



KTH Bygghälsa

Samhällsbyggnad
Kungliga Tekniska Högskolan

Analys av energisituationen för BRF Ekbacken med förslag till förbättringsåtgärder

ANALYSIS OF THE ENERGY SITUATION BRF EKBACKEN WITH
PROPOSALS FOR IMPROVEMENT

Examensarbete i byggnadsteknik
No 451

Bygghälsa
Stockholm, 2017-05-17
Angelica Oskarsson

Handledare
Folke Björk, KTH Bygghälsa

Förord

Jag vill tacka BRF Ekbacken för ett gott samarbete och ett fint bemötande. Tack för att jag fått ta del av er data och ritningar. Särskilt tack till Terje Reistad, Claes Månson, Jan Bäcklund, Björn Mellbom och fastighetsskötare Robert Gimströmer. Jag vill även tacka min handledare på KTH, Folke Björk, för allt stöd och vägledning jag fått för att kunna utföra denna rapport.

Angelica Oskarsson, Stockholm 2017-05-21

Sammanfattning

Intresset kring energifrågor har ökat på sista tiden och vi hör dagligen om den negativa miljöpåverkan.

EU och dess medlemsländer har satt upp mål att minska energianvändningen med 20 procent till år 2020 jämfört med nivåerna år 1990. Därutöver har Sverige det nationella målet att till år 2050 minska energianvändningen med 50 procent. Bostadssektorn bidrar till en stor andel av den totala energianvändningen. Idag utgör bostäderna från miljonprogrammet, åren 1965–1974, en tredjedel av Sveriges alla bostäder och många av dessa är i behov av renovering och har god potential till energieffektivisering. Därmed är det intressant att fokusera på just bostäder från den tiden.

En målgrupp som har anammat intresset kring energifrågor och därmed vill minska sina fastigheters energianvändning är BRF Ekbacken.

I denna rapport har BRF Ekbackens två fastigheter belägna i Larsberg på Lidingö studerats för att sedan utföra en energianalys av byggnaderna. Därefter har en undersökning kring energieffektiviseringsåtgärder gjorts.

Byggnaderna är byggda år 1973/74 vilket var under tiden för miljonprogrammet där staten satsade på en hög bostadsproduktion. Således är byggnaderna byggda enligt den tidens tänk och behöver nu renoveras och energieffektiviseras för att nå upp till de energikrav som regeringen satt upp idag.

En modell för att beräkna byggnadernas energianvändning har tagits fram. Data har samlats in genom granskning av ritningar och andra nödvändiga parametrar kring byggnadernas energiförbrukning har tagit fram. Dessa indata tillsammans med formler för beräkning av energianvändning har lett fram till ett resultat om fastigheternas energianvändning i nuläget.

En boendeenkätundersökning har dessutom skickats ut och genomförts för att få en uppfattning om hur de boende upplever byggnaderna. Resultatet har analyserats och visar hur rådande inomhusmiljö upplevs.

De sammanvägda resultaten har lett fram till vilka energieffektiviseringsåtgärder som är relevanta för att minska byggnadernas energianvändning.

Resultaten visar att byggnadernas ventilationssystem står för de största värmeförlusterna. Resultatet visar även att byggnadernas fönster är en svag punkt och står för stora värmeförluster. Det visar sig dessutom att fasaderna är dåligt isolerade och inte lever upp till de rekommendationer gällande isolertjocklek som gäller idag.

Resultatet visar att en effektivisering av klimatskal, innefattande byte av köksfönster och en yttre tilläggsisolering på en av fasaderna rekommenderas. Detta tillsammans med installation av värmeåtervinning med frånluftventilationssystemet skulle kunna minska byggnadernas energianvändning med upp till 33 procent.

Abstract

The interest concerning energy issues has increased lately and we hear about the negative environmental impact daily.

EU and its member states have set goals to reduce the energy consumption by 20 percent by 2020 compared to 1990 levels. Sweden has the national goal of reducing the energy consumption by 20 percent by 2050. The building sector contributes to a large proportion of the total energy consumption. Today, the buildings from the million program, during the years 1965-74, represent one third of Sweden's entire buildings. Many of those buildings are in need of renovation and have a good potential for energy efficiency measures. Therefore, it is interesting to focus on real estate from that time.

A target group that has embraced the interest in energy issues and wants to reduce the energy use of their buildings is BRF Ekbacken.

In this report, BRF Ekbacken's two buildings located in Larsberg on Lidingö have been studied to carry out an energy analysis of the buildings. After that, an investigation into energy efficiency measures has been made.

The buildings were built in 1973/74 and was meant for the million program, in which the government invested in high house production. Thus, the buildings are constructed according to that time and now need to be renovated and energy efficient to meet the energy requirements set by the government today.

A model for calculating the buildings' energy use has been developed. Data from review of drawings and other necessary parameters regarding the buildings' energy consumption has been collected. These inputs, together with formulas for calculating energy use, led to a result of the buildings' energy use at the present time.

An accommodation enquiry has also been sent out and implemented to get an impression about the residents' experience of the buildings. The result has been analysed and the result shows how the current indoor environment is perceived.

The results all together have identified which energy efficiency measures that are relevant to reduce the energy use of the buildings.

The result shows that the buildings' ventilations systems account for the biggest part of the total heat losses. The result also shows that the windows of the buildings are a weak point and account for major heat losses. It also turns out that the facades are badly isolated and do not comply with the recommendations regarding the isolation thickness that apply today.

The result also shows that a more efficient building envelope including new kitchen windows and an external supplemental isolation on one of the facades is recommended. This, together with the installation of a ventilation system with heat recovery could reduce the energy use by up to 33 percent.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrundsbeskrivning	1
1.2	Syfte	1
1.3	Målformulering.....	1
1.4	Metodbeskrivning.....	1
1.5	Avgränsningar.....	2
2	Litteraturstudier	3
2.1	Energipolitik	3
2.1.1	Boverket	4
2.1.2	Energideklaration.....	5
2.2	Ett flerbostadshus.....	5
2.2.1	Ett flerbostadshus energianvändning	5
2.2.2	Ett flerbostadshus uppbyggnad ur en energisynvinkel.....	6
2.3	Miljonprogrammet	13
2.3.1	Fakta om miljonprogrammet.....	13
2.3.2	Ett flerbostadshus uppbyggnad under miljonprogrammet	13
3	Modell.....	14
3.1	Modellsammanfattning.....	14
3.2	Energitekniska ekvationer	15
3.2.1	Ekvationer vid beräkning av U-värde.....	15
3.2.2	Ekvationer för transmissionsförluster	16
3.2.3	Ekvationer för ventilationsförluster.....	16
3.3	Objektbeskrivning	17
3.3.1	Bostadsrättsföreningen Ekbacken.....	17
3.4	Energitekniska beräkningar för byggnadens nuläge	27
3.4.1	Transmissionsförluster	27
3.4.2	Köldbryggor	29
3.4.3	Ventilationsförluster	33
3.4.4	Passiv värme	34
3.5	Boendekätundersökning	34
3.5.1	Resultat av boendekätundersökning.....	34
4	Resultat och analys av fastighetsbeståndet	37
4.1	Klimatskal	37
4.2	Installationsteknik.....	39
4.3	Boendekätundersökning	40

4.4	Underlag för beslut.....	42
5	Energieffektiviseringsåtgärder.....	44
5.1	Följande åtgärder har undersökts	44
5.1.1	Klimatskal	44
5.1.2	Ventilationssystem	44
5.1.3	Värmesystem	45
6	Energiberäkningar av möjliga åtgärder.....	45
6.1	Fönsterbyte	45
6.1.1	Ekonomisk lönsamhet/återbetalningstid	46
6.2	Tilläggsisolering.....	47
6.2.1	Ekonomisk lönsamhet.....	48
6.3	Total energibesparing av åtgärder på klimatskalet	49
6.3.1	Ekonomisk lönsamhet.....	49
6.4	FX-ventilationssystem.....	50
7	Resultat och analys av energieffektiviserande åtgärder	50
8	Slutsats	52
9	Framtida arbeten	52
10	Referenser	53
10.1	Tryckta källor.....	53
10.2	Internetkällor.....	53
10.3	Muntliga källor	58
	Bilaga 1 – Köldbryggor - en lathund	59
	Bilaga 2 – Ritning K99.2.....	67
	Bilaga 3 – Ritning K19.0101	68
	Bilaga 4 – Ritning IMG_7385	69
	Bilaga 5 – Ritning K29.19	70
	Bilaga 6 – Ritning IMG_7386	71
	Bilaga 7 – Ritning K21.2	72
	Bilaga 8 – Ritning K27.1	73
	Bilaga 9 – Ritning K29.16	74

1 Introduktion

Kommande avsnitt presenterar rapportens bakgrund och syfte. I denna del beskrivs även rapportens mål, dess metodbeskrivning samt avgränsningar.

1.1 Bakgrundsbeskrivning

I Larsberg, på Lidingö, ligger BRF Ekbacken. Föreningen äger två fastigheter med sammanlagt 186 lägenheter. Fastigheterna är byggda 1973/74 med den tidens standard och energitänk.

De två fastigheterna utgörs av sju respektive sex trappuppgångar. Under var och en av byggnaderna finns underjordsgarage, med tillsammans 165 platser.

Uppvärmning sker med fjärrvärme från Fortum, där föreningen har en årsförbrukning på 2–3000 MWh.

Lägenheterna har en kraftig frånluftsventilation utan värmeåtervinning. Ventilationsluften transporteras ut genom 26 takventilatorer.

Varmvatten och värmeförbrukningen mäts kollektivt.

Elförbrukningen är individuell. Föreningens egens elförbrukning är ca 300 MWh per år.

Föreningen har en stabil ekonomi, låg belåning och låga avgifter för medlemmarna. Genomsnittsåldern är hög för de boende.

1.2 Syfte

På uppdrag av bostadsrättsföreningen Ekbacken ska en analys av energisituationen för de två fastigheterna, som föreningen utgörs av, utföras. Av denna kommer sedan förslag till eventuella energieffektiviserande åtgärder.

1.3 Målformulering

Målet med detta arbete är att undersöka bostadsrättsföreningen Ekbackens totala energianvändning. Där ingår att kontrollera fastighetens energitillförsel kontra dess energiförluster samt att utreda om några energibesparande åtgärder är lönsamma.

