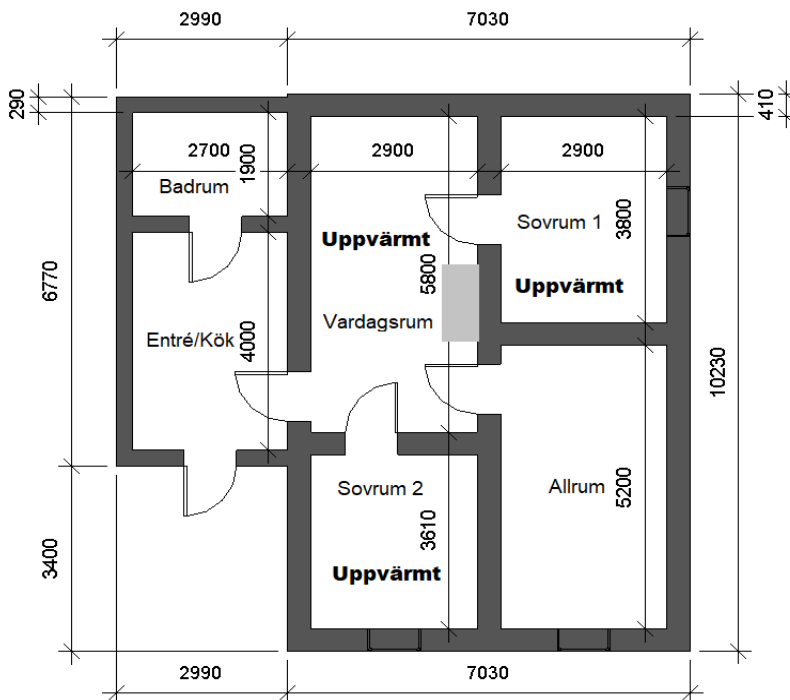
Byggnadsdel	Material;produkt	Area / m^2	U-Värde / ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
Vägg 1	Tegel 120 + 240	54,9	0,37
Vägg 2	Tegel 120 + 120	24,4	0,40
Tak	Lera med halm	68	0,66
Fönster	Steko s300, 3-glas	4,4	1,59
Grund	Armerad betong	68	1,83
Dörr	Trä	2,0	2,00

I Figur 3.25 beskrivs byggnaden utifrån originalritningen från sovjettiden, där markeringen 1 och 2 visar den del av byggnaden som studeras i fallet.



Figur 3.25: Planlösning för huset från sovjettiden.

En ny planlösning utifrån mätningar på plats har tagits fram i Revit då en detaljerad planlösning saknas. I planlösningen framgår det vilka rum som är uppvärmda. Kaminens placering framgår av den grå rektangeln.



Figur 3.26: Planlösning skapad i Revit med uppmätta rumsmått. Kaminens placering framgår med grå rektangel.

3.2.3 Uppvärmningssystem

En centralt belägen kamin i vardagsrummet är den huvudsakliga uppvärmningskällan för huset. Kaminen är av en äldre traditionell typ av gjutjärn. Vid eldning värms den närliggande stenkonstruktionen, vilket håller kvar värmen ett tag efter att eldningen har avtagit. Från kaminen sprids värmen till de båda sovrummen och vardagsrummen. I figur 3.27 visas kaminen, och i nedre delen av figuren syns även briketterna som används som bränsle.



Figur 3.27: Kamin som används till uppvärmning. Briketterna som används syns även i nedre delen av bilden.

Som uppvärmningskälla till varmvatten används en varmvattenberedare med elpatron. Behållaren har en kapacitet på 80 liter och används främst när de boende tvättar sig. På vintern är temperaturerna väldigt låga i badrummet, så då används en liten extern elektrisk värmekälla. Varmvattenberedaren och den värmekällan visas i figur 3.28.



Figur 3.28: Varmvattenberedare och extern radiator i badrummet.

3.2.4 Ventilation och inomhusklimat

3.2.4.1 Luftomsättning

Byggnaden saknar både frånlufts- och tilluftsdon, i köket finns det heller ingen fungerande frånluft över spisen. Resultatet från luftomsättningsmätningarna redovisas i tabell 3.5 för respektive rum. Till omsättningsmätningarna fanns bara tillgång till tillräckligt med mätutrustning för att mäta omsättningen i tre olika rum. Därför valdes Sovrum 1, Sovrum 2 och Vardagsrum 1 för mätningar då detta är de rummen som de boende mestadels vistas i. Vardagsrum 2 hålls stängt under hela vinterhalvåret, och därför sattes omsättningen i detta rum till 0. För hallen och toaletten så sattes omsättningen till medelvärdet av mätvärdena som uppmättes från resterande delar av huset. Det volymviktade värdet avser hela husets omsättning.

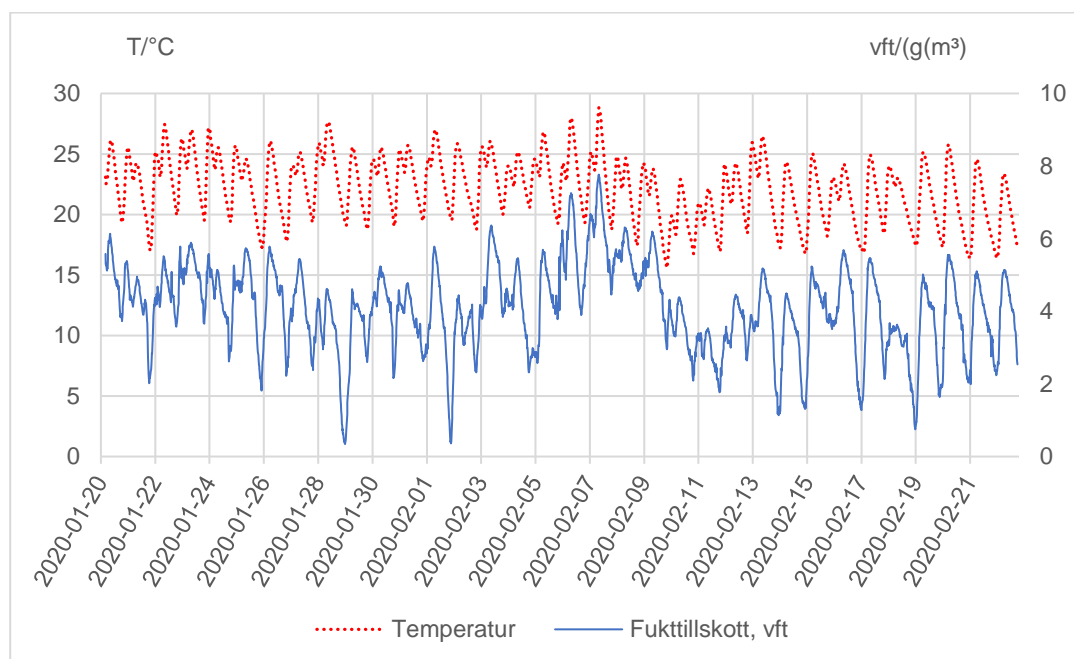
Resultatet blev efter volymviktning $0,597 \text{ oms/h}^{-1}$ vilket är högt med tanke på att det saknas ventilation i byggnaden. Det skulle eventuellt kunna förklaras av den centralt belägna kaminen, där det sker ett kontinuerligt flöde genom skorstenen när eldning sker.

Tabell 3.5: Luftomsättning från mätning, med volymviktade värde för hela huset.

Rum	Omsättning/h ⁻¹	Volymandel av huset / %	Volymviktad omsättning/h ⁻¹
Hall	0,77	16	
Toalett	0,77	7	
Sovrum 2	0,71	14	
Sovrum 1	0,79	25	
Vardagsrum 1	0,79	22	
Vardagsrum 2	0,0	16	
			0,597

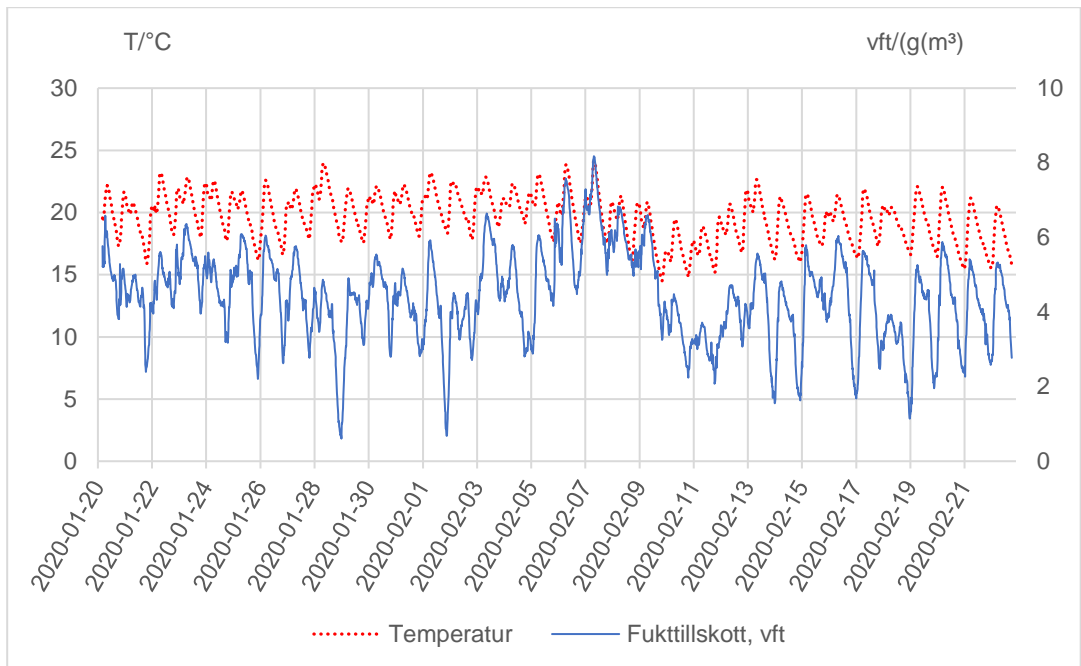
3.2.4.2 Temperatur och luftfuktighet

Loggrar placerades i tre rum, i de båda sovrummen samt vardagsrummet.



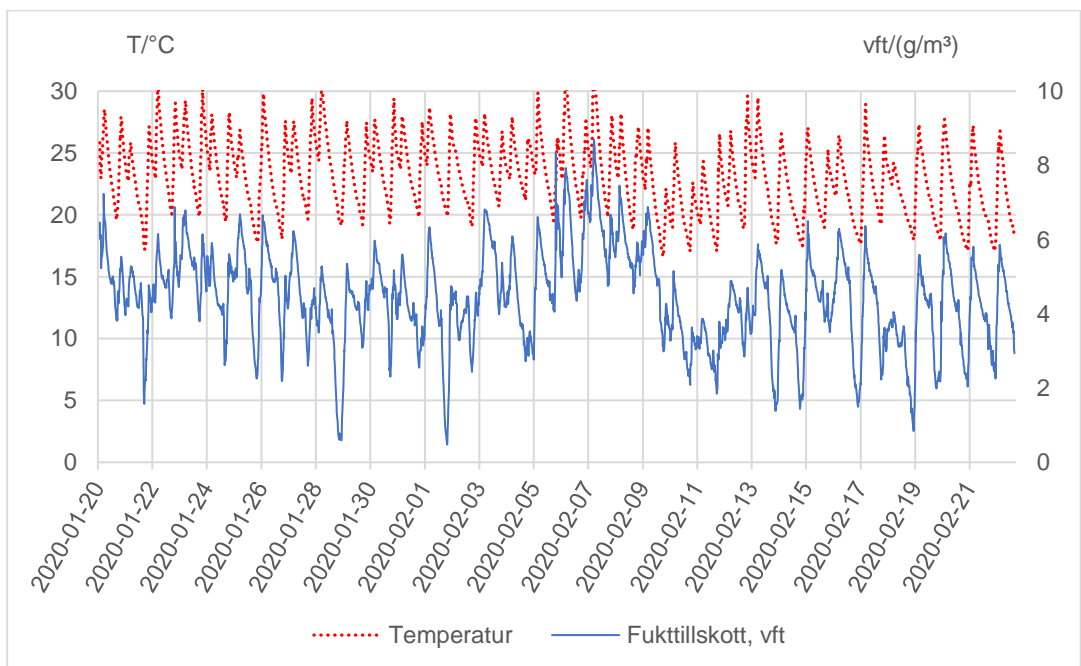
Figur 3.29: Temperatur och fuktillskott i sovrum 1.

Temperaturen i sovrum 1 varierar mellan lägsta temperaturen 15,6°C och högsta temperaturen 28,8°C, där medeltemperaturen är 22,2°C över mätperioden. Fuktillskottet varierar med blandade toppar och dalar under perioden, där topparna förklaras som att det sker fuktproducerande aktiviteter. Bristen på ventilation medför att fuktillskottet blir ganska högt, och medelvärdet ligger på 4,10 g/m³. De djupa dalarna i grafen förklaras nog med att det sker eventuell vädring. Dessa antaganden är applicerbara på samtliga rum i fall 2.



Figur 3.30: Temperatur och fukttillskott i sovrum 2.

Temperaturen i sovrum 2, figur 3.30, varierar mellan lägsta temperaturen $14,5^{\circ}\text{C}$ och högsta temperaturen $24,2^{\circ}\text{C}$, där medeltemperaturen är $19,6^{\circ}\text{C}$ över mätperioden. Fukttillskottets medelvärde ligger på $4,42\text{ g/m}^3$.



Figur 3.31: Temperatur och fukttillskott i vardagsrum 1.

Temperaturen i Vardagsrum 1, figur 3.31, varierar mellan lägsta temperaturen 16,6°C och högsta temperaturen 34,1°C, där medeltemperaturen är 23,1°C över mätperioden. Skälet till varför temperaturen varierar väldigt mycket i just detta rum är att eldningskaminen är placerad där. Fukttillskottets medelvärde ligger på 4,43 g/m³.

Likheter mellan de olika rummen syns tydligt, linjerna följer ungefär samma mönster i alla tre grafer, vilket kan bero på att de tre rummen är sammanhängande och oftast har öppna dörrar mellan dem.

3.2.5 Energikostnader och energianvändning

Hushållet använder cirka 3–3,5 ton solrosbriketter per år, där mesta delen används på vinterhalvåret. Priset per ton solrosbriketter som de betalar är 3500 UAH. Detta medför en årlig kostnad för solrosbriketter på ungefär 10500–12250 UAH. Eftersom verkningsgraden är uppskattad till 35%, så kommer den faktiska energin från solrosbriketterna som går till att värma huset räknas ut enligt följande:

$$\text{Energi från solrosbriketter} = 4,53 \frac{kWh}{kg} \cdot 3250 \text{ kg} \cdot 0,35 = 5152,9 \text{ kWh}$$

Byggnaden har även en varmvattenberedare, och en extern radiator, som använder el. Men eftersom elfakturorna inte var tillgängliga, så går denna energi inte att redovisa.

3.2.6 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel

Ett stort problem är att nästan halva huset är ouppvämt under vinterhalvåret. Detta på grund av att de boende vill ha så låg kostnad för köpt energi som möjligt. Detta gör att det blir ett väldigt dåligt inomhusklimat i de uppvärmda rummen, med exempelvis mögelpåväxt på väggar och tak. För det rum som alltid är stängt, och som aldrig ventileras, så kan det ibland bildas frost på insidan av väggarna mot utomhus under de kallaste månaderna.



Figur 3.32: Innerväggens anslutning mot taket i entré/kök.

Det finns inget ventilationssystem som ventilerar ut varm och fuktig luft, vilket resulterar i att temperaturen varierar stort under dagen. I figur 3.32 så syns väggen ovanför spisen i köket, som visar tydliga tecken på fuktskador. Ytterdörren i figur 3.33 visar även spår på skador från bristfälligt inomhusklimat.



Figur 3.33: Ytterdörr i entré/kök.

Den centrala kaminen värmer endast upp de tre närliggande rummen, och med tanke på detta förblir hälften av rummen i huset kalla på vintern. Detta resulterar i att det blir trångt i de rum som används, och det blir ett stort fukttillskott och en hög koldioxidproduktion. Det är också svårt att hålla en konstant temperatur under dygnet vid eldning i en kamin, och temperaturvariationerna blir stora. Mätningarna för huset visar på att temperaturen varierar mellan 16°C till 34°C under en vintermånad, där de högsta temperaturerna nås på kvällen. En optimal temperatur för god sömn ligger på mellan 14°C till 18°C enligt en sammanställning från Karolinska Institutet (Karolinska Institutet, 2017) gällande råd för en god sömn.