Målet med arbetet är även att ge en mer fullständig bild av hur de två byggnaderna i föreningen är uppbyggda, både bygg- och energitekniskt, samt att rapportera min undersökning till de boende i föreningen.

Följande delmål, har föreningen bett mig att studera, förutom de mål som är beskrivna ovan:

- Energibesparingar vid återföring av ventilationsvärme
- Vilka energibesparingar samt vilken ekonomisk lönsamhet som kan påräknas vid byte av köksfönster
- Alternativ till fjärrvärme
- Möjligheten att förbättra komforten för de boende

1.4 Metodbeskrivning

Litteraturstudier kommer att vara en stor del av underlaget i detta arbete. En boendeundersökning kommer även att utföras för att samla in underlag om komfort och upplevelser kring rådande miljö hos de boende i föreningen samt för att få en uppfattning om byggnadernas konstruktion.

Ritningar kommer studeras samt studiebesök på aktuella byggnader kommer att vara en del av den information som ligger till grund i mina beräkningar. Även intervjuer med den byggnadstekniskt ansvarige i den aktuella bostadsrättsföreningen kommer att användas som underlag.

En modell för att beräkna energianvändning kommer att tas fram där energiberäkningarna kommer att beräknas med hjälp av formler enligt aktuell kurslitteratur.

Vilka eventuella energieffektiviserande åtgärder som kan komma att rekommenderas erhålls genom litteraturstudier, med hjälp av intervjuer med insatta inom det specifika området samt genom att besöka bostadsrättsföreningen som studien utförs på. Även de resultat som energiberäkningarna ger kommer visa om eventuella åtgärder behövs.

Jag kommer utgå från gällande regelverk i min studie.

1.5 Avgränsningar

Arbetet ska motsvara 15 hp eller tio veckor. Därmed finns det inte möjligheter till att göra egna mätningar.

Förslagen på energieffektivisering blir av översiktlig karaktär likaså är kostnadsbedömningar endast av översiktlig karaktär.

2 Litteraturstudier

I följande avsnitt kommer berörda områden inom aktuellt ämne för rapporten att presenteras. Fakta om berörda områden hämtas från litteraturstudier, från källor på internet, samt från böcker och dokument. Men även från studieunderlag i form av föreläsningmaterial.

2.1 Energipolitik

Energipolitiken i Sverige regleras dels av nationella uppsatta mål samt via de mål som EU satt upp för sina medlemsstater. Därmed regleras energianvändningen i Sverige politiskt (IVA,2009a,12).

De nationella mål som berör energianvändningen ska göra att samhället blir mer energieffektivt och att vi ska gå mot en hållbar energianvändning med låg inverkan på klimat, miljö och hälsa. Detta regleras genom uppsatta miljö kvalitetsmål.

God byggd miljö är ett av dessa miljö kvalitetsmål och behandlar byggnaders energianvändning. Målet är att minska den specifika energianvändningen i bostäder med 50 procent till år 2050 jämfört med användningen år 1995 (IVA,2009a,12).

Sveriges medlemskap i EU leder till att Sverige måste följa EU:s uppsatta mål. EU:s mål med sin energipolitik är att få en energimarknad som fungerar, att få en säker energiförsörjning samt att EU ska arbeta för energieffektivisering och för energibesparingar.

EU bedriver ett klimatarbete som kallas för 20-20-20. Detta arbete innefattar fyra mål som EU vill nå innan år 2020.

Målen kan beskrivas som följer. EU:s utsläpp av växthusgaser ska minska med 20 procent, sett mot nivåerna år 1990. EU:s förbrukning av energi ska minska med 20 procent. Samt att EU vill att minst 20 procent av energianvändningen kommer från förnybar energi (EU-upplysningen,2016a).

EU:s uppsatta direktiv gäller för EU:s alla medlemsstater. Respektive medlemsstat planerar själva hur de ska uppnå målen. Dock har medlemsstaterna en tidsgräns för genomförandet. Varje EU-land integrerar själva EU-direktiven till landets nationella lagstiftning (EU-upplysningen,2016b).

Nedan nämns några av de lagar Sverige infört för att nå upp till målen för energieffektivisering och som berör flerbostadshus:

- *Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU):*

Detta direktivs syfte är att sätta upp en gemensam ram för energieffektivisering. Målet är att uppnå 20 procent effektivare energianvändning till år 2020 (Energimyndigheten,2015a).

- *Ekodesigndirektivet (2009/125/EG):*

Detta direktiv ska reglera att tillverkaren vid design av nya produkter, har med i sina beräkningar att produkten ska ha minskad energianvändning samt att produkten ska ha minsta möjliga påverkan på miljön. Detta direktiv sätter således minimikrav på produkters energiprestanda. Direktivet reglerar dessutom att produkter måste uppnå vissa kriterier för att komma in på den europeiska marknaden. På så sätt förbjuds de mest energi- och resurskrävande produkterna (Energimyndigheten,2016a).

- *Energimärkningsdirektivet (2010/30/EU):*

Detta direktiv innebär att produkter energimärks, för att tydligt synliggöra dess energianvändning. Detta ska således hjälpa konsumenten som vill göra energismarta val (Energimyndigheten,2016b).

- *Direktivet för byggnaders energiprestanda EPBD (2002/91/EC):*

Detta direktiv innehåller minimikrav för en byggnads energiprestanda, Det finns krav för likvärliga nya byggnader som renoveringar och ändringar av redan befintliga byggnader. En viktig del i detta direktiv, som instiftats i svensk lag, är *lagen om energideklarering av byggnader* (Energimyndigheten,2015b).

Som nämnts ovan är ett av EU:s direktiv att minska energianvändningen med 20 procent till år 2020. Samt att Sverige har det nationella målet att till år 2050 minska energianvändningen med 50 procent. Sammanfattningsvis är detta högt uppsatta mål.

Just bostads- och servicesektorn bidrog med nästan 40 procent, motsvarande 140TWh, av Sveriges totala energianvändning år 2014 (Energimyndigheten,2016c).

Av Sveriges totala 4,5 miljoner bostäder så är 2,5 miljoner utav dessa i form av flerbostadshus.

För att Sverige ska ha möjlighet att uppnå både sina nationella mål och EU:s mål, kommer flertalet av dessa befintliga flerbostadshus behöva genomgå en energieffektivisering (Energimyndigheten,2015c).

I denna rapport kommer fokuset vara på just flerbostadshus och hur de kan behandlas för att se om en energieffektivisering är lönsam nog.

2.1.1 Boverket

Boverket är den myndighet som på uppdrag av regeringen bland annat reglerar hur bostäder i Sverige byggs. Dessa byggregler finns samlade i Boverkets byggregler, BBR.

Det regelsystem som styr energihushållningen i bostäder regleras under avsnitt 9 i BBR. Reglerna innehåller flera olika energikrav och är beroende av om det är uppförande av en ny byggnad eller ändringar av en redan befintlig byggnad.

Kraven är dessutom olika beroende på var i Sverige byggnaden är belägen då landet är uppdelat i fyra olika klimatzoner. Kraven ser även olika ut beroende på hur byggnaden värms upp (Boverket,2014c).

Ett energikrav som är reglerat i BBR berör en byggnads specifika energianvändning. Avseende den energi som under ett normalår levereras till byggnader för uppvärmning, tappvarmvatten, fastighetsenergi och komfortkyla. Denna energi divideras därefter med byggnadens totala uppvärmda area, A_{temp} , för att få den specifika energianvändningen (Boverket,2015b).

EU har nyligen beslutat att alla dess medlemsstater ska uppnå målet att alla nya byggnader ska vara nära-nollenergibyggnader. Målet skall vara uppnått senast den sista december år 2020. Målet innefattar dessutom att redan befintliga byggnader som ska renoveras också ska omvandlas till nära-nollenergibyggnader. Detta sker i enlighet med det omarbetade direktivet om *byggnaders energiprestanda* (2010/31/EU) (Energimyndigheten,2015d).

Syftet med nära-nollenergibyggnader är att spara energi genom att göra byggnader mycket energieffektiva (Energimyndigheten,2015d).

På uppdrag av regeringen ska Boverket och Energimyndigheten ta fram en handlingsplan gällande hur Sverige ska uppnå EU:s mål. I skrivelsen *Vägen till nära-nollenergibyggnader* (Skr.2011/12:131) finns denna beskriven. Arbetet är indelat i tre delar. Den första delen är inledd genom att ha upprättat kontrollstation 2015 (Energimyndigheten,2015d).

Kontrollstation 2015 innebär att mäta och utvärdera redan befintliga lågenergihus samt att definiera och sätta upp riktlinjer gällande krav på energihushållning för nära-nollenergibyggnader (Energimyndigheten,2015d).

Denna rapport behandlar flerbostadshus belägna i Stockholm tillhörande klimatzon III.

Enligt BBR, avsnitt 9 Energihushållning, ska flerbostadshus i klimatzon III, som har annat uppvärmningssätt än elvärme vara utformade så att byggnadens specifika energianvändning högst uppgår till de värden som anges i tabell 1 (Boverket,2015c).

Byggnader som har annat uppvärmningssätt än elvärme, klimatzon III	
Byggnadens specifika energianvändning [kWh/m ² A _{temp} och år]	80

Tabell 1

2.1.2 Energideklaration

I *direktivet om byggnaders energiprestanda*, som finns inrättat i svensk lagstiftning, finns en viktig del. Det är *lagen om energideklarering av byggnader* (Boverket,2014a).

Ägaren av en byggnad ska ansvara för att en energideklaration utförs. Det är en oberoende expert som ska genomföra deklARATIONEN.

Energideklarationen skall, enligt Boverket, bland annat innehålla uppgifter om byggnadens energiprestanda, om en obligatorisk ventilationskontroll har utförts, om radonmätningar genomförts, om fastighetens energiprestanda kan göras bättre och i så fall ge förslag för kostnadseffektiva åtgärder (Riksdagen,2013a).

Byggnadens energianvändning i energideklarationen anges som energiprestanda. För att enkelt kunna jämföra olika byggnader med varandra finns ett system där byggnadens energiprestanda klassas. Klassningen är en skala från A-G. Energiklass A står för en låg energianvändning för byggnaden och energiklass G står för en hög energianvändning för byggnaden (Boverket,2014a).

Det är sedan ägaren av byggnadens uppgift att anslå en sammanfattning av energideklarationen på en väl synlig plats i byggnaden, förslagsvis i entrén. Där bland annat byggnadens klassade energiprestanda visas (Boverket,2015a).

En energideklaration gäller i tio år (Boverket,2014a).

2.2 Ett flerbostadshus

I detta avsnitt beskrivs ett flerbostadshus energianvändning samt dess uppbyggnad ur en energisynvinkel.

2.2.1 Ett flerbostadshus energianvändning

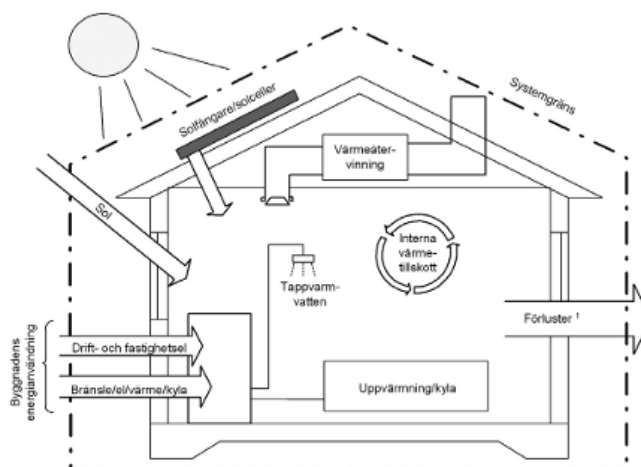
En byggnad strävar efter att få en **energibalans**. Vilket innebär att det ska bli en balans mellan byggnadens tillförda energi samt mellan byggnadens energiförluster av olika slag, under ett normalår (Petersson,2009,182).

I denna rapport behandlas flerbostadshus som system. Systemet eftersträvar en balans av energi där mängden energi alltid är konstant. Det vill säga om en konstant temperatur hålls inom systemet ska lika mycket värme som tillförs systemet även bortföras ut ur systemet. Om så är fallet råder en energibalans (Nationalencyklopedin,2017a).

Figur 1 visar att ett flerbostadshus tillförda energi är den energi som tillförs för uppvärmning av byggnaden, för uppvärmning av varmvatten och till drift av installationer i byggnaden samt till övrig fastighetsel. Dessutom tillförs energi via solinstrålning och från personer, ibland kallad gratisvärme. Värmeenergi avges från belysning och maskiner som finns inne i byggnaden.

Ett flerbostadshus energiförluster är den energi som bortförs från byggnaden främst via transmissionsförluster i byggnadens klimatskal och via ventilationsförluster (Pettersson,2009,183).

Energiförluster sker även av värmeförluster via avloppet samt av systemförluster (Forslund,2016,130).



Figur 1. Energibalans i en byggnad (Control Engineering,2017a)

2.2.2 Ett flerbostadshus uppbyggnad ur en energisynvinkel

Ur en energiteknisk synvinkel kan ett flerbostadshus uppbyggnad beskrivas som dess klimatskal, värmesystem och dess ventilationssystem. Dessa poster är tillsammans med flerbostadshusets fastighetsel, avloppssystem och styrsystem de mest centrala delarna ur denna aspekt (Forslund,2016,128).

I följande avsnitt beskrivs ovanstående nämnda delar.

2.2.2.1 Klimatskal

Ett flerbostadshus klimatskal är dess ytterväggar, fönster, dörrar, tak och golv (Forslund,2016,58).

Som figur 1 visar och som energibalansen för en byggnad innebär, bortförs värme bland annat via en byggnads klimatskal. Denna värmeförlust kallas för transmissionsförluster. Det är viktigt från en energisynpunkt att dimensionera respektive byggnadsdel så att dessa värmeförlusterna blir så små som möjligt.

Transmissionsförluster kan beskrivas med hjälp av en värmegenomgångskoefficient, U-värde (Forslund,2016,130).

Värmegenomgångskoefficienten, U-värdet, är ett mått på hur bra en byggnadsdel isolerar. Ett lågt U-värde betyder en god isoleringsförmåga (Jonsson,2009,13).

Klimatskalets uppgift är dels att stå emot de yttre påfrestningar som uteklimatet medverkar till och dels att klimatskalet ska klara de inre belastningar som inomhusklimatet ger upphov till i form av värme och fukt (Pettersson,2009,37).

För att uppnå dessa primära uppgifter eftersträvas ett väl isolerat klimatskal. Vilket i sin tur leder till en mer energieffektiv byggnad (Petersson,2009,30). Detta innebär att vid dimensionering av klimatskalet eftersträvas ett lågt U-värde (Petersson,2009,196).

Fönster

År 2006 tog Energimyndigheten ett initiativ om att införa en frivillig energimärkning av fönster, för att som i en del nå upp till EU:s direktiv om energieffektivisering med 20 procent till år 2020 (EQ-fönster,2017a).

Att se över en byggnads fönster är en viktig del av energieffektiviseringen för flerbostadshus. Det har visats att cirka en tredjedel av ett hus energianvändning förloras genom att fönster är dåligt isolerade. EU har således beslutat om en obligatorisk energimärkning av fönster vilken kommer börja gälla om några år (EQ-fönster,2017b).

Ett fönsters värmeförluster sker genom hela dess yta, det vill säga inräknat glas, båge och karm (EQ-fönster,2017c).

Energimärkning av fönster klassas från skala A-G och baseras på hela fönstrets U-värde. Energiklass A är det mest energieffektiva fönstret och har således det lägsta U-värdet. Energiklass A tolererar fönster med ett maximalt U-värde på 0.7 W/m²K och energiklass G ett maximalt U-värde på 1.3 W/m²K.

Nybyggda flerbostadshus byggs oftast med fönster med god isolering och ett lågt U-värde. Äldre flerbostadshus har vanligen 2-glasfönster, där U-värdet kan nå upp till 3,0 W/m²K (EQ-fönster,2017d).

2.2.2.2 Värmesystem

Enligt energibalansen för en byggnad och således ett flerbostadshus, se figur 1, måste energi tillföras för uppvärmning och varmvatten.

Det finns olika sätt att tillföra energi för dessa ändamål. Vad som passar bäst beror på huset, var huset är beläget och vilka utbud av energikällor som finns där. (Energimyndigheten,2015e).

Det vanligaste sättet för uppvärmning och varmvatten av flerbostadshus i Sverige är genom fjärrvärme. Andra sätt för uppvärmning är genom värmepumpar och värmepannor. Det går dessutom att tillföra värme i ett flerbostadshus via direktverkande el (Energimyndigheten,2015i,14).

Det har blivit allt vanligare att kombinera uppvärmningssätt av olika slag, vilket ger en större flexibilitet och en mindre sårbarhet (Energimyndigheten,2015e).

Intresset att utnyttja solenergi som uppvärmningskälla har den senaste tiden ökat. Att kombinera solenergi med ett annat uppvärmningssätt de dagar solenergin ej är tillräcklig är mest förekommande (Energimyndigheten,2016d).

I följande avsnitt beskrivs ovan nämnda sätt för uppvärmning och varmvatten av ett flerbostadshus.

Fjärrvärme

I ett centralt fjärrvärmeverk värms vatten upp genom förbränning av olika bränslen (Energiföretagen,2017a).

Numera används mestadels bibränslen/förnybara bränslen, som till exempel energiskog eller rester från avverkning av skog. Även energi från avfall och spillvärme från industrier används.

Därmed är fjärrvärme en miljövänlig energikälla (Energiföretagen,2017b,3). Det varma vattnet förs sedan via välisolerade och nedgrävda rör ut till en fjärrvärmecentral i respektive flerbostadshus (Energiföretagen,2017a).

I ett flerbostadshus fjärrvärmesystem ingår varmvattenberedning och värmeväxlare, rörsystemet till radiatorer i lägenheterna, radiatorer och pumpar och reglersystem (Forslund,2016,81).

Värmeväxlaren i fastigheten använder energin i fjärrvärmevattnet för att dels värma upp huset och dels för att värma upp varmvattnet i husets kranar (Energiföretagen,2017b,3).

Det är således inte fjärrvärmevattnet som cirkulerar inne i fastigheterna. Utan det kalla fjärrvärmevattnet leds tillbaka till fjärrvärmeverket och värms där upp på nytt (Energiföretagen,2017b,3).

Under år 2014 var 91 procent av den totala energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för flerbostadshus i Sverige i form av fjärrvärme. Detta motsvarar en siffra på 23,4TWh (Energimyndigheten,2015i,9).

Värmepump

Ett alternativ till fjärrvärme är uppvärmning med hjälp av värmepump. Principen är att inuti värmepumpen cirkulerar en vätska som tar upp värmeenergin ifrån vatten, luft, berg eller mark beroende på vilken typ av värmepump som installerats. Via en värmeväxlare överförs värmeenergin i vätskan till husets värmesystem (Energiportalen,2017a).

En värmepump kräver elenergi för att kunna vara i drift. Fördelen med en värmepump är dock att den kan avge tre till fyra gånger mer värmeenergi till huset än den förbrukar i köpt elenergi. Trots allt kan en värmepump oftast inte fungera ensam som värmekälla i ett hus. Därför är värmepump i kombination med ett annat uppvärmningssätt vanligt (Forslund,2016,85).

Enligt 2014 års statistik användes 26 700 värmepumpar i flerbostadshus i Sverige. 56 procent av dessa var berg-, sjö-eller jordvärmepumpar. Medan 36 procent var frånluftsvärmepumpar eller luft/vattenvärmepumpar (Energimyndigheten,2015i,24).

Värmepanna

Ytterligare ett alternativ till fjärrvärme är uppvärmning med hjälp av en värmepanna. Där värmepannan är kopplad till husets värme- och varmvattensystem (Forslund,2016,84).

Enligt statistik för år 2014 motsvarar uppvärmning från denna källa knappt en procent av detta års totala energianvändning för uppvärmning och varmvatten (Energimyndigheten,2015i,14).