3.2.7 Energiberäkning

Byggnaden och grundfallet är framtaget efter de förutsättningar som är angivna, och mängdning har skett efter de mått som har mätts upp på plats enligt delkapitlet för byggnadsbeskrivning.

För värmepumpssimuleringarna så klarar värmepumpmodell 1 av att värma 26 m², vilket motsvarar 38% av husets totala golvyta. Modell 2 klarar av att värma 35 m², vilket motsvarar 51%. Resterande del av huset kommer i simuleringarna att värmas av det befintliga värmesystemet.

Byggnad

Beskrivning	Benämning för byggdeltyp	Orientering	Rotation + medsols - motsols grader	Lutning + uppåt - nedåt grader	Mängd (Area[m ²] Längd[m] Antal)	Angränsande-temp [°C]	Lägsta nivå [m]	Högsta nivå [m]	Värme-skikt Andel av effekt-behov %	U-värde [W/m ² .K] Psi-värde W/m.K Chi-värde [W/K] inkl. mark Delta-U	Ötätthets-faktor q50 [l/s.m ²]
	Vägg	SYDVÄST	0	0	7,0m ²	0	0	2,4	0	0,371	0,00
	Vägg	NORDVÄST	0	0	14,5m ²	0,0	2,4	0,00	0,371	0,00	
	Vägg	SYDÖST	0	0	12,3m ²	0,0	2,4	0,00	0,371	0,00	
	Vägg	NORDÖST	0	0	21,1m ²	0,0	2,4	0,00	0,371	0,00	
	vägg2	NORDVÄST	0	0	5,7m ²	0,0	2,4	0,00	0,401	0,00	
	vägg2	SYDVÄST	0	0	13,8m ²	0,0	2,4	0,00	0,401	0,00	
	vägg2	SYDÖST	0	0	4,9m ²	0,0	2,4	0,00	0,401	0,00	
	Steko300	NORDÖST	0	0	1,1m ²	0,0	2,4	0,00	1,590	0,80	
	Steko300	SYDÖST	0	0	2,2m ²	0,0	2,4	0,00	1,590	0,80	
	Steko300	SYDVÄST	0	0	1,1m ²	0,0	2,4	0,00	1,590	0,80	
	Dörr	SYDÖST	0	0	2,0m ²	0,0	2,4	0,00	2,000	0,80	
	Grund	PPM 0-1 m	0	0	32,5m ²	0,0	0,0	0,00	0,582	0,00	
	Grund	PPM 1-6 m	0	0	35,5m ²	0,0	0,0	0,00	0,242	0,00	
	Tak	TAK	0	0	68,0m ²		2,4	2,4	0,00	0,655	0,00

Direkt länkning av mängder från VIP-area

Aktivera \\wupcluster03.uw.lu.se\w\5540ka-s\N\Desktop\

Uppdatera länk Import av mängder från VipArea

Kataloger för byggdeltyp: Fönster, dörrar; Uteluftsventiler; 1-Dim Byggdelar; 2-Dim Byggdelar; 3-Dim Byggdelar

Rotera: Rotera orientering för alla byggdelar längs väderstreck; Medsols; Motsols

Markegenskaper: Lera, dränerad sand, dränerat grus vlt 1.4

Vridning av byggnad + Medsols: 0 grader

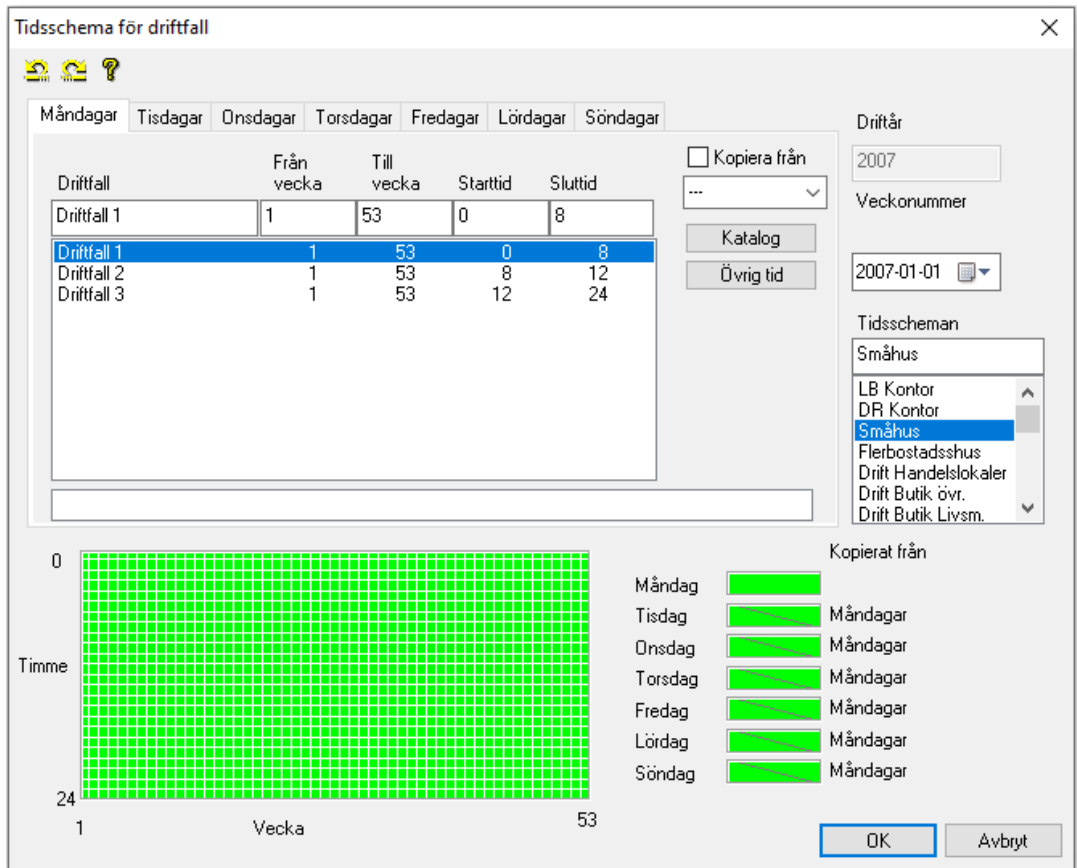
Antal lägenheter: 0

Ventilerad rumsvolym: 168 m³

Golvarea: 68 m²

OK Avbryt

Figur 3.34: Byggnadsdelar i VIP med areor, U-värden och orientering.



Figur 3.35: Driftfallens fördelning över dygnet.

Tre olika driftfall används i detta fall, då det finns en större variation på hur många som vistas i huset under vissa tider. Mellan 0–8 så sätts temperaturen till 18°C. Detta värde är framtaget genom temperaturmätningar i de varmare rummen. Dessa har sedan volymviktats mot de kalla rummen för att skapa ett medelvärde för temperaturen. Driftfall 2 för timmarna 8–12 är skapat med samma temperatur, men personvärmen är ändrad då mindre antal personer vistas i huset under denna tid. Den kalla temperaturen på 14°C mellan 12–24 är även den uppskattad med hjälp av temperaturmätningarna.

Driftfallskatalog

(26) Processenergi
Andel som värmestrålning %

Verksamhetsenergi (40) Till rumsluft W/m²
Extern (41) Extern W/lgh W/m²

Fastighetsenergi (39) Till rumsluft W/m²
Extern (46) Extern W/m²

(25) Personvärme W/m²

Fukt-tillskott till rumsluft mg/s.m²

(44) Tappvarmvatten W/m² W/lgh

Rumstemperaturer Högsta °C Lägsta °C

Lägsta temperatur passiv forcering °C

Benämning av driftfall	(40)	(41)	(39)	(46)	(25)	Fukt-tillskott till rumsluft mg/s.m²	(44)	Rumstemperaturer Högsta °C	Rumstemperaturer Lägsta °C	Lägsta temperatur passiv forcering °C		
Driftfall 1	0	0	0	0	1,18	0	0	27	18	22		
Driftfall 1	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	1,18	0,00	0,0	0,0	27,0	18,0	22,0
Driftfall 2	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	5,88	0,00	0,0	0,0	27,0	18,0	22,0
Driftfall 3	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	5,88	0,00	0,0	0,0	28,0	14,0	22,0

Info

Figur 3.36: Driftfall med tillhörande värden på personvärme och temperatur.

Under vardagarna så vistas enbart en person i huset, resterande är på jobb eller i skolan. Övrig tid antas alla vara hemma. I huset bor det 2 vuxna, och 6 barn. Högsta antalet personer enligt BEN2 som kan användas är 3,51 för ett hus med 5 rum. Men med tanke på att det är trångbott i huset och att det bor 8 personer, sätts antalet personer istället till 5. De sex barnen kan ses som tre vuxna, då de är relativt små. Personvärmen beräknas enligt följande för 1 person, respektive 5 personer.

$$\text{Personvärme} = \frac{80 \text{ W/person} \cdot 1 \text{ person}}{68 \text{ m}^2} = 1,18 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Personvärme} = \frac{80 \text{ W/person} \cdot 5 \text{ personer}}{68 \text{ m}^2} = 5,88 \text{ W/m}^2$$

I simuleringarna för ventilation har ventilationsflödet för både till- och frånluft satts till 32 l/s, efter maxvärdet av boverkets krav på 0,351/(s·m²) och 4 l/s per sovplats. Med tanke på att det vistas 8 personer i byggnaden, så blev 4 l/s per sovplats dimensionerande i detta fall jämfört med boverkets krav som blev 23,8 l/s. En mer ingående diskussion om hur systemet ska utformas diskuteras i en senare del. Resultatet för dessa simuleringar är enbart till för att se hur energianvändningen påverkas.

Samtliga resultat från simuleringarna redovisas i tabell 3.6, med energiförbrukning per kvadratmeter och förbättringen relativt grundfallet.

Tabell 3.6: Resultat från energisimuleringarna i VIP.

Simulering	Beskrivning	Energi för uppvärmning / (kWh/(m ² ·år))	Energianvändning relativt grundfallet / %
1a	Grundfall	106	100
1b	50 mm isolering	97	92
1c	80 mm isolering	94	89
2a	Konstant temperatur	147	139
2b	Konstant temperatur + 50 mm isolering	135	128
2c	Konstant temperatur + 80 mm isolering	131	125
3	Steko s800 + Swedoor	101	96
4a	50 mm isolering + Steko s800 + Swedoor	93	88
4b	80 mm isolering + Steko s800 + Swedoor	90	86
5a	Konstant temperatur + Steko s800 + Swedoor + 50 mm isolering	130	123
5b	Konstant temperatur + Steko s800 + Swedoor + 80 mm isolering	126	120
6a	Ventilation	116	110
6b	Ventilation + 50 mm isolering	108	103
7a	Konstant temperatur + ventilation	162	154
7b	Konstant temperatur + ventilation + 50 mm isolering	150	142
8a	Värmepump modell 1	77	73
8b	Värmepump modell 2	73	69
8c	Värmepump modell 1 + 50 mm isolering	71	67
8d	Värmepump modell 2 + 50 mm isolering	67	63
9a	Värmepump modell 1 + konstant temperatur	106	100
9b	Värmepump modell 2+ konstant temperatur	100	94

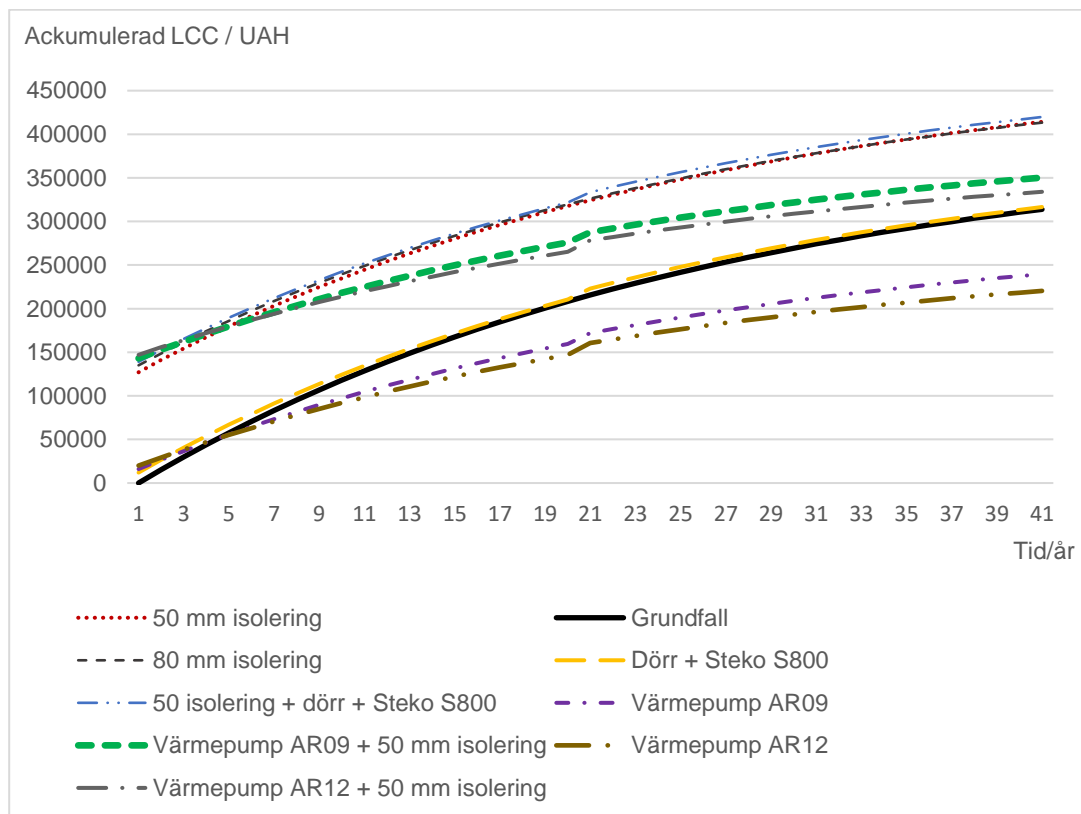
3.2.8 Ekonomi och LCC

Resultatet från nuvärdesberäkningarna framgår i figurerna 3.37 t.o.m. 3.40. I figur 3.37 och 3.38, som visar ackumulerade kostnader med 4% respektive 8% kalkylränta, så är endast åtgärderna med värmepump utan isolering lönsamma. Vid installation av värmepump utan ytterligare åtgärder, blir både AR09 och AR12 lönsamma efter ungefär 6 år. Åtgärderna som endast innefattar utvändigt isolering kommer inte bli lönsamma, även om kalkylräntan sätts till 4%, därav är 8% kalkylränta inte testat.

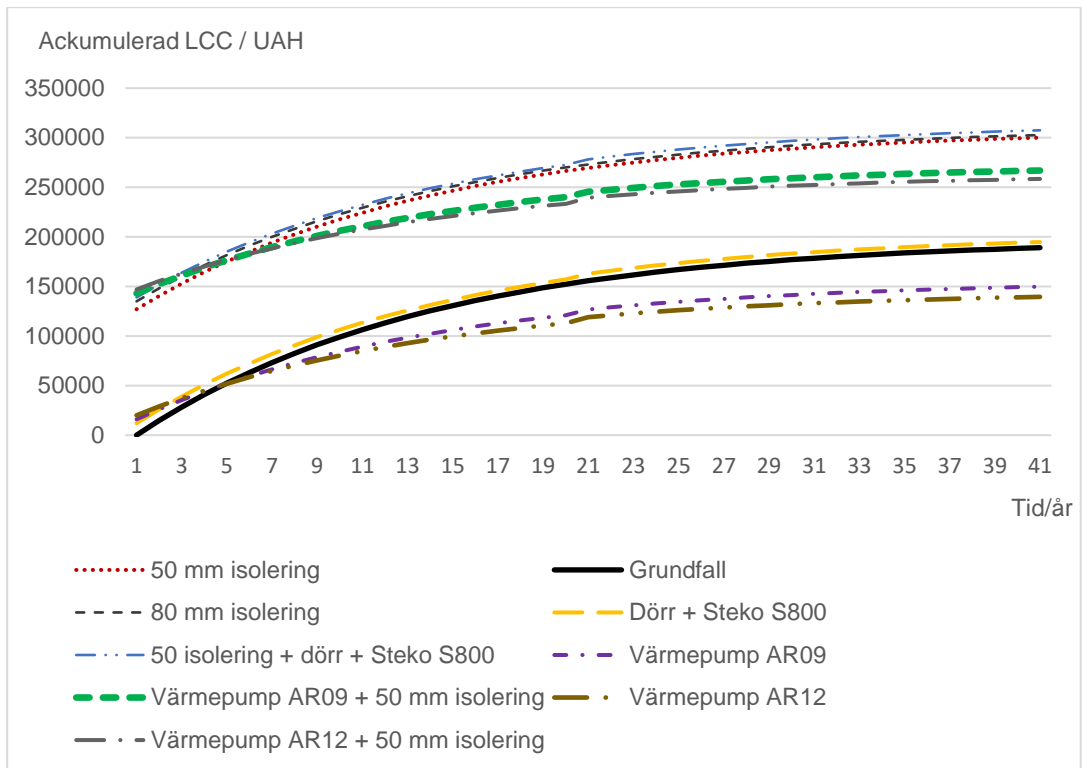
Grundfallets nuvärdeskostnad är beräknad genom att husets energibehov per år är multiplicerat med kostnaden per kWh efter energiförluster på grund av verkningsgrad. Kostnaden som räknats fram för solrosbriketter är 2,2 UAH/kWh. Kostnaden som räknats fram för el är 1,11 UAH/kWh. Pris på värmepump enligt kapitel 2.6.