Uppvärmning med bränsle i form av olja i en värmepanna förekommer. Målet är att till år 2020 ska oljepannor ha tagits ur drift (Forslund,2016,84).

Idag är värmepannor med bibränsle, främst i form av pellets på uppgång (Energimyndigheten,2015i,14).

Direktverkande el

Det näst vanligaste uppvärmningssättet i flerbostadshus efter fjärrvärme, var år 2014 uppvärmning med el. Detta år var sex procent av den totala energianvändningen för uppvärmning och varmvatten i form av elvärme (Energimyndigheten,2015i,14). Uppvärmning vid direktverkande el sker med hjälp av element som värmer upp lägenheterna i flerbostadshuset (Energirådgivningen,2016a).

Solenergi

Solenergi är en förnybar energikälla och har stora miljöfördelar (Energimyndigheten,2015f). Intresset för att använda solenergi som ett uppvärmningssätt i flerbostadshus har ökat den sista tiden (Energimyndigheten,2016d).

Solens energi kan tas tillvara på två olika sätt. Antingen med hjälp av solfångare där solens strålar omvandlas till värme. Eller med hjälp av solceller som omvandlar solens strålar till el (Energimyndigheten,2015f).

Solfångare:

Ett solfångarsystem som ska användas till både uppvärmning och varmvatten kallas för kombisystem. Ett system av detta slag kräver en solfångare, en ackumulatortank, en pump med rörledningssystem och ett reglersystem (Energimyndigheten,2015f).

Solfångare finns av olika typer till ett flerbostadshus. Dels som plana och glasade solfångare och dels som vakuumrörssolfångare.

Plana, glasade solfångare består av en absorbator, oftast av kopparrör, vars uppgift är att omvandla solstrålarna till värme. Absorbatorn, som är placerad i en välisolerad låda, transporterar sedan den varma vätskan till ackumulatortanken (Energirådgivningen,2016c,1).

Vakuumrörssolfångare består av glasrör där luften har tagits bort (Energirådgivningen,2016b). En vakuumrörssolfångare har lägre värmeförluster än en plan solfångare, främst för att vakuum varken leder värme eller kyla. Med andra ord har de en högre verkningsgrad och är mer effektiva än de plana solfångarna. Dock är vakuumrörssolfångare dyrare än de plana solfångarna (Energirådgivningen,2016c,1).

Solfångaren placeras lämpligast på hustak och där det är skuggfritt. Fördelaktigast är om solfångaren är vinklad åt söder.

Akkumulatortankens uppgift är att lagra värmeenergi (Energimyndigheten,2015f).

Eftersom solstrålningen är förhållandevis liten under vinterhalvåret i Sverige krävs solfångare i kombination med ett annat uppvärmningssätt för att täcka ett flerbostadshus energibehov för uppvärmning och varmvatten, under hela året (Energimyndigheten,2015f).

Viktigt vid investering av en solfångare är att den är kvalitetsmärkt. Vilket innebär att solfångaren uppfyller angivna krav gällande dess funktion och hållbarhet (Energimyndigheten,2015f).

Solceller:

För flerbostadshus kan ett nätanslutet solcellssystem installeras. I ett sådant system ingår solcellsmoduler samt en eller flera växelriktare. Principen är att solens energi omvandlas till elektrisk ström. Eventuellt överskott säljs till elnätet (Energimyndigheten,2015g).

Det är växelriktarens uppgift att dels konvertera den likström solcellsmodulen producerar till växelström och dels att få ut så mycket el till bästa kvalitet som är möjligt (Energimyndigheten,2015h).

De solcellsmoduler som finns att tillgå och är vanligast idag har en verkningsgrad på omkring 15 procent. Vilket innebär att innan solenergin blir till användbar el reflekteras stora delar av solens energi bort.

Solcellssystemet placeras helst på hustak, skuggfritt och riktat mot söder. Systemet producerar mest el under dagtid och sommartid. Övrig tid används köpt el via ett elbolag.

Solcellssystemet är kopplat till fastighetens elsystem. Ibland producerar solcellerna mer el än vad fastighetens behöver. Då kan överskottselen säljas till elnätbolag (Energimyndigheten,2016d).

Regeringen uppmuntrar användandet av förnybar solenergi och därmed finns det stöd att få för de som vill investera i solcellssystem. Stödet innefattar dels investeringsstöd av solceller och dels en skattereduktion för den överskottsel som säljs till elnätbolag (Energimyndigheten,2016e).

Kombination av flera uppvärmningssätt

Som tidigare beskrivet förekommer kombinationer av olika uppvärmningssätt (Energimyndigheten,2015e). Enligt statistisk är el i kombination med annat uppvärmningssätt vanligt. Dessutom är uppvärmning med berg-, sjö- och jordvärmepump i kombination med annat sätt även förekommande.

Som nämnts innan är användandet av solenergi på uppgående. Exempelvis är solenergi i kombination med fjärrvärme ett uppvärmningssalternativ. Liksom solfångare i kombination med elvärme (Energimyndigheten,2015i,21).

2.2.2.3 Ventilationssystem

En god ventilation ska eftersträvas. Grunden till detta är att ta in uteluft med god kvalitet och med ett lämpligt flöde för att sedan med hjälp av luftflödet föra bort de föroreningar och gaser som skapats i rummet (Forslund,2016,45).

Enligt boverkets byggregler, BBR, bör inte uteluftsflödet vara lägre än 0,35 liter per sekund och kvadratmeter golvarea. Luften får inte ge upphov till dålig lukt eller ge negativa effekter på människans hälsa. I vissa fall kan ett högre uteluftsflöde krävas för att förhindra detta (Boverket,2014f).

Byggnaders ventilationssystem kontrolleras med hjälp av en obligatorisk ventilationskontroll, OVK (Boverket,2014f).

Energi balansen för en byggnad, se figur 1, innebär att värme bortförs bland annat via en byggnads ventilation. Detta kallas för kontrollerade ventilationsförluster.

I vissa fall kan ventilationssystemet ha en värmeåtervinning av frånluften (Forslund,2016,131).

Det finns olika typer av ventilationssystem för flerbostadshus och nedan beskrivs några av dessa.

Självdraagsventilation, S-system

Självdraagsventilation bygger på att den varma inomhusluften stiger uppåt och försvinner via luftkanaler ut ur byggnaden. Detta skapar ett undertryck i huset. Eftersom undertryck råder kan ny luft utifrån, komma in i byggnaden via otätheter. Principen för S-system visas i figur 2.

Principen bygger på att ju större temperaturskillnader det är mellan inne- och utomhusluften, desto större mängder luft omsätts (Svensk Ventilation,2017a).

S-system har sina för- och nackdelar. De största fördelarna med systemet är att det är billigt både som investering och i underhåll. Det är tyst och drar ingen elenergi. Nackdelarna med systemet är bland annat att det styrs av termiska drivkrafter, vilket betyder att det råder låga luftflöden på sommaren och höga luftflöden vintertid (Forslund,2016,66).



Figur 2. S-system (Svensk Ventilation, 2017a)

Frånluftsventilation, F-system

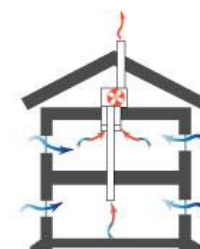
Frånluftsventilation bygger på att tilluften kommer via dörröppningar, ventilation eller vädringsfönster. Sedan sugas luften ut från bostaden med hjälp av frånluftsfläktar. Där frånluftsdon oftast finns placerade i kök, tvättstuga och badrum (Svensk Ventilation,2017b).

F-systemet skapar ett undertryck i huset (Forslund,2016,66). Principen för F-system visas i figur 3.

För att få en god ventilation är frånluftsventilation, likt självdragsventilation, beroende av vädret (Forslund,2016,67).

Ett F-systems fördelar, jämfört med ett S-system, är att luftflödet över året blir mer jämnt. Det är även ganska billigt i både investeringskostnader samt i underhåll. Elanvändningen för att driva frånluftsfläktarna är också tämligen låg. Nackdelarna med frånluftsventilation är att tilluften kan upplevas som kall och dragig. Samt att det oftast inte är någon filtrering av tilluften, utan det är obehandlad uteluft som kommer in i huset (Forslund,2016,68).

Genom att installera en frånluftsvärmepump kan en värmeåtervinning av frånluften utvinnas (Forslund,2016,67).



Figur 3. F-system (Svensk Ventilation, 2017b)

Från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning, FTX-system

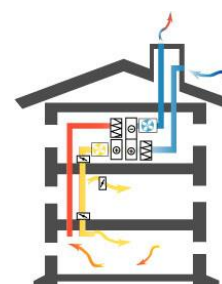
FTX-system bygger på ett fläktstyrt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Det innebär att innan den tempererade frånluften skickas ut passerar luften ett värmeåtervinningsaggregat. Den återvunna energin används därefter till att värma upp den kalla tilluften (Svensk Ventilation,2017c).

Principen är att både från- och tilluftsflödet styrs av fläktar. Tilluften förs in via sov- och vardagsrum medan frånluften förs ut i kök och badrum (Svensk Ventilation,2017c). Figur 4 visar principen för ett FTX-system.

Med ett FTX-system återvinns 50–80 procent av den energi som finns i frånluften (Svensk Ventilation,2017c).

Fördelarna med FTX-system är bland annat att både till- och frånluftslödena kan säkerställas och styras, vilket ger bra förutsättningar för en god komfort inomhus. En förvärmad tilluft ger ett termiskt bra inomhusklimat. Som nämnts ovan är det också en effektiv värmeåtervinning. Nackdelarna med ett FTX-system är att det är en dyr investering och dyrt att underhålla. Det är dessutom en relativt hög elanvändning för systemet eftersom det finns både fläktar och en värmeväxlare. Det kan dessutom vara problem med buller från ventilationssystemet (Forslund,2016,70).

Som beskrivits i ovanstående avsnitt är otätheter och läckage i en byggnads klimatskal oftast en förutsättning, för ett fungerande ventilationssystem. De värmeförluster som sker via läckage och otätheter kallas för okontrollerade ventilationsförluster.



Figur 4. FTX-system (Svensk Ventilation,2017c)

Obligatorisk ventilationskontroll, OVK

En obligatorisk kontroll av en byggnads ventilationssystem skall regelbundet utföras. Kontrollen görs av en certifierad funktionskontrollant och det är byggnadens ägares ansvar att se till att en OVK utförs.

Kontrollen görs för att garantera att det råder ett gott inomhusklimat i byggnaden samt att det är ett fungerande ventilationssystem. Kontrollanten ska även undersöka vilka möjligheter det finns för energieffektivisering av systemet samt ange eventuella åtgärder.

Beroende på typ av byggnad samt typ av dess ventilationssystem, skall OVK utföras återkommande med ett visst årsintervall.

För objektet i denna rapport gäller flerbostadshus med frånluftsventilation, med regelbunden OVK var 6e år.

Resultatet av OVK:n ska redovisas i ett protokoll, som därefter skickas till kommunen. Ett intyg av utförd OVK skall därefter sättas upp på en tydlig plats i byggnaden (Boverket,2014b).

2.2.2.4 Fastighetsenergi

Ett flerbostadshus fastighetsenergi ingår som en del i en byggnads specifika energianvändning. Enligt energibalansen för en byggnad, se figur 1, måste energi tillföras en byggnad för detta ändamål.

Med fastighetsenergi menas den el som krävs för att driva en byggnads installationer, till exempel el för fläktar, pumpar och hissar. Dessutom ingår den el som går till flerbostadshusets belysning i gemensamma utrymmen (Boverket,2014d).

Hushållsenergi däremot är den el som går till respektive bostadslägenhet. Detta innefattar den el som används för till exempel spis, kylskåp och tvättmaskiner. Hushållsenergi ingår inte i en byggnads specifika energianvändning (Boverket,2014e).

2.2.2.5 Avloppssystem

Värmeförluster via avloppet är en del av flerbostadshusets energiförluster. Varmvattnet som används i huset, till exempel vid dusch och i kök, har således en högre temperatur än när vattnet togs in i huset. När detta vatten sedan lämnar huset via avloppssystemet medför detta energiförluster (Forslund,2016,132).

2.2.2.6 Systemförluster

I ett flerbostadshus används olika maskiner och apparater, vilka på olika sätt ger energiförluster (Forslund,2016,132).

Systemförluster är den energi som krävs för att de tekniska system som styr inställningar i flerbostadshuset, ska fungera. Det som berörs är bland annat styrsystem för pumpar, fläktar och klimat kylare (Petersson,2009,185)

2.3 Miljonprogrammet

I följande avsnitt presenteras fakta om miljonprogrammet samt en beskrivning om ett flerbostadshus uppbyggnad under denna period.

2.3.1 Fakta om miljonprogrammet

I början av sextioalet blev det en stor satsning på bostadsproduktionen, i och med att det fortfarande förelåg en hög bostadsbrist i mellan- och storstäderna i Sverige efter krigsåren (Gullberg m. fl,1998,115).

Perioden 1961–1975 kallas idag för rekordåren. Under denna period byggdes nästintill 1,4 miljoner bostäder i Sverige. En tredjedel uppfördes som småhus och två tredjedelar byggdes som ”övriga hus”, vilket innefattade framförallt flerbostadshus. Bostäderna från rekordåren utgör idag en tredjedel av Sveriges alla bostäder (Reppen och Vidén,2006,10).

Under rekordåren blev bostadsbristen mer och mer politiskt ohållbar. Vilket ledde till att regeringen satte upp som mål att upphäva bristen på bostäder och förändra bostadsförhållandena till det bättre. Det var nu det så kallade miljonprogrammet kom till. Det beslutades att under perioden 1965–1974 skulle det byggas en miljon bostäder. Målet skulle uppnås genom att staten skulle ställa upp med de förutsättningar som behövdes i form av både kapital och arbetskraft, för att kunna bygga 100 000 bostäder per år (Boverket,2008a,16).

2.3.2 Ett flerbostadshus uppbyggnad under miljonprogrammet

Under miljonprogrammet är skivhus och lamellhus den vanligaste typen av hus. Fallet är att 85 procent av alla lägenheter är just lamellhus (Reppen och Vidén,2006,20). De byggdes oftast som två- till fyra våningshus eller sex våningar och högre (Reppen och Vidén,2006,34). Tidstypiskt för lamellhusen är att det oftast byggdes utan vind (Reppen och Vidén,2006,20).

Punkthus är en annan hustyp. Under miljonprogrammet utgjorde denna hustyp nio procent av den tidens lägenheter.

Loftgångshus utgjorde knappt fem procent av de lägenheter som byggdes under miljonprogrammet (Reppen och Vidén,2006,20).

I och med miljonprogrammets tänk att effektivisera byggandet producerades betongelement. Detta innebar att flertalet av flerbostadshusen byggdes med stomme av betong där gavlarna och tvärgående mellanväggar bär upp huset. Då långsidornas fasader på huset oftast inte hade en bärande funktion, möjlig gavs det att arkitekturen på fasaderna kunde variera stort (Reppen och Vidén,2006,32). Denna mångfald av fasader är något som är specifikt under just miljonprogrammet. Det var allt från puts, tegel, plåt, betong och kalksandsten. Färgen och strukturen på fasaderna var också variationsrik (Reppen och Vidén,2006,34). Dock var de vanligaste fasadmaterialet tegel och puts. Cirka en tredjedel av vardera materialet användes som fasad på husen (Reppen och Vidén,2006,40).

Byggnadernas balkonger är oftast placerade på samma sida av huset.

Husets gavlar har för det mesta en återhållsam fönstersättning (Reppen och Vidén,2006,38). Fönstren var vanligtvis av typen tvåglasfönster och glasytorna var oftast stora (Reppen och Vidén,2006,54).

Taken på denna periods hus är nästintill platta alternativt har en liten lutning (Reppen och Vidén,2006,38).

Nästan 60 procent av flerbostadshusen var uppvärmda från en panncentral placerad i eller utanför området till huset. Resterande av periodens uppvärmning av flerbostadshus var via en grupp- eller kvarterscentral. Alternativt via en pannanläggning belägen i byggnadens källare eller via direktverkande el (Reppen och Vidén,2006,116).

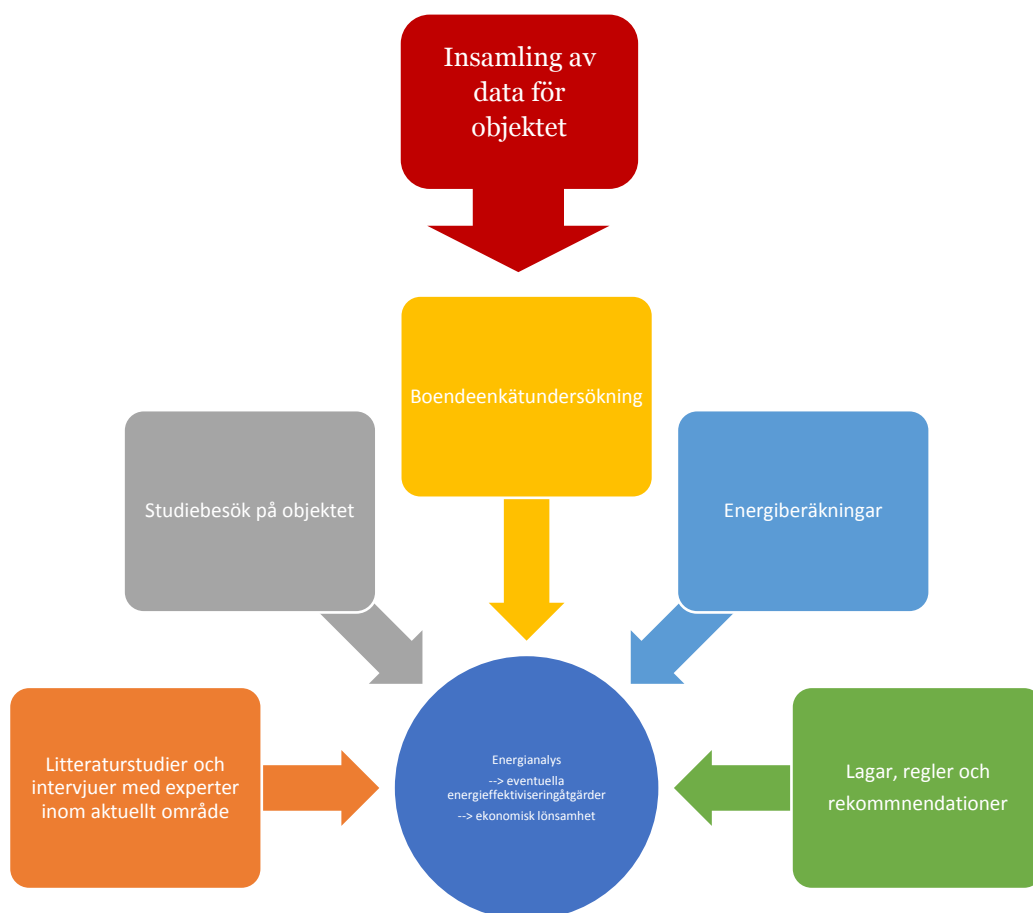
Fläktstyrd frånluftsventilation installerades mestadels i både låga och höga flerbostadshus. Dock fanns självdragsventilation kvar, som alternativ, men främst i de lägre husen (Reppen och Vidén,2006,117).

3 Modell

I följande avsnitt beskrivs en modellsammanfattning för rapportens upplägg och därefter presenteras del för del.

3.1 Modellsammanfattning

Figur 5 visar en sammanfattande beskrivning av upplägget för rapporten.



Figur 5. Modellsammanfattning

Arbetsgången är som sådan att nödvändiga data för studerat objekt samlas in via studiebesök på plats vid objektet, genom intervjuer med sakkunniga inom aktuellt område, med styrelsen i bostadsrättsföreningen och med föreningens fastighetsskötare. Data hämtas även från litteraturstudier och genom granskning av ritningar på objektet.

Driftstatistik hämtas från uppgifter givna av föreningen.

Därefter skickas en boendekätundersökning ut för att få de boendes upplevelse om byggnaderna. Rapporten lägger stort fokus vid god boendekomfort.

Energiberäkningarna görs för hand och utgår från aktuella energitekniska ekvationer. Aktuella lagar, regler och rekommendationer tas med i beaktande.