Kostnaden för utvändigt isolering av yttervägg är beräknat efter information från intervjun i fall 1. Från ett kvitto på en renovering av ett separat hus, som erhöles vid intervjun, kunde ett kvadratmeterpris på utvändigt isolering inklusive arbete beräknas fram. Denna kostnad multipliceras med väggarean på det aktuella fallet.

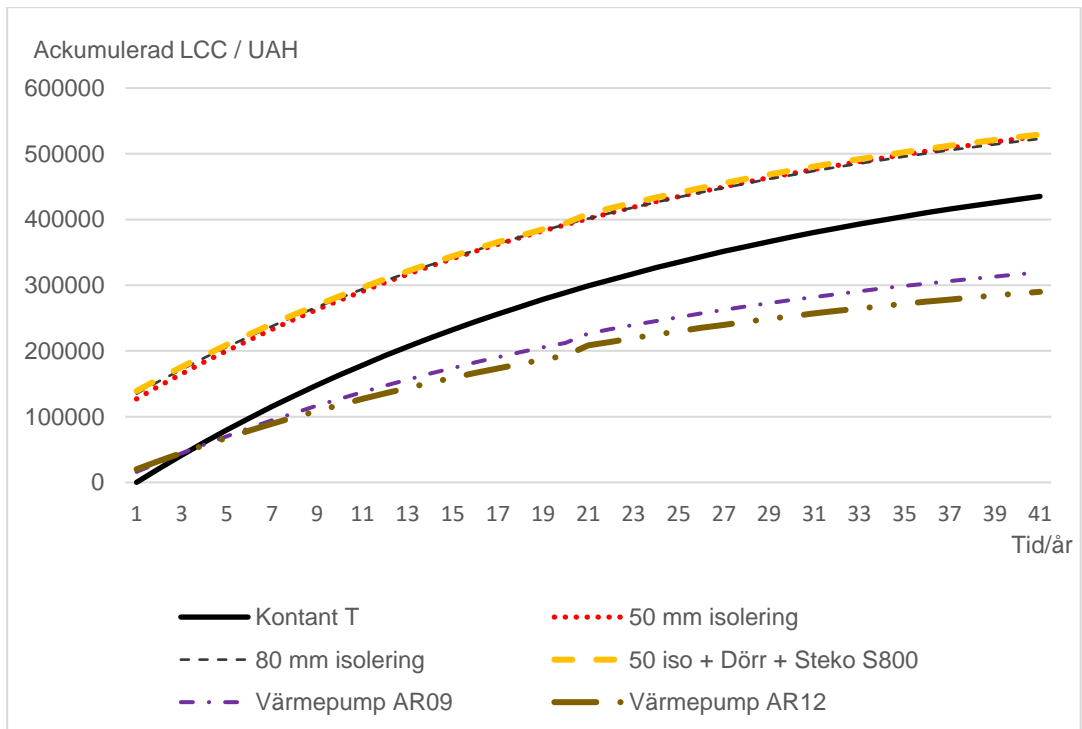
För åtgärderna som har en återkommande kostnad på grund av livslängd, har en ny investering lagts till när livslängden för varje specifik åtgärd är nådd.



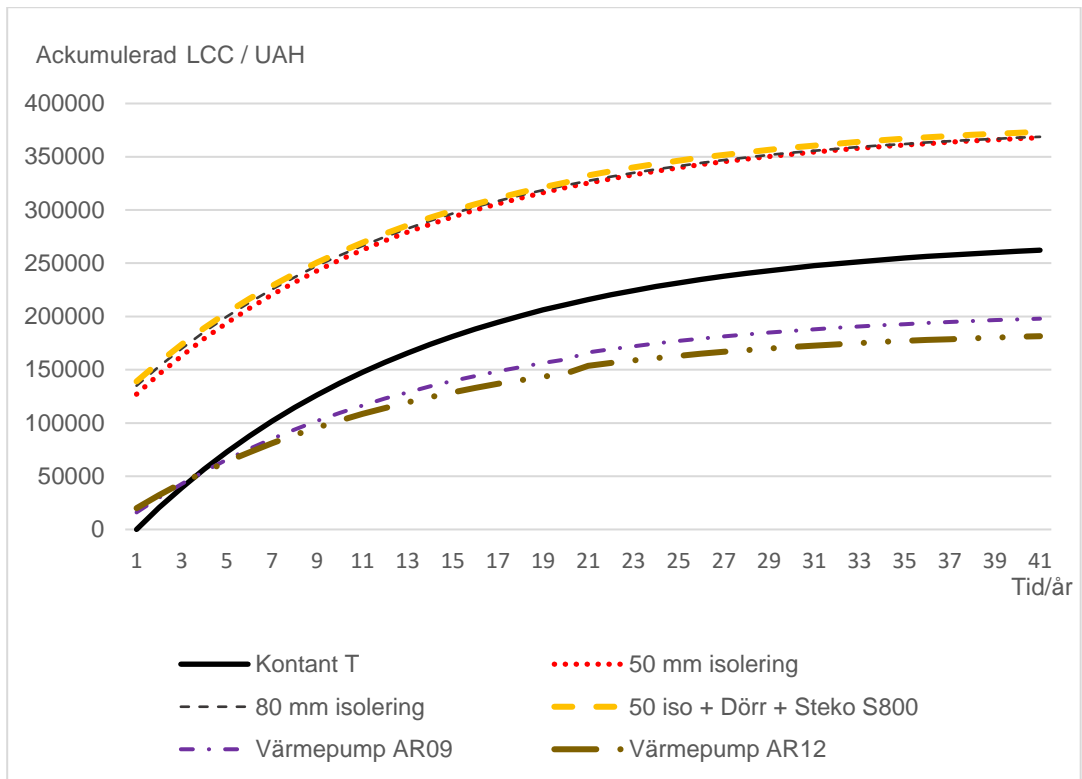
Figur 3.37: Ackumulerade kostnader relativt grundfallet för samtliga åtgärder i UAH med en ränta på 4 %, över en period på 40 år.



Figur 3.38: Ackumulerade kostnader relativt grundfallet för samtliga åtgärder i UAH med en ränta på 8 %, över en period på 40 år.



Figur 3.39: Ackumulerade kostnader relativt fallet med konstant temperatur i UAH, ränta på 4%, över en period på 40 år.



Figur 3.40: Ackumulerade kostnader relativt fallet med konstant inomhustemperatur på 20 °C i UAH, ränta på 8%, över en period på 40 år.

I figur 3.39 och 3.40 så framgår det också att enbart värmepump utan några ytterligare åtgärder kommer bli lönsamt när en konstant temperatur på 20°C hålls inomhus.

3.3 Fall 3

Huset som studeras i detta fall är av det modernare slaget och har en högre standard som mer liknar äldre svenska hus. Boende i huset är en svensk VVS-ingenjör, som hjälpt till med att vidarebefordra information från mätutrustningen som lämnades kvar i byn.

3.3.1 Intervju

Intervjun genomfördes i kronologisk ordning enligt metoden, och följande svar erhöles:

1. Hela huset förutom hallen vid entrén värms upp. Tv rummet håller en högre temperatur på omkring 22 grader medan sovrummen har en lägre temperatur på 18 grader. I pannrummet finns det en extra elradiator.
2. I huset bor det 2 vuxna personer. Normalt brukar de vara borta mellan 08.00-16.00, dvs huset är tomt under denna tid.
3. Tvätten torkas i pannrummet där det finns en extra elradiator på vintern. På sommaren torkas tvätten utomhus.
4. Huset värms främst upp med en elpanna, men det finns också en luft/luftvärmepump. Vid behov så finns det också en värmepanna där det kan eldas med ved eller kol. Kol undviks dock om det verkligen inte behövs. Huset har ett vattenburet radiatorsystem.
5. I köket finns det en spisfläkt som måste vara påslagen för att den ska ventileras bort lukt och fukt vid matlagning. I badrummet finns det en fläkt, och alla fönster i huset är öppningsbara. Huset har ingen tilluft eller frånluft utöver spisfläkten och badrumsfläkten.
6. Inga upplevda problem med fukt och det sker knappt någon fuktutfällning. Temperaturen inomhus upplevs vara behaglig.
7. De boende visade kvitton på köpt energi för perioden juli-december 2019.
8. De boende hade inget extra att tillägga.

Vid en mailkonversation under april gavs ytterligare information om värmepumpen. Informationen som gavs är att värmepumpen är av fabrikat Samsung AR09MSFPAWQN/X. Nypris kostade den 13998,90 UAH.

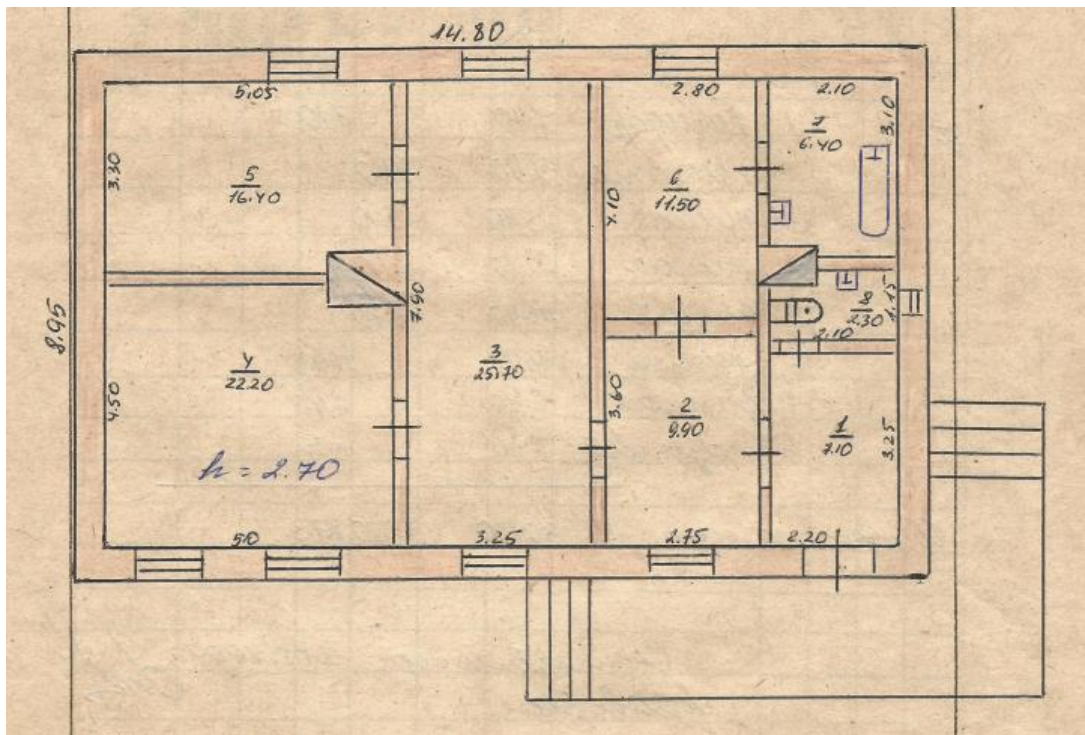
3.3.2 Byggnadsbeskrivning

Huset har en stomme bestående av kримsten med mellanliggande bruk, och bredden på väggarna mäter 0,5 m i tjocklek. Fasaden har förberetts för tilläggsisolering genom att den har slätats ut, och att sockeln är något tjockare jämfört med väggen vilket framgår i Figur 3.40. Det är planerat att en tilläggsisolering ska göras inom en snar framtid. Tanken är då att det ska sättas upp cellplastskivor med en tjocklek på 5 eller 8 cm. I bilderna nedan syns fasaden med kримsten, samt utrymmet där isoleringen ska sättas.



Figur 3.41: Uppbyggnad av väggen till vänster, och vägg som är redo för tilläggsisolering till höger.

Grundkonstruktionen är en kombination av en torpargrund och en platta på mark, vilket beskrivs av de boende i huset. Grunden saknar helt isolering och som golvmaterial är det 1 tums spontat trägolv. Vindsbjälklaget består av balkar med ett centrumavstånd på 1200 mm, med en kombination av lera och halm som utfyllnad. Det finns även ett undertak på ca 1 dm. Fönsterna bedöms vara från tillverkaren Steko men det saknas information gällande U-värde, däremot kostar de nya 2500 UAH. Husets planlösning framgår i Figur 3.42.



Figur 3.42: Planlösning från originalritning.

3.3.3 Uppvärmningssystem

Samtliga rum förutom entrén värms upp med ett vattenburet radiatorsystem som drivs av en cirkulationspump. Vattnet i systemet värms i första hand upp av en elpanna, och vid behov under de kallaste dagarna är det också möjligt att elda med pellets eller kol i en modernare värmepanna. I huset finns det också en luft/luftvärmepump som främst används till kylning på sommaren, men den kan också användas till uppvärmning. Värmepumpen är av modell Samsung AR09MSFPAWQN/X med värmeeffekt på 3,2 kW. Värmepumpen är dock inte dimensionerad för hela huset, då den rekommenderas till byggnader på upp till 26 kvadratmeter (Mvideo, 2020).

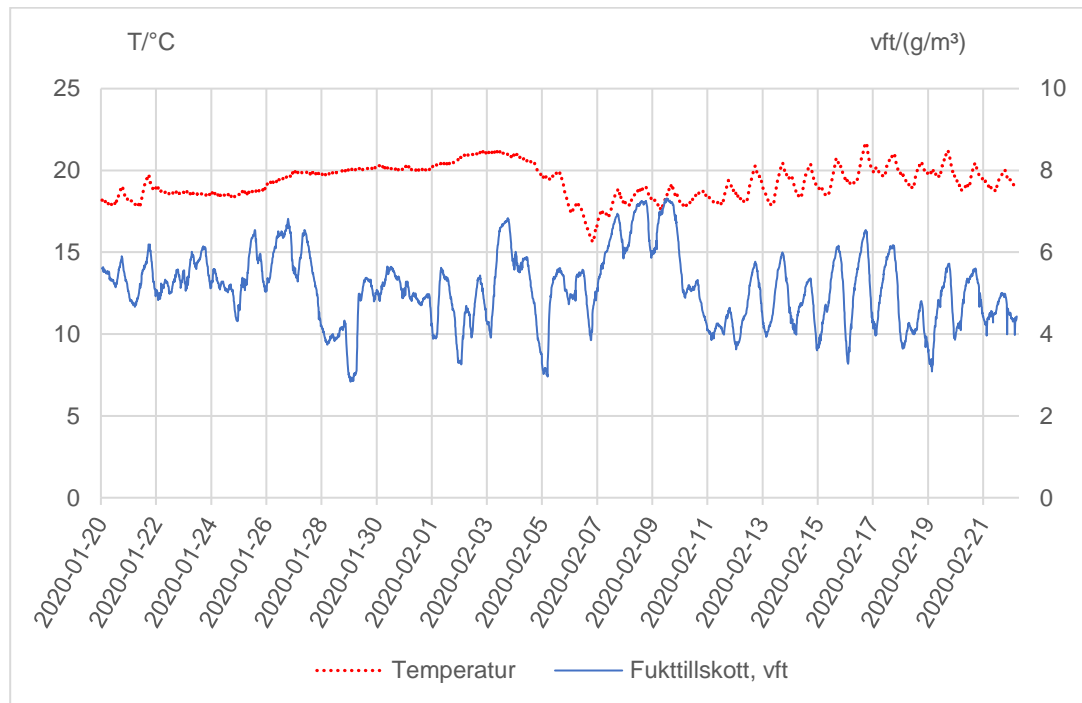


Figur 3.43: Eldningskamin och värmepump.

3.3.4 Inomhusklimat

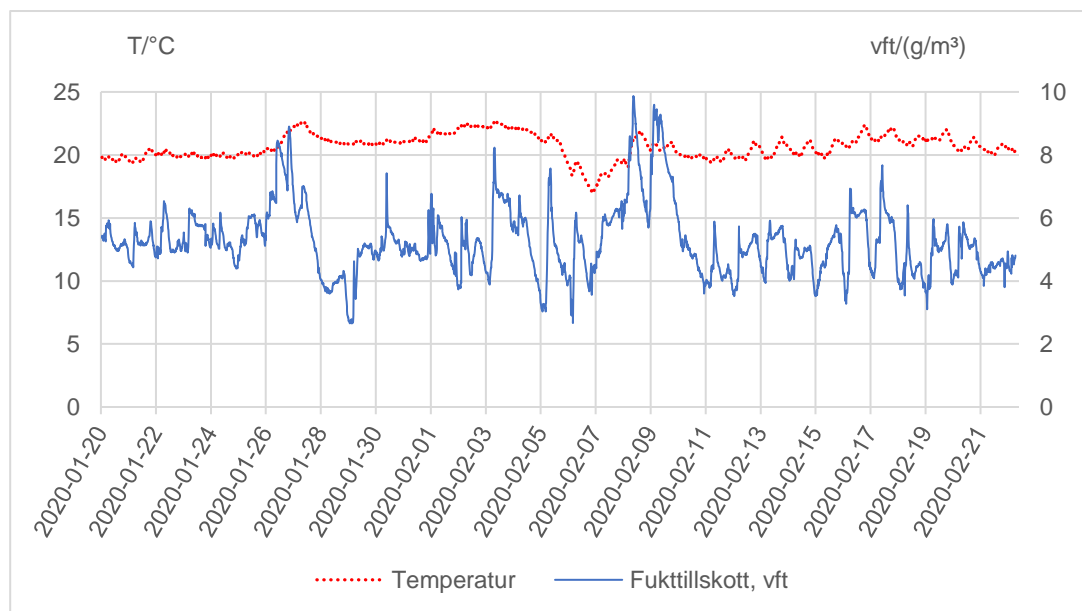
Huset saknar helt tilluftsventiler men däremot är samtliga fönster öppningsbara. I köket finns det en fungerande spisfläkt, men den måste vara påslagen för att det ska vara ett frånluftsflöde. I badrummet finns det också en frånluftsfläkt som även den måste slås på manuellt.

Loggrar placerades i två rum, en i sovrummet samt en i middagsrummet.



Figur 3.44: Temperatur och fuktillskott i sovrummet.

Temperaturen i sovrummet, figur 3.44, varierar mellan lägsta temperaturen 15,6°C och högsta temperaturen 21,7°C, där medeltemperaturen är 19,3°C över mätperioden. Fuktillskottets medelvärde för mätperioden ligger på 5,12 g/m³.

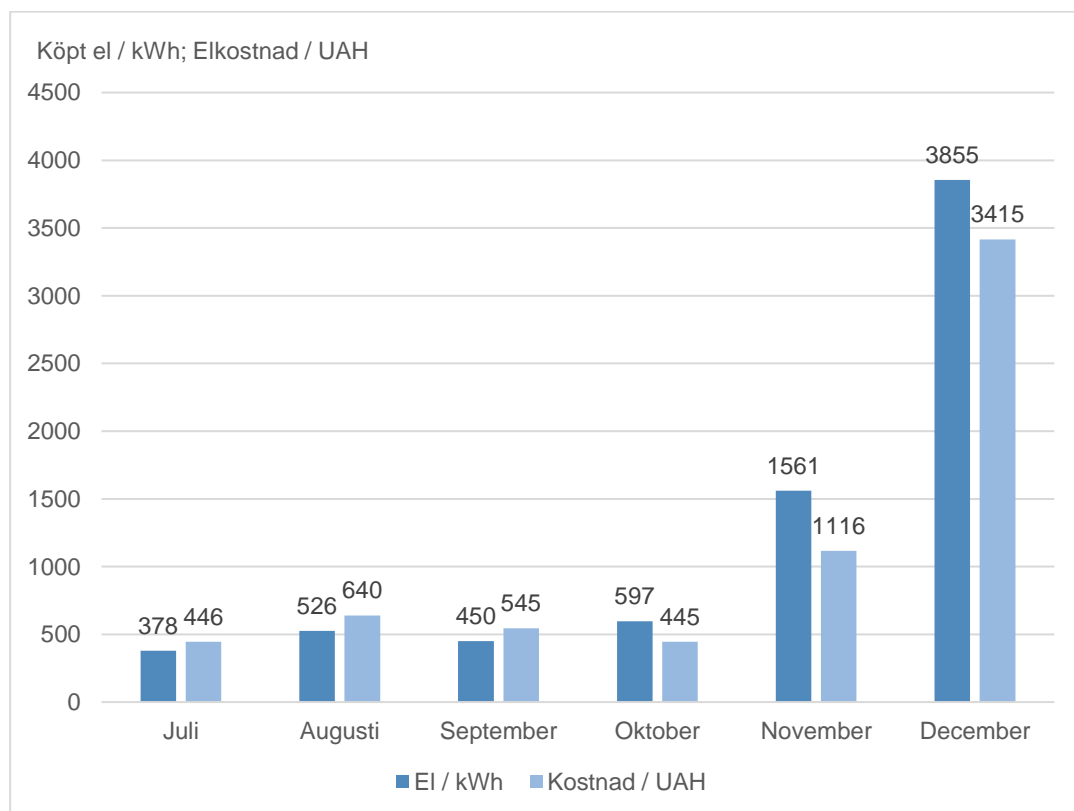


Figur 3.45: Temperatur och fuktillskott i middagsrummet.

Temperaturen i middagsrummet varierar mellan lägsta temperaturen 16,9°C och högsta temperaturen 22,7°C, där medeltemperaturen är 20,7°C över mätperioden. Fukttillskottets medelvärde ligger på 5,25 g/m³.

3.3.5 Energikostnad och energianvändning

Eftersom byggnaden nästan uteslutande använder el för uppvärmning, så kan byggnadens totala kostnader för uppvärmning för andra halvan av 2019 redovisas efter kvittona som erhöles vid intervjun. Vad som tydligt framgår är att behovet av köpt energi ökar väldigt mycket när vinterhalvåret närmas.



Figur 3.46: Köpt el för månaderna juli till och med december.

Som visas i figur 3.46 så framgår det att elanvändningen är relativt konstant under den varmare delen av året. Detta antas vara då ingen el behövs till uppvärmning, och istället så används elen till värmepumpen för komfortkyla, samt till matlagning.

3.3.6 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel

Då huset var modernare än övriga hus i byn så fanns där inga synliga skador på huset. Enligt figurerna 3.44 och 3.45 så är inomhustemperaturen stabilare än i övriga fall, detta leder till att huset har mindre risk för att utveckla fuktskador.

3.4 Fall 4

I detta fall studeras ett liknande hus som det som undersöks i fall 2. Byggnaderna ligger på samma gata och utifrån sett ser de ut att ha byggts ungefär samtidigt. Med tanke på att det finns eventuella likheter med huset i fall 2, kan de vara intressant att jämföra dessa jämt mot varandra men även de andra husen på gatan, för att se om vissa lösningar är applicerbara på samtliga hus.

3.4.1 Intervju

Intervjun genomfördes i kronologisk ordning och de boende gav svar på samtliga frågor.

1. Enbart kök och sovrum värms normalt upp, övriga rum är kalla men kan vid behov värmas upp.
2. I huset bor det 2 vuxna personer. En person är hemma under dagarna, och den andra är på jobb mellan 06–17. Ibland kommer barn och barnbarn på besök, då värmer man dessutom upp fler rum.
3. Det finns tillgång till torktumlare så mycket av tvätten torkas i denna. Förutom torktummlaren brukar tvätt hängas på gardinstänger då det finns en radiator undertill. På sommaren torkas tvätten utomhus.
4. Huset värms främst upp med en kamin som är centralt belägen i huset. I kaminen eldas det med solrosbriketter, och ibland med ved. I Vissa rum finns det även elradiatorer som används vid behov.
5. Ingen ventilation finns i huset. Alla fönster är däremot öppningsbara.
6. Inga upplevda problem med fukt. Tidigare så kunde det bildas kondens på väggarna, men efter renovering där man tilläggsisolerade vissa delar av husets fasad försvann problemen.
7. Under 2019 köptes det 3 ton solrosbriketter, detta kostade 10500 UAH. Elräkningen på vintern låg på ungefär 250 UAH per månad, på sommaren är den betydligt mindre.
8. Under det gångna året har de boende satt upp 5 cm tilläggsisolering på delar av fasaden, och detta har förbättrat inomhustemperaturen. De berättar också att på sommaren värms vattnet till duschning av solen, däremot har man bara tillgång till vatten 1 timme om dagen då det är större efterfrågan på vatten till att vattna odlingar. Fönsterna i huset är treglas.

Intressant från intervjun är att de boende gav information gällande priser på briketter och hur mycket som köptes av detta 2019, samt vad den ungefärliga kostnaden för köpt elektricitet är under vinterhalvåret. Denna information är till nytta vid resonemang gällande beräkning av energianvändning för fall 2, där också eldning med briketter sker. Det framgick också att huset tilläggsisolerades 2019 med 5 cm cellplast vilket är intressant, då det ger information om hur det genomfördes, samt hur inomhusklimatet förändrades efter detta.

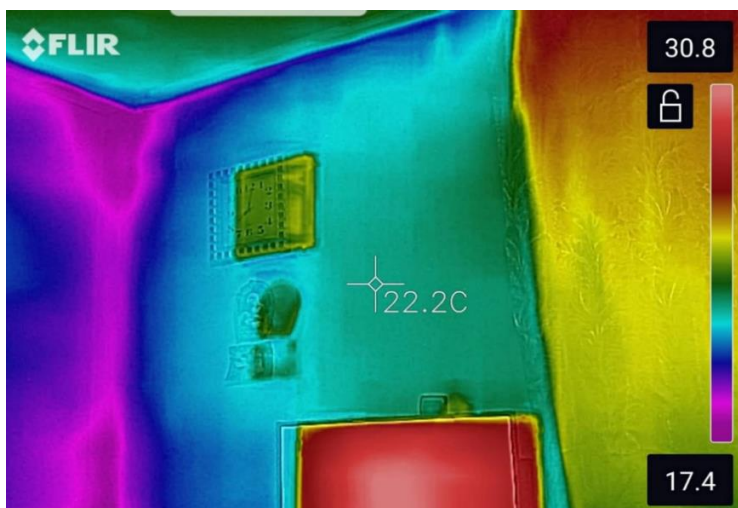
3.4.2 Byggnadsbeskrivning

Byggnaden består av en tegelstenstomme och kan antas ha samma tjocklek som i fall 2, då husen ligger på samma gata och antagligen har byggts ungefär samtidigt. Delar av fasaden har tilläggsisolerats på utsidan med 5 cm cellplast vid sovrummen, där även ett skyddande nät med tätande färg har applicerats på cellplastskivorna. Tilläggsisoleringen framgår i figur 3.47. Huset har nyare fönster precis som i de andra fallen, och det kan antas att de också kommer från tillverkaren Steko.

Ett av sovrummen som hade tilläggsisolerats utifrån undersöktes närmare med en värmekamera för att se eventuella temperaturskillnader. I figur 3.47 så framgår det att väggen som saknar isolering har en lägre temperatur jämfört med den vägg som har blivit isolerad. Det framgår alltså att tilläggsisoleringen sänker värmeläckaget då temperaturen på den isolerade väggen är högre jämfört med den väg som helt saknar isolering.



Figur 3.47: Tilläggsisolering av fasad där delar av fasaden har blivit isolerad med 5 cm cellplast.



Figur 3.48: Bild tagen med värmekamera inifrån sovrum där det framgår temperaturskillnader mellan vägg som saknar tilläggsisolering (vänster), och tilläggsisolerad vägg (höger).

3.4.3 Uppvärmningssystem

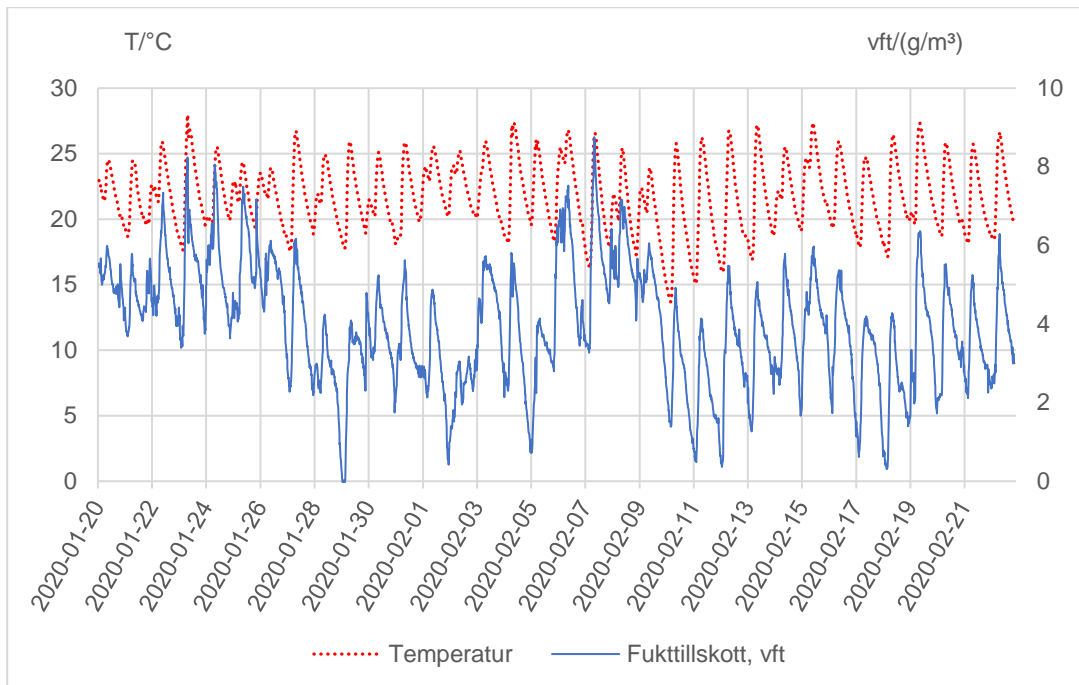
Huset värms primärt upp av en centralt belägen kamin där det främst sker eldning med solrosbriketter. Kaminen och en solrosbrikett visas i figur 3.49. Huset saknar ett vattenburet radiatorsystem, och på grund av detta så värmer kaminen enbart de närliggande rummen då det inte finns något som fördelar värmen i hela huset. Utöver kaminen finns det separata radiatorer som drivs av el, och dessa är främst placerade i de rum som inte täcks av värmen från kaminen.



Figur 3.49: Bild på solrosbrikett som används till uppvärmning. Husets primära uppvärmning, kaminen framgår i bakgrunden.