Ett sammanvägt resultat och en analys utförs utefter ovanstående arbetsmodell och resultatet visar vilka eventuella energieffektiviserande åtgärder som är aktuella. En ekonomisk lönsamhetskalkyl utförs utefter resultatet. Där arbetet avgränsas till att enbart undersöka vilken vinst föreningen kan göra genom att spara in på köpt fjärrvärmeenergi gentemot den åtgärden som undersökts.

3.2 Energitekniska ekvationer

I följande avsnitt presenteras relevanta ekvationer för de energitekniska beräkningar som utförs i energianalysen av bostadsrättsföreningen Ekbacken. Ekvationerna är tagna ur kompendium i byggnadsfysik (Sandin,1990).

3.2.1 Ekvationer vid beräkning av U-värde

U-värdes beräkningar för klimatskalet i hus A görs via handberäkning samt av vissa uppskattningar.

Byggdelar med homogena materialskikt:

-Beräkna värmemotstånd R_{totalt} :

$$R_{\text{totalt}} = R_{\text{si}} + d_1/\lambda_{p1} + d_2/\lambda_{p2} + d_3/\lambda_{p3} + \dots + R_{\text{se}}$$

λ_{pi} = värmeledningstal för de olika materialen i [W/mK]

d_i = är tjockleken för de olika materialen i [m]

R_{si} =övergångsmotståndet vid insidan(=0,13), R_{se} =övergångsmotståndet vid utsidan(=0,04)[m²K/W]

Byggdelar med icke homogena materialskikt:

Vid beräkning av det totala värmemotståndet, R_{totalt} , i icke homogena byggnadsdelar används två sätt, U-värdesmetoden och λ -värdesmetoden. För att få korrekt värde på värmemotståndet tas sedan ett medelvärde av dessa två metoders resultat.

-U-värdesmetoden, R_U :

För varje fält beräknar man totala U-värdet från luft till luft. Se varje fält som en byggnadsdel med homogena skikt.

$$U_A = 1/R_{TA}$$

Hela konstruktionens sammanvägda U-värde får man enligt:

$$U_{\text{totalt}} = p_A \cdot U_A + p_B \cdot U_B + p_C \cdot U_C + \dots$$

p_i = fältens andel av totalytan

Hela konstruktionens värmemotstånd, R_U , fås genom att konvertera U_{totalt} :

$$R_U = 1/U_{\text{totalt}}$$

- λ -värdesmetoden, R_λ :

Byggdelen delas in i flera materialskikt, längs med konstruktionen.

För varje skikt beräknar man ett viktat λ -värde.

$$\lambda_{\text{viktat}} = p_1 * \lambda_{i1} + p_2 * \lambda_{i2} + \dots$$

Sedan kan hela konstruktionen ses som en hel byggdel med homogena materialskikt:

$$R_\lambda = R_{si} + d_1/\lambda_{p1} + d_2/\lambda_{p2} + d_3/\lambda_{p3} + \dots + R_{se}$$

Konstruktionens U-värdet anges som:

$$U_{\text{totalt}} = (2 * (U_U + U_\lambda)) / (U_U + U_\lambda)$$

3.2.2 Ekvationer för transmissionsförluster

Transmissionsförlusterna, P_{trans} , genom ett klimatskals respektive byggnadsdel kan beräknas enligt ekvationen nedan:

$$P_{\text{trans}} = \Sigma(U_i * A_t * (T_i - T_e))$$

P_{trans} =transmissionsförluster [W] (effekt)

U =värmegenomgångskoefficient för yta i [W/m^2K]

A_t =tvärsnittsarea för yta i [m^2]

T_i =inomhustemperatur [K]

T_e =utomhustemperatur [K]

Energibehov för transmissionsförlusterna:

$$W_{\text{trans}} = P_{\text{trans}} * Q_{22} \quad [\text{Wh/år}]$$

Q_{22} =gradtimmar, beroende av ortens(Stockholms) uppvärmningssäsongens längd och specifikt värmebehov, vid inomhustemperaturen 22 grader Celsius= 114 400

3.2.3 Ekvationer för ventilationsförluster

-Kontrollerade ventilationsförluster, W_{vent} , värmeförluster genom frånluftsfläktssystemet:

$$W_{\text{vent}} = V * v_{\text{frånluft}} * \phi * C_p * Q_{22} \quad [\text{kWh/år}]$$

V = byggandens volym [m^3]

$v_{\text{frånluft}}$ = luftflöde i byggnaden [m^3/s]

ϕ = luftens densitet [kg/m^3] (= 1,2 kg/m^3)

C_p = luftens specifika värmekapacitet [$kJ/kg*K$] (=1,01 $kJ/kg*K$)

Q_{22} = Gradtimmar för uppvärmning till en viss temperatur [$°Ch/år$]

A-huset har sju trappuppgångar. A-huset är uppbyggt av ett entréplan och däröver fem våningsplan, samt ett vindsplan. Under entréplanet finns ett suterrängplan.

B-huset har sex trappuppgångar. B-huset är uppbyggt av ett entréplan och däröver fem våningsplan, samt ett vindsplan. Under entréplanet finns ett helt suterrängplan och ytterligare under detta finns ett mindre nedre suterrängplan.

Storleken på alla lägenheter i de två husen varierar mellan ca 30 m² upp till 112,5 m².

Byggnaderna har en uppvärmd golvarea på 10 615m² för A-huset och på 8797m² för B-huset.

Det finns två tvättstugor totalt, belägna i suterrängplanen vid Larsbergsvägen 45 och 59. Föreningen har en fritidslokal för gemensamt bruk och är belägen i nedre suterrängplanet vid Larsbergsvägen 33. Detta är ett 150 m² rum med intilliggande kök samt en bastu- och motionsavdelning.

Det kan tilläggas att föreningen har en stabil ekonomi, låg belåning och låga avgifter för medlemmarna. Dessutom kan nämnas att genomsnittsåldern för medlemmarna i föreningen är hög.

Sammanfattande beskrivning av byggnaderna:

	A-huset	B-huset
Byggnadsår	1973/74	1973/74
Antal lägenheter	100	86
Antal våningar ovan mark	6	6
Antal suterrängplan	1	2
Antal trapphus	7	6
Antal hissar	7	6+1(vid fritidslokalen)
Antal tvättstugor i byggnad	1	1
Ev. lokaler		1
Area BOA, m ²	10 615*	8797*
Area LOA, m ²	38,3	280,5
Area A _{temp} , (lägenheter), m ²	8825,5**	7964,5**
Area för hela grunden, m ²	1823,0**	1478,1**
Area nedre suterrängplan, m ²		513,1**
Byggnadens omkrets, m	283,1**	234,7**

*Enligt energideklaration **Uppmätt på ritningar

3.3.1.1 Byggnadsteknik av klimatskal

De båda byggnaderna i föreningen har i princip samma uppbyggnad av sitt klimatskal. I detta ingår grund, ytterväggar, tak, vindsbjälklag, fönster, ytterdörrar, balkonger, suterrängplan, nedre suterrängplan och garage.

I denna rapport kommer vissa avgränsningar göras. Dessa omfattar bland annat garagen. I kommande beskrivning kommer således föreningens garage inte att beaktas.

Byggnaderna har en bärande stomme av betong.

Bostadsrättsföreningen Ekbacken är beläget så att byggnadernas ena långsida har utsikt över Lilla Värtan mot Djurgården. I figur 7 och 8 visas två av byggnadernas fasader.



Figur 7. Fasad mot Värtan (BRF Ekbacken nr 1,2017a)



Figur 8. Fasad/Långsida mot gatan (BRF Ekbacken nr 1,2017b)

Grund

Golv

Grundläggningen av de två byggnaderna är platta på mark. I botten av grundläggningen är 150 mm dränerande grus. Sedan en 50mm tjock betongplatta följt av 30mm sand och 0,15mm plastfolie. Ovanpå plastfolien finns 60mm cellplast och ovanpå den finns golvbeläggningen. Enligt ritningar är golvbjälklagets golvbeläggning olika beroende om det utgör golv för rum, toalett, hall eller kök, se figur 9.

För rum är golvbeläggningen parkett, se figur 9 och typ 7. För kök, hall och toalett är golvbeläggningen en golvskena (Duofloor) som underlag till en plastmatta, se figur 9 och typ 6.

Denna konstruktionsdel har ett beräknat U-värde på (Sandin,1990,tabell V4:5)

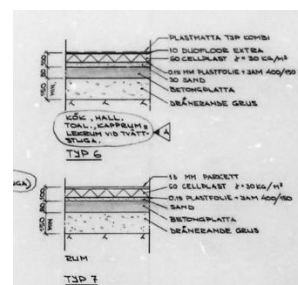
0-6m från yttervägg: 0,189 W/m²K

>6m från yttervägg: 0,159 W/m²K

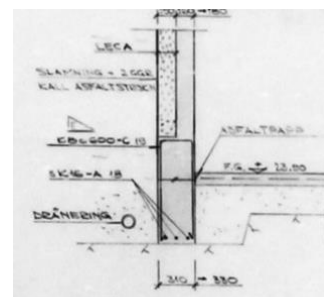
Väggar

Väggarna består av 160 mm betong och 150mm leca ($\lambda_{leca}=0,20\text{W/mK}$).

Denna konstruktionsdel har ett beräknat U-värde på (Sandin,1990,tabell V4:5)



Figur 9. Golvbjälklag typ 6 och 7 (Bilaga 2 - Ritning K99.2)



Figur 10 Källarvägg (Bilaga 3 - Ritning K19.0101)

0-1m under markyta:	0,660 W/m ² K
1-2m under markyta:	0,368 W/m ² K
>2m under markyta:	0,227 W/m ² K

Yttertak

Taken på de två byggnaderna är byggda med en liten inåtgående lutning och är uteluftsventilerade. Takbrunnar för invändig avvattning finns i rännalarna i centrum på taken.

Föreningen har tidigare gjort en tilläggsisolering av vindsbjälklaget.

Vindsbjälklag

Som ovan nämnt är vindsbjälklagen tilläggsisolerade. Detta utfördes under 1990-talet.