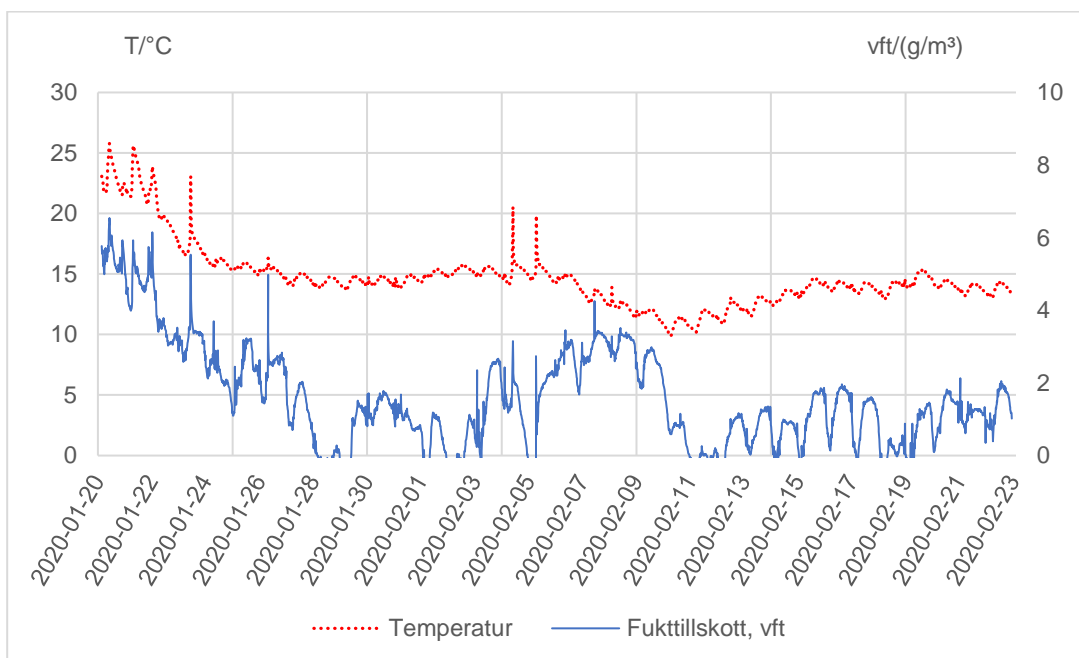
3.4.4 Inomhusklimat

Byggnaden saknar ventilation, detta gör att inomhusklimatet blir sämre då fuktig och varm luft inte ersätts med frisk tilluft. Samtliga fönster är öppningsbara så det är åtminstone möjligt att vädra vid behov. Det kan också antas vara någon form av luftläckage. Två loggrar placeras ut, en i sovrummet, och den andra i hallen mellan det uppvärmda köket och övriga sovrum som inte nås av värmen från kaminen. Resultatet redovisas i figur 3.50 och 3.51.



Figur 3.50: Temperatur och fuktillskott för sovrummet mellan perioden 20 januari till 21 februari.

Temperaturen i sovrummet varierar mellan lägsta temperaturen 13,7°C och högsta temperaturen 28,0°C, där medeltemperaturen är 21,8°C över mätperioden. Fuktillskottets medelvärde ligger på 3,96 g/m³.



Figur 3.51: Temperatur och fuktillskott för hallen mellan perioden 20 januari till 21 februari.

Temperaturen i hallen varierar mellan lägsta temperaturen 9,9°C och högsta temperaturen 25,8°C, där medeltemperaturen är 14,7°C över mätperioden. Fukttillskottets medelvärde ligger på 1,58 g/m³. Skälet till varför hallen har en låg medeltemperatur och ett lågt fukttillskott är att hallen inte värms upp under vintermånaderna då det är ett genomgångsrum.

3.4.5 Energikostnad och energianvändning

På ett år används ungefär 3 ton solrosbriketter, med en total kostnad på 10500 UAH. Denna mängd briketter motsvarar ungefär 1359 kWh, då solrosbriketter och solrospellet har ett värmevärde på 4,53 MWh/ton (Energimyndigheten, 2016). Under vinterhalvåret brukar elräkningen normalt ligga på runt 250 UAH per månad, och är under de varmare månaderna mindre.

3.4.6 Fuktsäkerhet och eventuella skador och fel

Inga större synliga skador vare sig inomhus eller utomhus noterades under besöket i huset. Tidigare har problem med fukt inomhus varit ett problem, men sedan vissa väggar tilläggsisolerades har det blivit betydligt bättre. Det bildades bland annat kondens på fönster och väggar inomhus vilket medförde eventuella problem med mögel. Temperaturen är också varierande under dygnet, och det är stora temperaturskillnader mellan rummen då det inte sker någon fördelning av värme, samt att vissa dörrar nästan alltid är stängda.

3.5 Generalisering till övriga byggnader

Vid rundvandringen så noterades det att ett flertal hus var förfallna och övergivna på de två gatorna, dessa hus har bortsetts från. Från de byggnader som utifrån sett ser ut att vara i bruk, har tabell 3.7 tagits fram där framgår enklare information om respektive byggnad. Varje byggnads placering på de två gatorna framgår i figur 3.55.

Tabell 3.7: Enklare information om bebodda byggnader på två gator. Husnumrering enligt karta, se figur 3.54. Bokstav framför husnummer anger gatunamn.

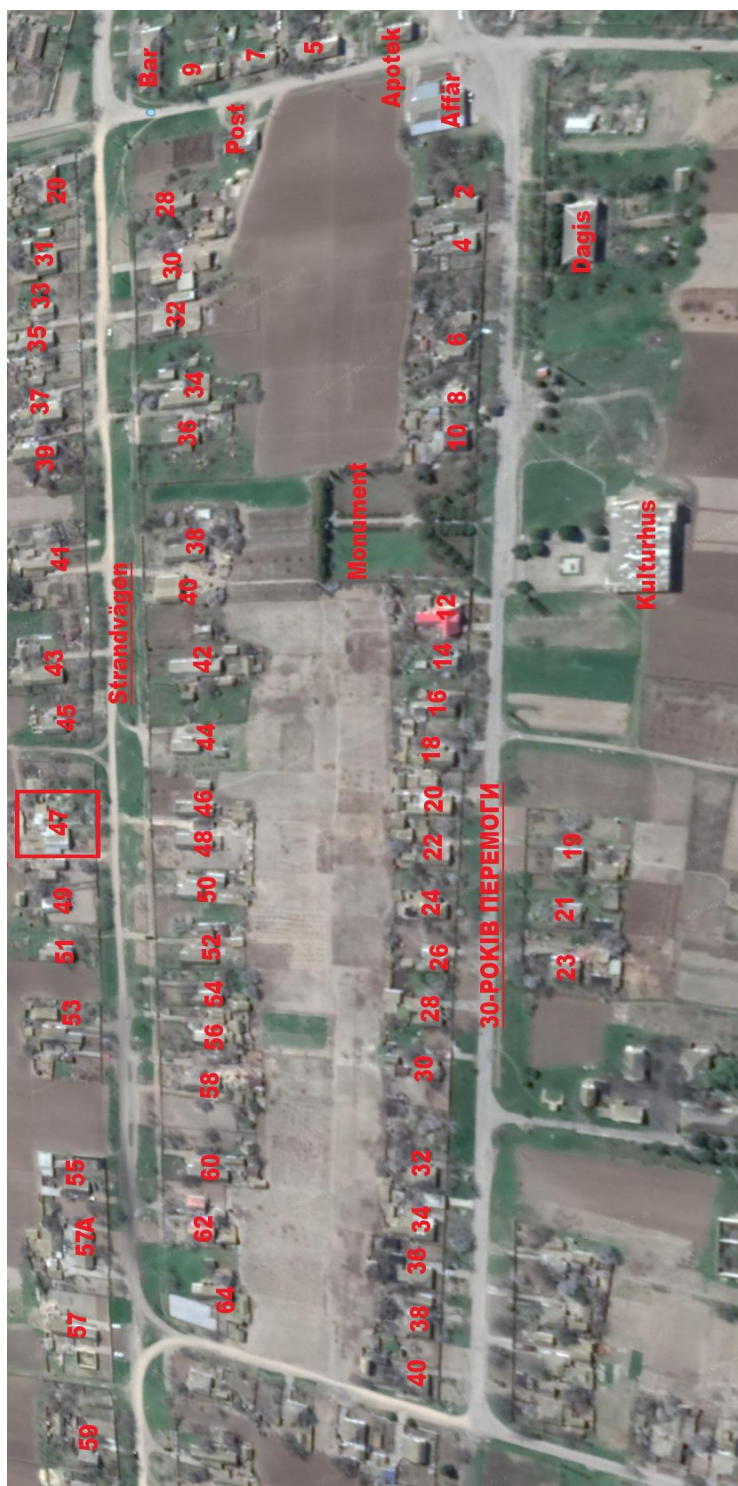
Hus	Fönstertyp	Väggtyp	Taktyp + material	Tilläggsisolerat	Vån
S30	Nyare	Krimsten	Mansard, plåt	Eventuellt	2
S32	Nyare	Krimsten	Sadel, okänt	Eventuellt	2
S36	Äldre	Krimsten	Sadel, asbestcement	Nej	1
S40	Nyare	Tegel	Mansard, okänt	Nej	2
S47	Nyare	Krimsten	Sadel, asbestcement	Ja	1
S49	Äldre	Krimsten	Sadel, asbestcement	Nej	1
S50	Nyare	Krimsten	Sadel, okänt	Eventuellt	1
S51	Äldre	Krimsten	Sadel, asbestcement	Nej	1
S52	Okänt	Krimsten	Sadel, asbestcement	Nej	1
S54	Äldre	Krimsten	Sadel, asbestcement	Nej	1
S57A	Äldre	Tegel	Sadel, asbestcement	Nej	1
S57	Nyare	Krimsten	Sadel, asbestcement	Ja	1
S58	Nyare	Krimsten	Sadel, asbestcement	Ja	1
S66	Nyare	Tegel	Valmat, asbestcement	Nej	1
P4	Nyare	Krimsten	Sadel, asbestcement	Eventuellt	1
P6	Äldre	Krimsten	Valmat, asbestcement	Nej	1
P10	Nyare	Krimsten	Sadel, tegel	Nej	1
P16	Äldre	Krimsten	Sadel, asbestcement	Nej	1
P19	Nyare/ Äldre	Krimsten	Valmat, asbestcement	Nej	1
P20	Nyare/ Äldre	Krimsten/ Tegel	Mansard, asbestcement	Nej	2
P22	Nyare	Krimsten/ Tegel	Sadel, asbestcement	Eventuellt	1
P23	Nyare	Krimsten	Valmat, asbestcement	Ja	1
P24	Nyare	Tegel	Valmat, asbestcement	Nej	1
P26	Äldre	Tegel	Valmat, asbestcement	Nej	1
P28	Nyare	Krimsten	Valmat, asbestcement	Eventuellt	1
P30	Nyare	Tegel	Valmat, asbestcement	Eventuellt	1
P32	Nyare	Krimsten	Sadel, asbestcement	Ja	1
P34	Nyare	Krimsten	Valmat, asbestcement	Ja	1
P36	Nyare	Tegel	Valmat, asbestcement	Nej	1
P38	Nyare	Krimsten	Valmat, asbestcement	Eventuellt	1
P40	Nyare	Krimsten	Valmat, asbestcement	Ja	1

Sju byggnader från de båda gatorna visas i de följande figurerna, dessa exempel har vissa likheter med de byggnader som har undersökts närmare i fall 1 och fall 2. Vissa av byggnaderna ser också ut att ha tilläggsisolerats, antagligen relativt nyligen, vilket framgår i figur 3.55 och 3.57 där skarven mellan cellplastplattorna är något mörkare i färg.

Huvudsakligen verkar det som att de flesta byggnaderna på de två gatorna består av en tegelstens- eller krimstensstomme. Det är svårt att se om byggnaderna består av krimsten, därför görs ett antagande om att de byggnader som inte har en synlig tegelstensfasad består av krimsten. På ett flertal övergivna och raserade hus noteras det också att de är uppbyggda med krimsten. Flera av husen har en liknande takkonstruktion, av sadeltak, mansardtak, eller valmat tak, där beläggningen ser ut att kunna vara av asbestcement. Vissa av byggnaderna har redan blivit tilläggsisolerade, vilket syns tydligt sett från gatan. Andra hus som eventuellt har blivit tilläggsisolerade har en slät fasadyta som ser ut att vara renoverad nyligen, och fönsterna är dessutom moderna. Det är svårt att veta om dessa byggnader har isolerats, men med tanke på nämnda anledningar kan det ändå misstänkas att de eventuellt har blivit tilläggsisolerade relativt nyligen.



Figur 3.52: Byggnad S51, med antagande att stommen består av krimsten. Fönster ser ut att vara av äldre typ. Brant lutning på sadeltaket vilket medför att det finns plats för isolering på vinden.



Figur 3.53: Karta med de två gator som har undersökts, med husnumrering och benämning på landmärken.



Figur 3.54: Byggnad S57A, med tegelfasad och sadeltak. Fönster ser ut att vara av äldre typ.



Figur 3.55: Byggnad P32, med antagande att stommen består av klinksten. Nyare fönster, antagligen från Steko. Fasaden ser ut att vara tilläggsisolerad, vilket syns av de mörkare fogarna på fasaden. Sadeltak.



Figur 3.56: Byggnad P24, med tegelfasad och valmat tak. Fönster av nyare typ, antagligen från Steko.



Figur 3.57: Byggnad P23, med antagande att stommen består av kримsten. Nyare fönster, antagligen från Steko. Fasaden ser ut att vara tilläggsisolerad. Valmat tak.



Figur 3.58: Byggnad P10, med antagande att stommen består av kримsten. Nyare fönster, antagligen från Steko. Sadeltak.



Figur 3.59: Byggnad S54, med antagande att stommen består av kримsten då fasaden ser ut att vara något ojämn. Fönsterna ser ut att vara av äldre typ. Sadeltak.

4 Diskussion och slutsats

4.1 Studiens resultat

4.1.1 Fall 1

Resultatet från simuleringarna visar i detta fall att åtgärderna som har mest påverkan på energianvändningen är utvändigt isolering av yttervägg, samt installation av en luft/luftvärmepump. Den utvändiga isoleringen gör att den befintliga väggen kommer att vara varmare, då en stor del av väggens totala värmemotstånd finns i den utvändiga isoleringen. Detta har en stor påverkan på inomhusklimatet då väggens insida inte kommer att vara lika kall, och därmed ha en lägre relativ fuktighet, vilket i sin tur motverkar mögelpåväxt. Luft/luftvärmepumpen har en större potential att minska andelen köpt energi, då värmepumpens enda uppgift är att utvinna energi ur utomhusluften. Däremot så har luft/luftvärmepumpen olika påverkan på olika hus då planlösningarna inte är identiska. I ett enda stort rum hade luft/luftvärmepumpen fungerat optimalt, men i fall som detta där huset består av flera små rum, och luften har en längre väg att gå för att nå alla delar av huset, är det svårare att få värmepumpen att prestera lika bra som simuleringen. Åtgärderna där dörr och fönster är ersatta visar sig också ha en låg påverkan på energianvändningen. Detta beror på att de flesta befintliga fönster och dörrar är relativt nya, samt att de utgör en relativt liten yta av husets fasader.

Fukttillskottet i byggnaden är väldigt högt vilket orsakar ett dåligt inomhusklimat med flera problem som påföljd. I köket ligger medelvärdet på 6,95 g/m² vilket är högt värde, sovrummet har något lägre fuktproduktion. Den höga fuktproduktionen i kombination med låga temperaturer på väggar medför fuktutfällning på dessa ytor, då mätnadsånghalten minskar med lägre temperaturer. Eldning sker normalt under kvällstid, byggnaden svalnar sedan under natten och de lägsta inomhustemperaturerna uppstår på morgonen innan uppvärmningen startar på nytt. På grund av förutsättningarna resulterar detta i en trivsamt miljö för mögel vilket medför en rad problem för både hälsa och estetik. Missfärgningar till följd av mögelpåväxten bidrar till att väggar tapetseras eller målas årligen vilket skapar en onödig kostnad. Möglet leder också till en unken och ofräsch lukt som sprider sig i huset. Mögelsporerna som finns i luften är hälsofarligt för människor då det är en bidragande orsak till allergier och sjukdomar. Den fuktiga luften i rummen medför även att tvätt, eller exempelvis handdukar har en lång uttorkningstid.

Den höga fukthalten i luften beror främst på att det helt saknas fungerande ventilation i byggnaden. Luftomsättningsmätningen visar på att det finns en viss luftomsättning, men denna omsättning kan till stor del antas komma ifrån vädring eller att ytterdörren öppnas flera gånger under dygnet. Det kan också tänkas att eldningskaminen ökar husets totala omsättning då det sker ett flöde genom skorstenen på grund av varm luft. Läckaget kan antas vara relativt lågt då väggarna är av massiv klinksten, samt tätning av polyuretanskum mellan fönster och yttervägg. Det framgick att inomhusklimatet i avseende på fukt varit bättre innan fönsterna byttes, vilket kan förklaras med det tidigare uppstått oavsiktligt läckage som fungerat som en form av ventilation. Detta hade varit intressant att undersöka närmare med en tryckprovning på ett hus som har nya fönster, och ett annat som har äldre fönster.