Vindsbjälklagen är uppbyggda av 160mm betong och bjälklagen är isolerade med totalt 150mm mineralull/Rockwool.

Denna konstruktionsdel har ett beräknat U-värde på 0,226 W/m²K

Ytterväggar

Det finns tre huvudtyper av ytterväggar, två olika på respektive långsida samt en typ på byggnadernas kortsidor. På fasaden mot Värtan finns det även en fjärde typ av vägg. Denna finns på utfackningsdelarnas kortsidor.

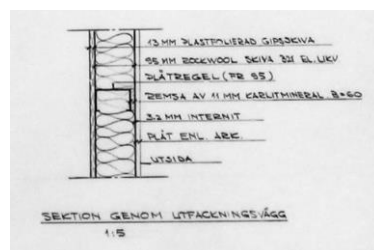
Byggnadernas kortsidor är den bärande konstruktionen och består av betong med tegelfasad.

Långsidan som vätter ut mot Värtan och vattnet är en utfackningsvägg bestående av stålregelstomme med en plåtfasad. Kortsidorna av utfacken har en väg bestående av betong. Den andra långsidan ut mot gatan är likväl den en utfackningsvägg, dock bestående av träregelstomme med en tegelfasad.

Långsida mot Värtan/Utfackningsvägg, se figur 11:

Plåtbeklädnad	
Internitskiva	3,2 mm
Plåtregelverk	95 mm
Mineralull	95 mm
Gipsskiva	13 mm

Beräknat U-värde på 0,496 W/m²K

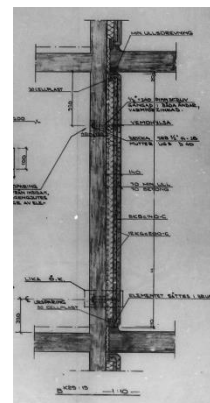


Figur 11. Yttervägg mot Värtan
(Bilaga 4 - Ritning IMG_7385)

Långsida mot Värtan/Kortsida på utfackningsdel, se figur 12:

Betong	70 mm
Isolering	70 mm
Betong	160 mm

Beräknat U-värde på 0,4445 W/m²K

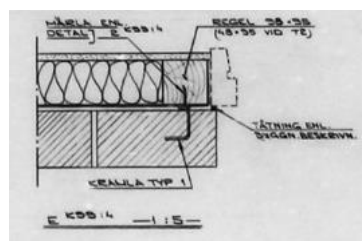


Figur 12. Väggs kortsida på utfack mot Värtan (Bilaga 5 - Ritning K29.19)

Långsida mot gatan/utfackningsvägg, se figur 13:

Tegel	120 mm
Tätning	
Träregelverk	58*58 mm
Mineralull	58 mm
Gipsskiva	13 mm

Beräknat U-värde på 0,6343 W/m²K

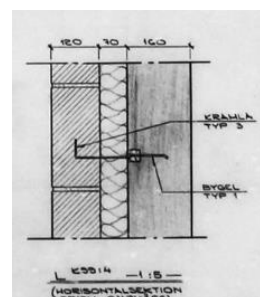


Figur 13. Yttervägg mot gatan (Bilaga 6 - Ritning IMG_7386)

Kortsidor/Gavlar/Bärande konstruktion, se figur 14:

Tegel	120 mm
Mineralull	70 mm
Betong	160 mm

Beräknat U-värde på 0,415 W/m²K



Figur 14. Yttervägg/Gavel (Bilaga 6 - Ritning IMG_7386)

Fönster

Byggnadernas fönster är en av husens svaga punkter. Fönstren är från tiden när husen byggdes 1973/74 och är av fönstertypen tvåglas.

Det finns flera olika varianter av fönster på de två byggnaderna. Det mest förekommande fönstret på byggnaderna har arean, $A_{\text{Fönster}} = 1,185\text{m} \times 1,185\text{m} = 1,404\text{m}^2$.

Det finns inga uppgifter om byggnadernas fönsters U-värden. Därför görs ett antagande. U-värdet på byggnadernas fönster antas vara 2,6 W/m²K.

Fönstren är belägna på byggnadernas 4 olika fasader. Vilket innebär att de är belägna i väderstrecken sydväst (mot Värtan), nordost (mot gatan), nordväst samt sydost (vilka är väderstrecken för byggnadernas två gavlar).

Renoveringsbehov:

Under 2017 kommer ett planerat fönsterbyte att ske. Detta omfattar köksfönstren i lägenheterna, vilka är belägna på byggnadernas långsida, mot Värtan, mot sydväst.

BRF Ekbacken har anlitat Mockfjärds Fönsterentreprenad AB för det avsedda fönsterbytet. De nya fönstren är av typen 2+1-glas med insida av trä och aluminiumbeklädd utsida. Fönstren är isolerrutor, dvs energiglas.

Arean för ett köksfönster är, $A_{\text{Köksfönster}} = 1,230\text{m} \cdot 1,480\text{m} = 1,8204\text{m}^2$.

U-värdet för de nya fönstren avser hela konstruktionen och ligger på $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ytterdörrar

I byggnadernas klimatskal finns det en ytterdörr per trappuppgång belägna på byggnadernas långsidor mot gatan. Ytterdörrarna är entrédörrar.

Det finns dessutom två ytterdörrar per byggnad belägna på fastigheternas långsidor mot Värtan.

Entrédörrarna renoverades år 2015. Ytterdörrarna belägna på långsidan mot Värtan är original och är således från tiden då byggnaderna byggdes år 1973/74. Dessa är i gott skick.

Respektive entrédörr har en area på, $A_{\text{Entrédörr}} = 1,67\text{m} \cdot 2,20\text{m} = 3,674\text{m}^2$.

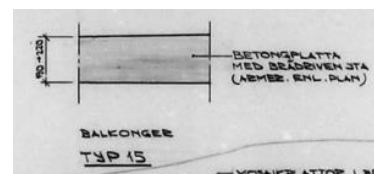
Varje ytterdörr på långsidan mot Värtan har en area på, $A_{\text{Dörr/Värtan}} = 1,30\text{m} \cdot 2,10\text{m} = 2,73\text{m}^2$.

Det finns inga uppgifter om byggnadernas ytterdörrars U-värden. Därför görs antagandet att U-värdet på byggnadernas ytterdörrar är $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Balkonger

Balkongerna är belägna på byggnadernas långsida mot Värtan. Vissa av balkongerna är inglasade medan andra inte är det. Balkongerna uppfördes när husen byggdes år 1973/74. De är icke renoverade men anses vara i gott skick.

Balkongplattorna har ett varierande mått på 190-220mm betong, se figur 15.



Figur 15. Balkongplatta (Bilaga 2 - Ritning K99.2)

Balkongdörrar:

Balkongdörrarna är från tiden när husen byggdes år 1973/74.

Respektive balkongdörr har en area på, $A_{\text{Balkongdörr}} = 0,90\text{m} \cdot 2,10\text{m} = 1,89\text{m}^2$.

Det finns inga uppgifter om balkongdörrarnas U-värden. Därför görs antagandet att U-värdet på balkongdörrarna är $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mellanbjälklag

Denna konstruktionsdel berör inte klimatskalet. Vid beräkningarna antas att inget energiutbyte sker mellan respektive våningsplan då samma temperatur råder i lägenheterna. Dock finns det köldbryggor i anslutningsdetaljer mot ytterväggarna.

Mellanbjälklagen är uppbyggda av en 160mm betongplatta med ovanpåliggande golvbeläggning.

3.3.1.2 Installationsteknik i Bostadsrättsföreningen Ekbacken

I följande avsnitt beskrivs byggnadernas befintliga tekniska installationer.

Värmesystem

De två byggnaderna i BRF Ekbacken använder sig av fjärrvärme både för uppvärmning av värmesystemet och till uppvärmning av varmvattnet. Fjärrvärmen kommer från Fortum i Värtan. Det varma fjärrvattnet från Fortum leds till föreningens fjärrvärmecentraler.

Det finns totalt två undercentraler i föreningen, en undercentral i respektive byggnads suterrängplan. Dessa är belägna vid Larsbergsvägen 41 och 51. Undercentralerna installerades år 1996.

I vardera undercentral finns totalt tre stycken värmeväxlare. En värmeväxlare är avsedd för uppvärmning av plan 0 och uppåt i huset. Den andra värmeväxlaren för uppvärmning av garage, suterrängplan och fritidslokal (för hus B). Den tredje värmeväxlaren är för uppvärmning av varmvatten i hela byggnaden.

Värmedistributionen i byggnaderna är ett vattenburet system. I systemet ingår vattenburna rumsvärmare i form av radiatorer placerade i varje lägenhet. Alla radiatorer reglerar värmen med hjälp av termostatventiler vilka är placerade på radiatorernas undersida, dvs vid golvnivå. Termostatventilerna installerades år 2014.

BRF Ekbacken har ingått i ett pilotprojekt, vilket kallas smarta nät, bedrivna av Fortum. Vilket innebär att Fortum med hjälp av vissa indata ska kunna styra temperaturregleringen i lägenheterna (se mer information nedan).

Stammarna är original och i mycket gott skick. De rengörs var femte år.

Varmvatten- och värmeförbrukningen mäts kollektivt.

Smarta nät

Fortum har presenterat ett erbjudande för BRF Ekbacken. Detta erbjudande innebär att Fortum installerar en förfinad regleringsautomatik som ska sänka föreningens energikostnader, genom en bättre temperaturreglering. Detta erbjudande har föreningen tackat ja till.

Detta är ett pilotprojekt och är fortfarande under utveckling. Därmed finns ingen information på Fortums hemsida gällande projektet. Fortum har erbjudit ett antal fastighetsägare att delta. Där BRF Ekbacken är inkluderat.

I och med deltagandet i pilotprojektet har Fortum installerat en del ny utrustning i BRF Ekbacken. Utrustningen är dels installerad i de två undercentralerna och dels som temperaturgivare i några av föreningens lägenheter. Temperaturgivarna i lägenheterna levererar ett mått på genomsnittstemperaturen i de två byggnaderna. Därutöver finns det utomhusgivare, som mäter utomhustemperaturen.