Byggnaden behöver ett fungerande ventilationssystem för att problemen med inomhusklimatet ska lösas. Dock så kommer det då att uppstå ökat värmebehov genom ventilationen vilket i sin tur kommer att öka energikostnaden, vilket beräknades i simulering 6a där energianvändningen ökade med 7%. För att kompensera för ökningen kan fasaden tilläggsisoleras med 50 mm cellplast. Även om energianvändningen ökar med installation av ett ventilationssystem så är det försvarbart och borde vara nödvändigt utifrån ett inomhusklimatperspektiv. Livskvaliteten och hälsan förbättras då problem med mögel försvinner, samtidigt som invändiga renoveringar inte längre behövs. Ett förslag på lösning kan vara att uteluft tas in i sovrummet där den friska luften leds ner under radiatorerna där den värms upp, vilket på så sätt minskar energiförlusten något. Även i hallen kan ett uteluftsdon placeras, här finns dock inga radiatorer. Frånluftsdon som drivs av en fläkt placeras i kök och badrum, samt en fungerande spisfläkt som ventilerar bort fukt och os vid matlagning.

Från ett livscykelkostnadsperspektiv så visar åtgärderna med värmepump absolut bäst resultat. Med tanke på att Ukraina under senare tid haft orimligt höga räntor, så kommer endast de mest kostnadseffektiva åtgärderna vara bra nog. Fallen där värmepump är med som åtgärd har en mycket kortare återbetalningstid. Vid 8% realränta så är återbetalningstiden för åtgärderna med endast värmepumpar ungefär 2 år. I fallen där åtgärderna är både värmepump och utvändigt isolering så är återbetalningstiden 7–8 år.

För åtgärderna som avser endast utvändigt isolering av yttervägg så skiljer sig återbetalningstiden för 4% respektive 8% realränta väldigt mycket. I fallen där åtgärderna är utvändigt isolering av yttervägg är återbetalningstiden 14–15 år för 4% realränta, och 24–28 år för 8% realränta. Med en hög realränta så visar det sig att åtgärderna som har en högre initial kostnad kommer att ha en väldigt mycket längre återbetalningstid än åtgärderna som har lägre initial kostnad. Detta bevisar att åtgärder vars enda uppgift är att sänka energiförbrukningen visar ett bättre resultat vid livscykelkostnadsberäkningar, än de åtgärder som påverkar byggnaden på andra sätt. Ett exempel är utvändigt isolering av yttervägg som gör att den befintliga väggen blir varmare, och därmed förbättrar inomhusklimatet.

4.1.2 Fall 2

Resultatet från simuleringarna visar att värmepumpen är den absolut bästa åtgärden ur energisynpunkt, då den minskar energianvändningen för uppvärmning med upp till 27% för ett optimalt utformat hus. Värmepumpen kan även hjälpa till att hålla en mer konstant temperatur i byggnaden, då eldning av solrosbriketter i kaminen gör att temperaturen varierar väldigt mycket under dygnet. Den befintliga ytterväggen har redan en ganska bra prestanda med låg värmekonduktivitet, därför kommer utvändigt isolering av ytterväggen endast ge en minskning i energianvändning med 8%. Detta kan bero på att utvändigt isolering av ytterväggen har en relativ påverkan på den befintliga väggen, en vägg med högre värmekonduktivitet hade gynnats mer av en utvändigt isolering. Det kan också bero på att väggens U-värde har överskattats, att värdet är för lågt och inte speglar verkligen tillräckligt bra. Med ett sämre U-värde hade isoleringen gjort större skillnad. Därför är det bra om en noggrannare undersökning av väggen görs för att få ett mer exakt och verkligt U-värde. Åtgärderna där dörr och fönster är ersatta visar sig också ha en låg påverkan på energianvändningen. Detta beror på att befintliga fönster är relativt nya.

Inomhusklimatet är undermåligt där temperatur och fuktillskott varierar betydligt under dygnet. I huset vistas 8 personer på den relativt lilla ytan under morgon, kväll, och natt vilket ger en ökad fuktproduktion och gratisvärme. Koldioxidproduktionen som dock inte har mätts, kan antas vara hög med tanke på antalet som vistas i byggnaden, vilket kan resultera i trötthet och svårigheter att fokusera. Luftomsättningsmätningen visar att det finns en relativt hög luftomsättning på ungefär 0,6 oms/h för huset. Det kan förklaras med att de boende vädrar dagtid då det bara finns en person i huset samt att eldning inte sker, och på så sätt inte går miste om värmeenergi. Det relativt höga värdet kan också bero på att det sker ett luftflöde genom skorstenen som är ansluten till eldningskaminen. Det kan också antas finnas ett visst luftläckage vilket ger en viss oavsiktlig ventilation. De största fuktskadorna i byggnaden finns främst i köket och det uppvärmda sovrummet som inte används. Detta kan antas bero på de låga temperaturerna, då det enklare bildas kondens på de kalla ytorna. Fukten har sedan svårt att torka ut.

Temperaturfördelningen i huset är bristfällig vilket främst beror på att kaminen bara når vardagsrummet och de två närliggande sovrummen. Övriga rum förblir kalla under vintertid och på så sätt obrukbara, vilket tvingar de boende att trängas på en mindre yta. Temperaturen i de uppvärmda rummen når vissa dagar 30°C, vilket inte är optimalt då det kan skapa obehag på grund av övertemperatur, något som dock är individuellt. En jämn fördelning av värme i huset hade varit optimalt, men detta är inte möjligt med kaminen. En lösning skulle kunna vara att ha ett vattenburet radiatorsystem som fördelar värme, vilket leder till uppvärmning av luften i samtliga rum i huset, men detta är en lösning som inte testas i detta arbete.

Det saknas helt planerad ventilation i byggnaden, och installation av ett eventuellt system kommer öka energianvändningen då det sker läckage genom detta. Resultat från simuleringen visar på att energianvändningen ökar med 10%, och ur energisynpunkt måste isolering adderas för att väga upp detta. 50 mm testades vilket var otillräckligt, förslagsvis skulle 80 mm kunna antas vara tillräckligt. Den stora vinningen med en fungerande ventilation är att inomhusklimatet förbättras, speciellt under de tidpunkter då alla i huset är hemma. Varm och fuktig luft kommer då att ventileras bort och ersättas med frisk luft, och man slipper även eventuell dålig lukt och fuktutfällning. Med tanke på att behovet är som störst under vissa tider på dygnet, skulle en behovsstyrd ventilation kunna vara en lösning. Exempelvis med en frånluftfläkt som startar när en viss fuktighet uppnås, alternativt att den slås på manuellt med en brytare. Tilluft kan tas in via uteluftsdon i sovrummen.

I detta fall så visar livscykelkostnadsberäkningarna att endast åtgärderna med värmepump blir ekonomiskt försvarbara. Värmepumpen har återbetalats redan efter 4 år vid 4% kalkylränta, och vid 8% kalkylränta så är värmepumpen återbetald efter 5 år.

Vid åtgärden utvändig isolering av yttervägg, så kommer denna åtgärd inte att betala sig själv under den valda tidperioden. Den höga initiala kostnaden gör att åtgärden inte ens hade betalats av sig själv vid 0% ränta under samma period. Eftersom den största kostnaden vid isoleringsåtgärden är arbetskostnad, som ligger på ungefär 61% av den totala kostnaden, så kan detta alternativ fortfarande vara rimligt om de boende kan göra arbetet själv. Utvändiga isoleringen kommer däremot att förbättra inomhusklimatet en del genom att göra den befintliga väggen varmare. På så sätt kan denna åtgärd fortfarande vara rimlig om de boende kan utföra arbetet själva, och värdesätter förbättringen på inomhusklimatet så pass mycket att de godtar den ökade kostnaden.

4.1.3 Fall 3

Byggnaden har redan en installerad värmepump, på så sätt återstår i detta fall åtgärderna utvändigt isolering och ventilation. Husets ytterväggar består av klinksten med mellanliggande bruk, därför kommer en utvändigt isolering på ytterväggen att ha god påverkan på husets totala klimatskal. Som det konstaterades på plats så är fasaden iordninggjord för framtida tilläggsisolering av yttervägg. Det återstår alltså bara att tilläggsisoleras och sedan putsa fasaden.

Från resultatet framgår det att temperaturen håller sig på en relativt jämn nivå under mätperioden. Detta kan förklaras med att byggnaden mestadels värms upp med el, och endast använder kaminen när det är nödvändigt. Det är enklare att reglera temperaturen med en elpanna jämfört med en kamin som använder ved eller kol som bränsle. Byggnaden har ett högt fuktillskott, vilket förklaras med att det saknas uteluftsdon och kontinuerligt frånluftsflyde. Luftläckaget kan antas vara nästintill obefintligt då väggarna är av massiv sten, samt att fönsterna är tätade med polyuretanskum. Trots det höga fuktillskottet så är de upplevda fuktproblemen inte nämnvärt stora. Vilket kan förklaras med att det hushållet har en spisfläkt som ventilerar ut matos, en badrumsfläkt som aktiveras när duschen används, i kombination med att temperaturen håller sig relativt konstant under dygnet, och dessutom ganska så hög.

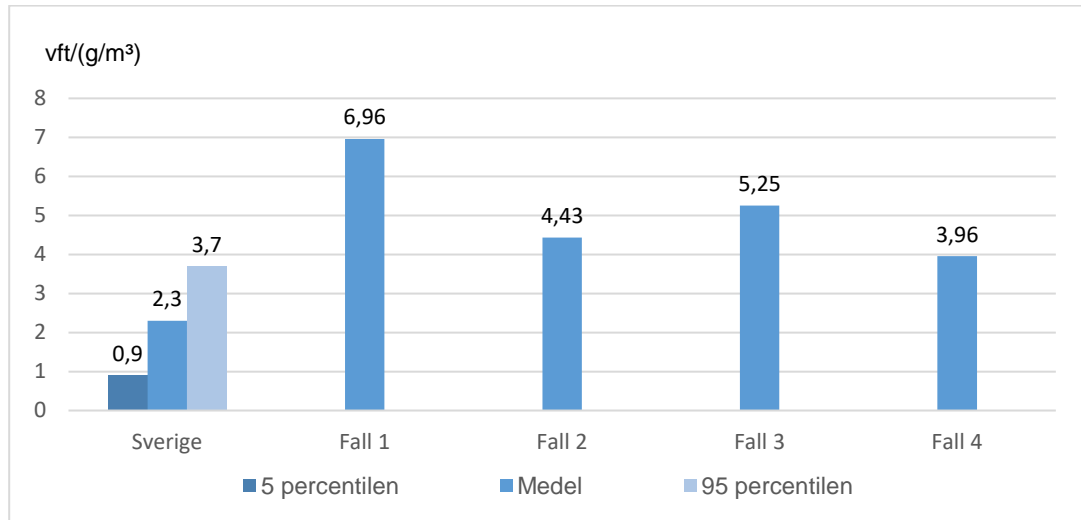
4.1.4 Fall 4

Byggnaden har blivit tilläggsisolerad under det gångna året. Effekten av isoleringen konstaterades på plats både genom fotografering med värmekamera, och genom intervju med de boende, att energianvändningen och inomhusklimatet har blivit märkbart bättre. Med andra ord ger det ett bra underlag till att konstatera att isoleringen gör skillnad. De boende i huset gjorde dessutom tilläggsisoleringsarbetet på egen hand där cellplastskivorna sattes upp på fasaden, spackling och putsning görs dock av en hantverkare. Med tanke på att arbetet görs delvis på egen hand minskar den totala kostnaden. Dock har bara ungefär hälften av byggnaden tilläggsisolerats hitintills, och resterande del av byggnaden är tänkt att kompletteras när tillfälle ges, det vill säga när ekonomin tillåter det.

Byggnaden saknar ett vattenburet radiatorsystem och uppvärmning sker främst genom en kamin. Fördelningen av värme blir därför ojämn i huset då kaminen bara värmer upp de närliggande rummen, och temperaturen varierar stort mellan rummen. Hallen värms inte upp under vinterhalvåret, vilket konstateras genom temperaturmätningen som visar en medeltemperatur på 14,7°C under mätperioden. Det beräknade fuktillskottet i hallen ligger på 1,58 g/m³ vilket är ett lågt värde relativt resterande rum i huset. Detta kan antas bero på att fukt inte transporteras till hallen från andra rum i huset, som exempelvis sovrummet där fuktillskottet beräknades till 3,96 g/m³. Byggnaden saknar helt fungerande ventilation, vilket oftast leder till dåligt inomhusklimat och fuktskador, men eftersom byggnaden delvis har blivit tilläggsisolerad kan ett resonemang göras om att behovet av ventilation inte är lika stort, då den befintliga väggen har blivit varmare och fuktskadorna minskat.

4.2 Jämförelse med tidigare studier

Resultatet från loggrarna som mätte inomhusklimatet på de fyra fallen i Gammalsvenskby, har samtliga ett högre fuktillskott jämfört med studien (Bagge & Johansson, 2019) som genomfördes i svenska flerbostadshus. I figur 4.1 jämförs medelvärdet och 95- och 5 percentilen från studien med det beräknade fuktillskottet i fall 1, 2, 3, och 4, för de rum som uppmätte det högsta värdet.



Figur 4.1: Jämförelse av fuktillskott inomhus där medelvärdet, 95- och 5 percentilen från studien Bagge et al (2019) jämförs med det beräknade fuktillskottet i fall 1, 2, 3, och 4. Det högsta uppmätta fuktillskottet från respektive fall har tagits med.

Värdena är synbart högre i Gammalsvenskby, även vid jämförelse med 95 percentilen från den svenska studien. Detta beror på att förutsättningarna skiljer sig mellan Sverige och Ukraina. I den svenska studien har de undersökta husen fungerande ventilationssystem, något som helt saknas i samtliga fall som undersöktes i Gammalsvenskby. Den fuktiga luften ventileras bort varvid ett lägre fuktillskott erhålls inomhus, vilket resulterar i att fuktskador och mögel undviks. Byggnaderna i den svenska studien är dessutom isolerade och kan antas ha en lägre U-värde, med varmare ytemperatur på inomhusväggarna, jämfört med byggnaderna i Gammalsvenskby som i de flesta fall helt saknar värmeisolering. Jämförelsen visar alltså skillnaderna i inomhusklimat mellan ett hus som saknar ventilation och isolering, och ett hus som har dessa åtgärder.

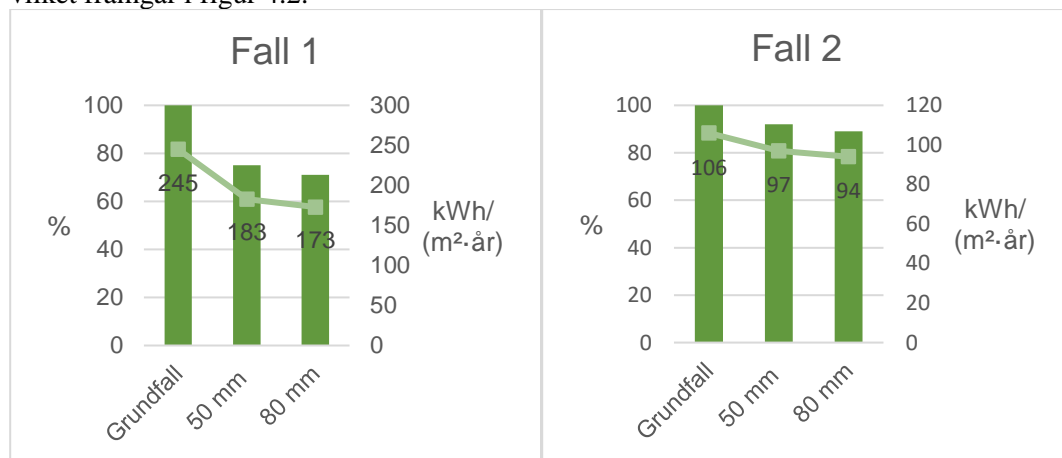
Från studien i Kirgizistan av (Bergström & Johannessen, 2013) kan man se att vissa av förutsättningarna innan renovering är lika med de i Gammalsvenskby. I båda studier tas ventilation upp som ett problem, då den saknas eller är felaktigt utförd, och att vädring sker i stor utsträckning för att bli av med fuktig luft. Innan renoveringen i studien från Kirgizistan var isolering obefintligt, precis som i husen som undersöktes närmare i fall 1 och 2 i Gammalsvenskby. Energianvändningen sänktes markant på byggnaderna i Kirgizistan efter att de renoverats med bland annat isolering, vilket det också gjorde i teorin på fall 1 och 2 i Gammalsvenskby. (Bergström & Johannessen, 2013) konstaterar att 18 år efter renoveringen så är endast åtgärden med isoleringen som fortfarande fungerar bra. Det kan alltså antas att åtgärden med isolering även i Gammalsvenskby kommer vara en långsiktigt hållbar lösning.

Från studien av (Kalamees, et al., 2014) visade det sig att utvändigt isolering av ytterväggen har störst potential att spara energi, av åtgärderna som undersöktes utifrån perspektivet på energiprestanda och inomhusklimat. Jämfört med studien i Gammalsvenskby så stämmer detta överens väldigt bra, eftersom utvändigt isolering av yttervägg var det bästa alternativet om det bortses från åtgärden att installera ett nytt värmesystem i form av en värmepump.

I ytterligare en studie av (Kalamees, et al., 2014), där målet var att tillhandahålla ekonomiskt genomförbara renoveringsåtgärder för hus i kalla klimat, så visade sig även där att utvändigt isolering av yttervägg var den effektivaste åtgärden ur både energiprestanda- och kostnadsperspektiv. Även i denna studie så överensstämde resultatet med det resultat som framgick i studien i Gammalsvenskby, där utvändigt isolering av yttervägg gav en rimlig återbetalningsperiod på hus med sämre väggkonstruktion. Även här bortses från åtgärden att installera ett nytt värmesystem i form av en värmepump eftersom denna åtgärd inte testats.

4.3 Skillnader och likheter mellan fallen

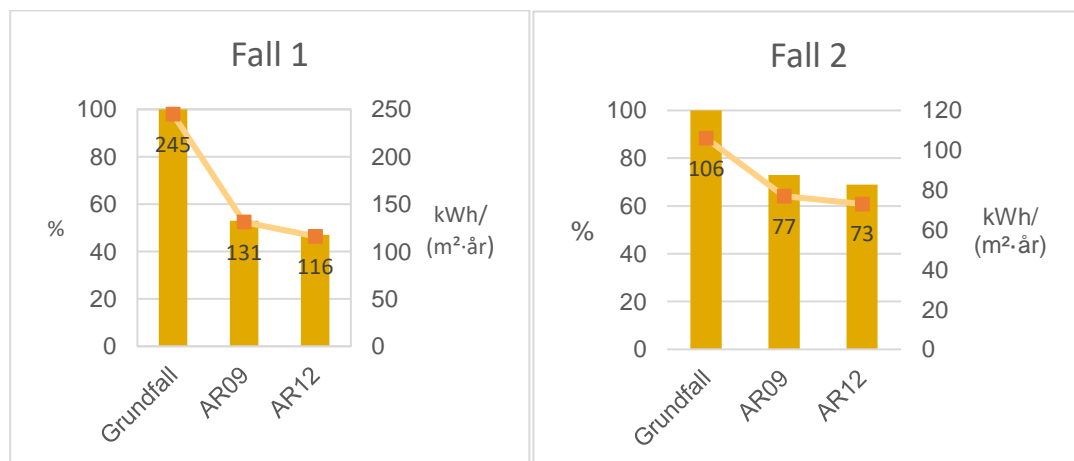
Det framgår att det i samtliga hus i studien saknas ventilation, vilket framgick under intervjuerna med de boende, samt efter egna iakttagelser på plats. Dessutom så återspeglas det i beräkningarna, som visar ett högt fuktillskott. För fall 1 och 2 som har undersökts noggrannare, saknas det på båda byggnaderna tilläggsisolering vilket medför att väggarna inomhus blir kallare samt att behovet av uppvärmning blir större. Det framgick under energiberäkningen att fall 1 ur en energisynpunkt får en större energiminskning än fall 2 vid tilläggsisolering. Skillnaden mellan 50 och 80 mm isolering för de båda fallen är minimal, vilket framgår i figur 4.2.



Figur 4.2: Procentuell minskning av energianvändning relativt grundfallet med 50 eller 80 mm isolering på fasad, för fall 1 och fall 2. Energianvändningen i kWh/(m²·år) framgår i brytpunkterna.

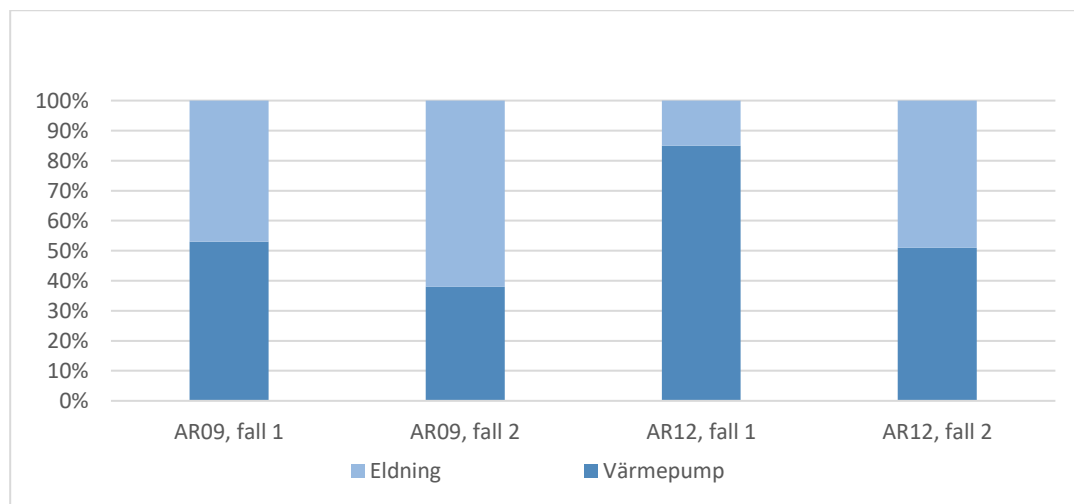
Ytterväggarna i fall 1 som består av en massiv stenvägg har sämre U-värde jämfört med väggarna i fall 2, som består av tegel. Isoleringen kommer spela större roll på den massiva stenväggen då det utgör det primära värmemotståndet. För att fall 2 ska uppnå samma procentuella minskning som fall 1 måste en tjockare isolering med eventuellt lägre

värmeledningstal testas. I fall 1 kommer också installation av en luft/luftvärmepump ha en större procentuell minskning jämfört med fall 2, vilket visas i figur 4.3.



Figur 4.3: Procentuell minskning av energianvändning relativt grundfallet med värmepump AR09 eller AR12, för fall 1 och fall 2. Energianvändningen i kWh/(m²·år) framgår i brytpunkterna.

Utifrån värmepumparnas rekommenderade maximala golvyta har andelen procentuell värmeenergi från respektive värmepump anpassats i de båda fallen efter tempererad golvyta, där resterande värme kommer från eldning i kamin. Värmepump AR09 har en rekommenderad maximal golvyta på 26 m² och AR12 35 m². Fall 1 har en tempererad yta på 41 m² och fall 2 har en tempererad yta på 68 m². En jämförelse efter dessa parametrar redovisas i figur 4.4.

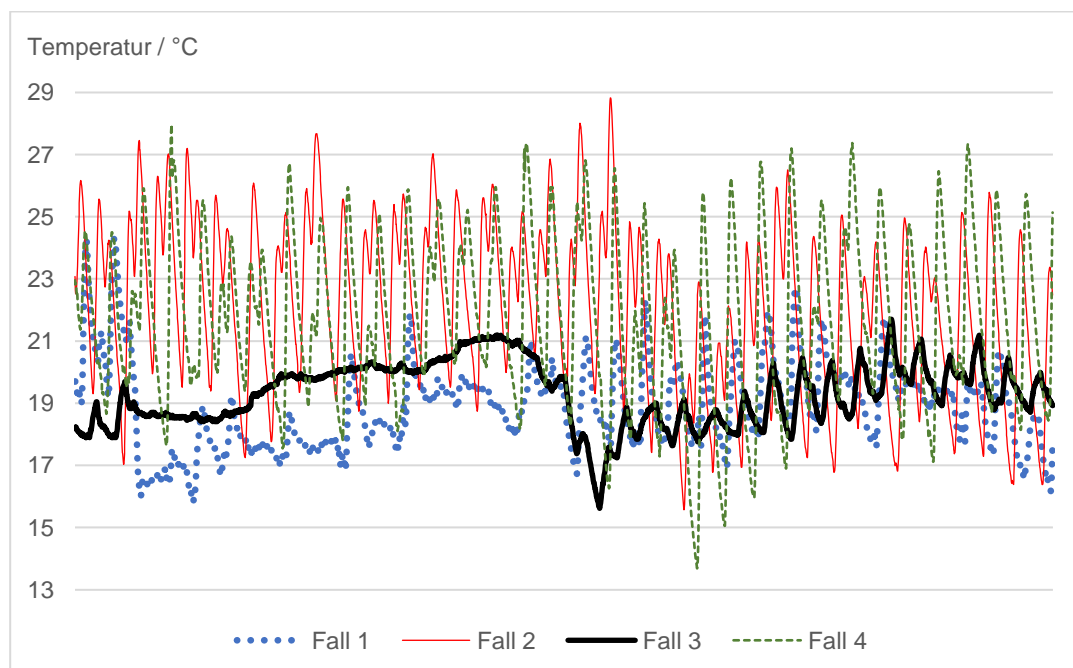


Figur 4.4: Jämförelse av värmefördelning mellan eldning och värmepump, med hänsyn till rekommenderad maximal golvyta för respektive värmepump.

I fall 1 kommer alltså en större andel av värmeenergin från värmepumpen jämfört med i fall 2. Detta återspeglas i figur 4.2 där energivinningen är större i fall 1. Värmepumpen tar till vara på värme från utomhusluften, något som eldning inte gör.

På fall 3 och 4 har det inte genomförts någon energisimulering, men paralleller kan ändå dras till energisimuleringarna i de övriga fallen. Fall 3 har precis som fall 1 en massiv stenstomme, och fall 4 en tegelstomme vilket också fall 2 har. Både fall 1 och 3 har ett vattenburet radiatorsystem som värms av en kamin, något som saknas i fall 2 och 4 som istället har en central uppvärmningskamin. På samtliga fall är dessutom fönsterna av treglastyp. Det kan därför göras ett grovt antagande om att eventuella resultat från energisimuleringar hade förhållit till fall 1 och 2, där resultaten för fall 3 hade påmint om fall 1, och vice versa. Men detta är något som måste undersökas noggrannare med energisimuleringar och beräkningar för att kunna bevisas.

I fall 1, 2 och 4 så sker främst uppvärmning genom eldning i en kamin, medan det i fall 3 främst sker med el. Vid uppvärmning med el kan det enklare kontrolleras vilken temperatur som vill erhållas, och man kan även välja att slå av värmen med en brytare. Det krävs heller inte att bränsle fylls på manuellt, utan det sker automatiskt. Eldning däremot är svårare att kontrollera då temperatur inte kan bestämmas, och även behöver hålla igång elden genom att fylla på med kol eller briketter. Detta återspeglas i figur 4.5 där sovrumstemperaturen i varje fall har jämförts under mätperioden.



Figur 4.5: Jämförelse mellan temperaturvariationer för fallens sovrum. Det framgår att fall 3 har en betydligt jämnare temperaturvariation under perioden då mätning i byn gjordes.

Temperaturvariationerna för fall 2 och 4 är märkbart större jämfört med fall 3 som håller sig jämnare under mätperioden. Fall 1 har inte lika ojämn kurva som fall 2 och 4, men den är heller inte lika jämn som fall 3. Detta kan förklaras med att fall 1 precis som fall 3 har ett vattenburet radiatorsystem, och på så sätt sprider värmen effektivare i huset.

Livscykelkostnadsberäkningarna avser endast resultat från simuleringar, och beaktar inte vilken inverkan de olika åtgärderna har på inomhusklimat och hälsa, vilket gör dem begränsade. De stora problemen som de boende upplever på grund av fukt och mögel är även

något som måste tas hänsyn till vid val av bästa åtgärder för respektive fall. Trots att ventilationen gör att energianvändningen går upp, så kanske det kan vara en åtgärd som kombineras med en åtgärd som förbättrar energiprestandan, för att uppnå högsta möjliga nöjdhetsgrad hos de boende. En personlig värdering måste alltså göras vid val av åtgärder, där en sammanvägning av kostnad och energi görs.

4.4 Fuktsäkerhet

Utvändig isolering av yttervägg gör att den inre delen av väggen kommer att bli varmare, eftersom den utvändiga isoleringen står för den första delen av temperaturhöjningen. Detta kan i sin tur vara ett effektivt sätt att sänka relativa fuktigheten och motverka mögelpåväxt (Sandin, 2010).

Åtgärden byte av dörrar och fönster har till uppgift att sänka byggnadens värmetransmission. Eftersom dåliga fönster kan ha ett väldigt högt U-värde, så kan denna åtgärd vara effektiv. Det är även vanligt att det sker luftläckage runt fönstrena på grund av dålig tätning vid montage. Om en byggnad saknar ventilation, men omsättning ändå sker på grund av högt luftläckage och vädring, så kan byte av fönster skapa fler problem än att ha kvar de gamla fönstrena. Då luftläckaget sänks, transporteras mindre mängd fukt ut ur byggnaden.

Ventilationens uppgift i ett hushåll är att ventilera ut förorenad och fuktig luft. Ventilation ser alltså till att fuktillskottet hålls på en rimlig nivå. Eldning i kamin medför att det bildas ett luftflöde på grund av termiska drivkrafter. Det kan antas att detta återspeglas i luftomsättningsmätningarna som gjordes på fall 1 och fall 2 som hade en relativt hög luftomsättning trots att ventilation saknades. Installeras en värmepump som ersätter eldning i kaminen helt, kan luftomsättningen minska och på så sätt försämra inomhusklimatet som följd.

Från värmepumpen kan det bildas kondens varvid detta måste tas i beaktning, då kondensvattnet måste samlas upp eller ledas bort. Vid installation av värmepump är det också viktigt att det utförs korrekt och av någon som har behörighet. Detta eftersom det exempelvis krävs håltagning i en vägg varvid det måste tätas korrekt, eller att den placeras på bästa möjliga plats i huset för att vara så lönsam som möjligt. Det måste även tas i beaktning att temperaturen på vinden kommer sjunka, till följd av att eldning i kaminen upphör helt, eller inte sker lika frekvent. Vinden måste noga kontrolleras så att fuktskador inte uppkommer, och en utredning gällande hur en kall skorsten påverkar vinden bör göras.

4.5 Generaliserbarhet och osäkerhet

Förutsättningarna för att genomföra åtgärder på byggnaderna i Gammalsvenskby varierar stort, inte minst ur en ekonomisk synpunkt. Räntan är väldigt hög vilket gör det nästintill omöjligt för invånarna att låna pengar till renoveringsåtgärder. Av de fall som undersöktes i fallstudien hade samtliga moderna treglasfönster, men under rundvandringen i byn konstaterades det att flera byggnader såg ut att ha äldre fönster, antagligen av tvåglastyp med sämre energiprestanda. I energisimuleringen för fall 1 och 2 hade byte av fönster inte någon direkt energiminskning. En vanlig åtgärd brukar vara att byta fönster, då ungefär 35% av energiförlusten kan ske genom ett dåligt fönster (Energirådgivningen, 2018). Därför kan det tänkas att flera av byggnaderna med äldre fönster i Gammalsvenskby hade gynnats av fönsterbyte, exempelvis byggnaderna i figur 3.53, 3.54, och 3.59.

En annan allmän åtgärd som går att göra på byggnaderna är tilläggsisolering av fasad, något som redan har gjorts av vissa i byn. Vilka väggar som ska väljas, hur tjock isoleringen ska vara, och vilken typ av isolering som ska väljas kan variera. Det är kanske inte möjligt att ur en ekonomisk synpunkt isolera hela huset, då är ett alternativ att istället bara isolera de väggar som är vid de rum som används mest. I fall 4 valde de boende att tilläggsisolera halva huset, vilket förbättrade den termiska komforten. För att få ner kostnaderna för renoveringen, skulle invånarna kunna gå ihop och köpa större mängder isolering tillsammans, och eventuellt få en mängdrabatt. Sedan hjälps de åt att sätta upp själva isoleringen, och sparar på så sätt in kostnaden för hantverkare. I Fall 1 framgick det att arbetskostnaden var den stora kostnadsposten, och i fall 4 framgick det att de boende själva hade satt upp isoleringen. Så kan det alltså vara möjligt att få ner kostnaden om invånarna går samman och utbyter information och erfarenheter.

Installation av en luft/luftvärmepump skulle också tänkas kunna vara en åtgärd som går att applicera på flera byggnader i byn. Det är en relativt billig åtgärd som sänker energianvändningen, men det förutsätter att den placeras och installeras korrekt så att inte problem uppstår. Val av rätt värmepump måste också undersökas. I fallstudien testades två olika typer, men det finns en uppsjö av olika värmepumpar som skulle kunna tänkas vara aktuella. Det är alltså inte säkert att just de värmepumpar som testades går att använda på alla byggnader i byn. Resultatet från fallstudien gav en fingervisning om att installation av en luft/luftvärmepump är en effektiv åtgärd både ur ett livscykel- och energiperspektiv.

Den rekommenderade maximala golvytan som en värmepump kan värma upp kan även begränsas av klimatskalets U-värde. Med sämre väggar kommer värmen att transporteras genom väggarna snabbare, vilket kan medföra att värmepumpen blir mindre effektiv. Elnätet i Gammalsvenskby är också begränsat, om alla invånare installerar en värmepump och börjar använda el som en primär energikälla så är det möjligt att elnätets kapacitet överskrids.

Det kan också antas att ventilation saknas på en majoritet av byggnaderna, främst då det inte fanns på husen i fallstudien och att många byggnader är lika. Några friskluftsintag eller ventiler noterades heller inte under rundvandringen i byn. I de byggnader med äldre fönster kan det ofrivilliga läckaget vara större, och på så sätt vara bättre ventilerade. En generell lösning gällande ventilation är ett självdragssystem med mekanisk frånluft, där frisk luft tas in genom don i sovrum och vardagsrum, och frånluft sker i badrum och kök. En köksfläkt är också att rekommendera.

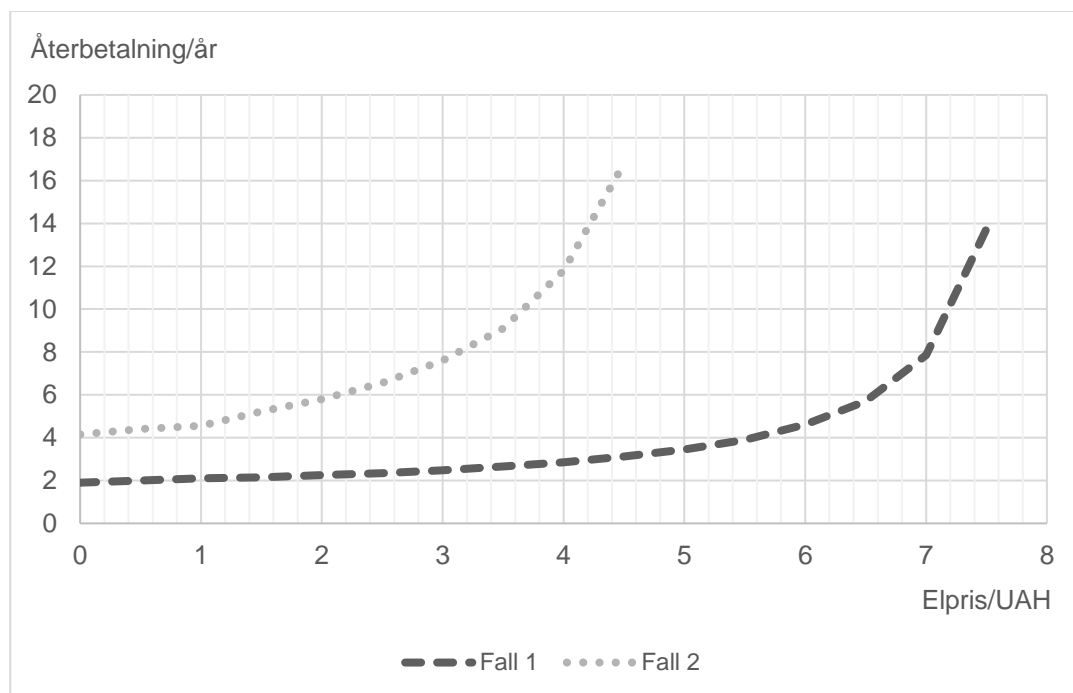
En annan aspekt som är värd att nämna är att estetiken kan förändras när vissa renoveringsåtgärder görs, speciellt när fasaden utvändigt tilläggsisoleras. Det kan därför vara viktigt att ha detta i beaktning när fasaderna renoveras så att historiska och arkitektoniska detaljer bevaras. Vid exempelvis tilläggsisolering av tegelfasad är det svårt att undvika att väggens utseende ändras, så det får ske en avvägning mellan energiprestanda och estetik när denna åtgärd diskuteras.

I denna studie har det gjorts ett antal antagande. I fall 1 och fall 2 har det varit svårt att uppskatta väggarnas uppbyggnad. Ett antagande gjordes om värmekonduktivitetstalet för klinksten, som sattes till samma värde som för kalksandsten, då dessa material liknar varandra. Ett annat antagande som gjordes var att det finns en luftspalt i de massiva tegelstensväggarna i fall 2, eftersom detta passade dimensionerna på teglet. Det skulle också

kunna tänkas att blött tegel har ett högre värmeledningstal, i simuleringarna har värdet för torrt tegel använts. Båda antagandena skulle eventuellt kunna leda till att ett för lågt respektive för högt värde för värmekonduktivitetstalet erhålls, vilket påverkar energisimuleringarna.

Ytterligare antaganden har gjorts gällande verkningsgrad på kamin och gasolspis, fönstermodeller, samt mängden el som går till uppvärmning under sommarmånaderna. En annan eventuell osäkerhet är kommunikationsfel, översättningsfel eller tolkningsfel, då den talade svenskan skiljer sig en aning, samt att ingen i sällskapet från Lunds universitet som var med på platsbesöket i Gammalsvenskby talar Ukrainska.

Elpriset i studien är framtaget genom att medelvärdet för ett års elanvändning har uppskattats utifrån elräkningar. Eftersom elpriset varierar beroende på när elen används och priset går upp när en viss gräns överstigs, så skapar detta en ovisshet. En installation av en värmepump kommer att öka elanvändningen då den drivs av elektricitet, och elpriset kan då gå upp enligt de gällande förutsättningarna. För att undersöka närmare hur elpriset påverkar lönsamheten för en av värmepumparna har en parameterstudie tagits fram för modell AR12. I figur 4.6 så varierar elpriset mellan 0 UAH/kWh och 8 UAH/kWh, med ett intervall på 0,5 UAH/kWh. Kurvan för respektive fall avbryts när lönsamhet inte längre uppnås.



Figur 4.6: Återbetalningstid för värmepumpsmodell AR12 för de båda fallen när elpriset varierar mellan 0 UAH/kWh och 9 UAH/kWh. Kurvan slutar när åtgärden inte längre är lönsam.

Det framgår i figur 4.6 att lönsamheten i fall 1 inte längre uppnås när elpriset ligger på runt 7,5 UAH/kWh med återbetalningstiden 14 år. För fall 2 ligger motsvarande elpris på 4,5 UAH/kWh med en återbetalningstid på 16 år. Med tanke på osäkerheten gällande elpriset rekommenderas en närmare undersökning innan installation av en värmepump sker.

4.6 Slutsats

Energisimuleringarna har visat att värmepumpen är den bästa renoveringsåtgärden utifrån en energisynpunkt och LCC-perspektiv, men hänsyn måste även tas till inomhusklimatet. Med tanke på att de största märkbara problemen gäller inomhusklimat så kommer inte åtgärder som endast avser minskning av mängden köpt energi vara tillräcklig. Därför behövs en åtgärd som även förbättrar inomhusklimatet, som exempelvis utvändigt tilläggsisolering av yttervägg. För att uppnå bästa möjliga resultat kan en kombination av åtgärder vara nödvändig, exempelvis installation av både värmepump och utvändigt tilläggsisolering av yttervägg. Renoveringsåtgärderna måste dock anpassas för varje enskilt fall, då förutsättningarna skiljer sig åt.

LCC-beräkningarna har visat att flera renoveringsåtgärder inte är lönsamma, främst på grund av att räntan för att låna pengar är hög. En noggrannare och djupare studie behöver göras då fokus i denna studie inte låg på ekonomi. Priser på energi, arbetskostnad, och material bör undersökas närmare. Fler åtgärder som eventuellt är lönsamma kan testas, exempelvis vattenburet radiatorsystem, utvändigt tilläggsisolering av halva huset, tilläggsisolering av grund, och tilläggsisolering av vind.

I fall 2 blev åtgärden med tilläggsisolering inte nämnvärt bättre, och det kan bero på att den befintliga ytterväggens U-värde har överskattats, och inte speglar verkligheten. Det har funnits flera osäkerheter för indataparametrar under arbetets gång som skulle behöva undersökas närmare i framtida studier. Detta gäller främst materialegenskaper och värmeledningstal för byggnadernas konstruktion. Elpriset och eventuella begränsningar i elnätets kapacitet är också något som bör undersökas närmare.

Referenser

Bagge, H. & Johansson, D., 2019. *Hygrotermiska förhållanden i inomhusluften*, u.o.: Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.

Bantu, A. A., Nuwagaba, G., Kizza, S. & Turinayo, Y. K., 2018. *Design of an Improved Cooking Stove Using High Density Heated Rocks and Heat Retaining Techniques*. [Online] Available at: <https://www.hindawi.com/journals/jre/2018/9620103/> [Använd 4 April 2020].

Bergström, S. & Johannessen, F., 2013. *Investigation of two multi-apartment buildings in Kyrgyzstan with proposed energy efficiency measures*, Lund: Lunds universitet.

Boverket, 2017. *Boverkets författningssamling*. [Online] Available at: <https://rinfo.boverket.se/BEN/PDF/BFS2017-6-BEN-2.pdf> [Använd 12 April 2020].

Boverket, 2017. *Ventilation - Boverket*. [Online] Available at: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ventilation/> [Använd 15 april 2020].

Dantherm, u.d. *How does humidity-controlled ventilation work?*. [Online] Available at: <https://www.dantherm.com/gb/technologies/residential-ventilation-for-professionals/how-does-humidity-controlled-ventilation-work/> [Använd 25 Mars 2020].

Eastern Research Group, Inc. , 2016. *Comparative Analysis of Fuels for Cooking: Life Cycle Environmental Impacts and Economic And Social Considerations*, Prairie Village, Kansas: Global Alliance for Clean Cookstoves.

Energimyndigheten, 2016. *Värmevärdet och emissionsfaktorer*. [Online] Available at: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/branslen/varmevardet-och-emissionsfaktorer1/> [Använd 25 Mars 2020].

Energirådgivningen, 2018. *Energi och klimatrådgivningen*. [Online] Available at: <https://energiradgivningen.se/lagenhet/fonster> [Använd 8 maj 2020].

Environmental and Energy Study Institute, u.d. *Energy Efficiency*. [Online] Available at: <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description> [Använd 20 Mars 2020].

European Commission, u.d. *Electricity price statistics*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics [Använd 17 Mars 2020].

European Environment Agency, 2015. *Household energy consumption for space heating per m²*. [Online]
Available at: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/unit-consumption-of-space-heating#tab-chart_1
[Använd 25 Mars 2020].

Finansdepartementet SPN BB, 2010. *Plan- och bygglag (2010:900)*. [Online]
Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900
[Använd 15 Mars 2020].

Harderup, L.-E., Arfvidsson, J. & Samuelsson, I., 2017. *Fukthandboken*. 4 red. Lund: Svensk Byggtjänst.

Johansson, D., 2005. *Modelling Life Cycle Cost for Indoor Climate Systems*, Lund: Building Physics LTH.

Johansson, D., 2010. *Beskrivning av temperatur och relativ fuktighet ute i svenskt klimat*, Lund: HVAC, LTH.

Kalamees, T. o.a., 2014. Renovation alternatives to improve energy performance of historic rural houses in the Baltic Sea region. *Energy and Buildings*, Volym 77, pp. 58-66.

Kalamees, T., Kuusk, K. & Maivel, M., 2014. Cost effectiveness of energy performance improvements in Estonian brick apartment buildings. *Energy and Buildings*, Volym 77, pp. 313-322.

Karolinska Institutet, 2017. *Sömn | Karolinska Institutet Utbildning*. [Online]
Available at: <https://utbildning.ki.se/somn>
[Använd 08 juni 2020].

Landguiden, 2019. *Landguiden*. [Online]
Available at: <https://www.ui.se/landguiden/lander-och-omraden/europa/ukraina/geografi-och-klimat/>
[Använd 5 Mars 2020].

Landguiden, 2019. *Sociala förhållanden*. [Online]
Available at: <https://www.ui.se/landguiden/lander-och-omraden/europa/ukraina/sociala-forhallanden2/>
[Använd 10 Mars 2020].

Landguiden, 2020. *Aktuell Politik*. [Online]
Available at: <https://www.ui.se/landguiden/lander-och-omraden/europa/ukraina/aktuell-politik/>
[Använd 20 Mars 2020].

Landguiden, u.d. *Sverige / Utrikespolitiska institutet*. [Online]

Available at: <https://www.ui.se/landguiden/lander-och-omraden/europa/sverige/>

[Använd 15 Mars 2020].

Landguiden, u.d. *Ukraina / Utrikespolitiska institutet*. [Online]

Available at: <https://www.ui.se/landguiden/lander-och-omraden/europa/ukraina/>

[Använd 15 Mars 2020].

Meteotest, 2020. *Meteotest*. [Online]

Available at: <https://meteotest.ch/en/>

[Använd 14 05 2020].

Mvideo, 2020. *Mvideo*. [Online]

Available at: <https://www.mvideo.ru/klimaticheskaya-tehnika-11/kondicionery-106/f/brand=samsung>

[Använd 15 april 2020].

Pentiaq AB, u.d. *Pentiaq AB*. [Online]

Available at: <http://www.pentiaq.se/>

[Använd 25 Mars 2020].

Sandin, K., 2010. *Praktisk byggnadsfysik*. 1:8 red. Lund: Studentlitteratur AB.

Soliduct AB, 2020. *FTX - Fördelar & Besparing*. [Online]

Available at: <https://soliduct.se/ftx-fordelar-besparing>

[Använd 25 Mars 2020].

Steko, 2018. *Components for Steko products - Ukraine - plastic windows*. [Online]

Available at: <https://steko.biz/accessories>

[Använd 22 mars 2020].

StruSoft, 2016. *VIP-Energy Manual Version 4*. [Online]

Available at: <https://www.vipenergy.net/Manual.htm>

[Använd 12 04 2020].

Svistun, L., Zavora, T. & Khudolii, Y., 2018. Prospects for the implementation of real estate development in Ukraine based on energy efficiency principles and the problems with raising the finance required.. *Acta Innovations*, 1(29), pp. 5-15.

The Economist Group, 2020. *Democracy Index*. [Online]

Available at: <https://www.eiu.com/topic/democracy-index>

[Använd 3 Mars 2020].

The World Bank, 2019. *Inflation, consumer prices (annual %) - Ukraine*. [Online]

Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG?locations=UA>

[Använd 24 April 2020].

The World Bank, 2019. *Lending interest rate (%) - Ukraine, Germany, Estonia*. [Online] Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/FR.INR.LEND?locations=UA-DE-EE> [Använd 15 Mars 2020].

Timilsina, G. R., Hochman, G. & Fedets, I., 2016. Understanding energy efficiency barriers in Ukraine: Insights from a survey of commercial and industrial firms. *Energy*, Volym 106, pp. 203-211.

Warfvinge, C. & Dahlblom, M., 2010. *Projektering av VVS-installationer*. 1:12 red. Lund: Studentlitteratur AB.

Villaägarnas Riksförbund, 2018. *Bästa uppvärmningen för ditt hus*. [Online] Available at: <https://www.villaagarna.se/radgivning-och-tips/energi/uppvarmning/basta-uppvarmningen-for-ditt-hus/> [Använd 25 Mars 2020].

XE Inc, 2020. *XE Currency Charts: EUR to UAH*. [Online] Available at: <https://www.xe.com/currencycharts/?from=EUR&to=UAH&view=10Y> [Använd 15 Mars 2020].