Denna samlade data från fastigheterna överförs till Fortum som kombinerar dessa indata med meteorologiska uppgifter, som bland annat vindhastighet och väderprognoser. Sammantaget ska detta ge en bättre styrning av temperaturen i de två fastigheterna i BRF Ekbacken.

Dock kommer detta att kombineras med en typ av effektvakt. Vilket innebär att värmeförbrukningen kortvarigt kan strypas, då det totala effektbehovet överstiger ett visst gränsvärde. För att få en jämnare nivå, utan pucklar. Detta innebär att det kortvarigt blir mindre värmeförbrukning till byggnaderna, till exempel riktigt kalla dagar eller de morgnar då många duschar samtidigt och det

förbrukas mycket varmvatten. Då är tanken att trögheten i huset utnyttjas, dvs, husets förmåga att lagra värme.

Kostnader för installationerna står Fortum för vilket således innebär att föreningen inte har några investeringskostnader.

Fortum har anlitat företaget Noda som sköter allt det praktiska på Fortums uppdrag (Intervju, Fortum och Reistad, 2017-02-24).

Vatteninstallationer

Som nämnts innan sker uppvärmning av varmvatten med hjälp av fjärrvärmeenergi.

I föreningen finns tappvattenställen i respektive lägenhets kök, duschrum och badrum. Dessutom sker tappning av varmvatten i föreningens två gemensamma tvättstugor.

I föreningens två byggnader finns det två stammar i vardera trapphus. Ena stammen är avsedd för våtutrymmet kök och duschrum och den andra stammen är avsedd för våtutrymmet badrum.

Varmvattencirkulation/blandningsventil används i byggnaderna för att varmvatten alltid ska kunna tappas och för att undvika risken för legionellabakterier.

Ventilationssystem

De två byggnaderna i föreningen ventileras med hjälp av ett mekaniskt frånluftssystem. I lägenheterna råder det således ett undertryck.

Det är två stycken fläktsystem för respektive trapphus (totalt 6+7 trapphus). Detta innebär att ventilationsluften transporteras ut genom totalt 26 frånluftsfläktar placerade på taken.

Fläktarna är av typen radialfläktar. De har en årstidsanpassad ventilation och är tryckstyrda.

Frånluftsdonen är placerade i lägenheternas kök, duschrum och badrum. Kök och duschrum ingår i ett fläktsystem och badrummets frånluft ingår i ett andra fläktsystem. Frånluftsfläktarna ger konstanta flöden i badrum på 16,6 l/s, i köket på 8,3 l/s och i duschrum 8,3 l/s. Med hjälp av köksfläkten, kan forcering av frånluften ske, och därmed kan ett flöde på 55,6 l/s i köket erhållas.

Tilluften in i lägenheterna kommer in via dörröppningar och otätheter. Samt genom öppnande av vädringsfönster. Vädringsfönster ska finnas i alla lägenheter.

Frånluftsfläktarna installerades i byggnaderna år 1997/98. Den senaste OVK-besiktningen utfördes år 2015 och blev godkänd. Dock kommenterade besiktningsmannen att det var dåligt med friskluftsventiler i de små lägenheterna samt att fettfilter i kökskåporna är överlag igensatta. Besiktningensintervall för denna typ av fastighet är var 6:e år. Vilket innebär att nästa besiktning är år 2021.

Belysning

I byggnadernas trapphus är entréplanet alltid tänt. Från plan 1 och uppåt sker automatisk tändning av belysningen vid rörelser.

3.3.1.3 Driftstatistik/Uppmätt energianvändning

I BRF Ekbacken finns två undercentraler, en i respektive fastighet som föreningen utgörs av. Detta betyder att energistatistiken är statistik för respektive hus.

I tabellerna nedan redovisas uppgifter för:

- A-huset: Larsbergsvägen 47-59
- B-huset: Larsbergsvägen 33-45

Den uppmätta energianvändningen hämtas från energibolaget Fortum som levererar fjärrvärme till föreningen. Uppgifter hämtas dessutom från senast utförda energideklaration och från Noda:s tjänst 'mina sidor'. Elstatistik hämtas från uppgifter av elbolaget E-on som levererar elen till föreningen.

Genom fastigheternas driftstatistik kan jag analysera om eventuella energieffektiviserande åtgärder behöver göras. Statistiken omfattar åren 2015 och 2016.

De mest energikrävande delarna i föreningen som tillförs i form av köpt energi är energi till uppvärmning, varmvattenförbrukningen och fastighetsförbrukningen.

Fjärrvärmeenergi

Fjärrvärme levereras till fastigheterna till både uppvärmning av värmesystemet och till uppvärmning av varmvatten. Därför inkluderar statistiken från Fortum både dessa användningsområden.

I följande tabell finns avläst och sammanställd statistik från Fortum och avser inkommande fjärrvärmeenergi till A och B-huset i föreningen.

	A _{temp} (m ²)*	Icke korrigerade värden		Normalårskorrigerade värden	
		MWh	kWh/m ²	MWh	kWh/m ²
2016 A-huset	10 615	1313,8	123,8	1289,9	121,5
2015 A-huset	10 615	1278,3	120,4	1388,5	130,8

	A _{temp} (m ²)*	Icke korrigerade värden		Normalårskorrigerade värden	
		MWh	kWh/m ²	MWh	kWh/m ²
2016 B-huset	8797	1177,0	133,8	1158,9	131,7
2015 B-huset	8797	1152,9	131,1	1246,9	141,7

*Enligt energideklaration

Energi för uppvärmning av varmvatten

Det går inte att avläsa driftstatistik för den totala varmvattenförbrukningen från fjärrvärmeenergin. Därför har en uppskattning gjorts genom avläsning av senast utförda energideklaration. Denna visar att 22 procent av den totala fjärrvärmeenergin går till uppvärmning av varmvatten.

Uppvärmningsenergi till värmesystemet

Ett uppskattat värde har ansatts för den energi som används till uppvärmning av varmvatten. Detta innebär att energin som går till uppvärmning av värmesystemet är den totala fjärrvärmeenergin subtraherat med energin till uppvärmning av varmvatten.

Uppvärmningsenergin till värmesystemet är med andra ord $(1-0,22)$ *totala fjärrvärmeenergin. Detta beräknas och redovisas enligt tabellen nedan, för respektive hus.

	$A_{temp}(m^2)^*$	Total fjärrvärmeenergi Normalårskorrigerad		Uppvärmningsenergi Normalårskorrigerad	
		MWh	kWh/m ²	MWh	kWh/m ²
2016 A-huset	10 615	1289,9	121,5	1006,1	94,8
2015 A-huset	10 615	1388,5	130,8	1083,0	102,0

	$A_{temp}(m^2)^*$	Total fjärrvärmeenergi Normalårskorrigerad		Uppvärmningsenergi Normalårskorrigerad	
		MWh	kWh/m ²	MWh	kWh/m ²
2016 B-huset	8797	1158,9	131,7	903,9	102,8
2015 B-huset	8797	1246,9	141,7	972,6	110,6

*Enligt energideklaration

Elförbrukning

Elförbrukningen för respektive lägenhet är individuell.

Driftstatistik för föreningens egna elförbrukning, dvs fastighetselen, kan hämtas från föreningens elleverantör, E-on. Föreningen har tre elavtal hos E-on. Dessa innefattas av ett första elavtal för A-huset med tillhörande garage, ett andra elavtal för B-huset med tillhörande garage och ett tredje elavtal som innefattar den ena garageuppfarten, för att vintertid kunna ha en snö- och isfri garageuppfart.

I fastighetselen ingår allmän belysning i byggnaderna och till garagen, el till hissar samt el till annan installationsteknik i byggnaderna.

I följande tabell redovisas statistik för föreningens fastighetsel för respektive A- och B-hus.

	$A_{temp}(m^2)^*$	Fastighetsel	
		kWh	kWh/m ²
2016 A-huset	10 615	105 585	9,95
2015 A-huset	10 615	106 868	10,1

	$A_{temp}(m^2)^*$	Fastighetsel	
		kWh	kWh/m ²
2016 B-huset	8797	113 812	12,9
2015 B-huset	8797	114 862	13,1

*Enligt energideklaration

Luftflöden i ventilationssystemet

Som beskrivits tidigare används ett frånluftsfläktssystem i byggnaderna. Enligt senast utförda OVK kan frånluftsflödena avläsas.

För en lägenhet gäller:

Frånluftsfläktarna ger konstanta flöden i badrum på 16,6 l/s, i köket på 8,3 l/s och i duschrum 8,3 l/s. Med hjälp av köksfläkten, kan forcering av frånluften ske, och därmed kan ett flöde på 55,6 l/s i köket fås. Det forcerade flödet i köksfläkten antas användas ca 1h/dygn (1/24). Vilket ger det totala luftflödet för en lägenhet:

$$\rightarrow 16,6+8,3+8,3+55,6*(1/24) \text{ l/s}=35,52 \text{ l/s} =0,03552 \text{ m}^3/\text{s}$$

Följande tabell är en sammanställning av samtliga lägenheters luftflöden per kvadratmeter för respektive byggnad och en jämförelse av BBR:s krav gällande uteluftsflöde.

Byggnad	Antal lägenheter och BOA (stycken och m ²)	Sammanlagda luftflöden (l/s)	Luftflöden per m ² (l/s och m ²)	BBR:s krav (l/s och m ²)
A-huset	100 och 10 615	$35,52 \cdot 100 lgh = 3552$	$3552 / 10\ 615 = 0,3346$	0,35
B-huset	86 och 8797	$35,52 \cdot 86 lgh = 3054,7$	$3054,7 / 8797 = 0,3472$	

3.4 Energitekniska beräkningar för byggnadens nuläge

Enligt energibalansen sker värmeförluster i byggnaden. De värmeförluster som kommer beräknas i följande avsnitt är transmissionsförluster genom byggnadens klimatskal, värmeförluster via köldbryggor samt de värmeförluster som sker via ventilation i byggnaden.

Avgränsningar:

Energiberäkningarna kommer att avgränsas till en utav byggnaderna i bostadsrättsföreningen Ekbacken. Den byggnad beräkningarna utförs på är hus A.

3.4.1 Transmissionsförluster

Studier av ritningar har givit mig respektive byggnadsdels uppbyggnad av olika materialskikt. Materialdata för respektive material har hämtats från tabeller.

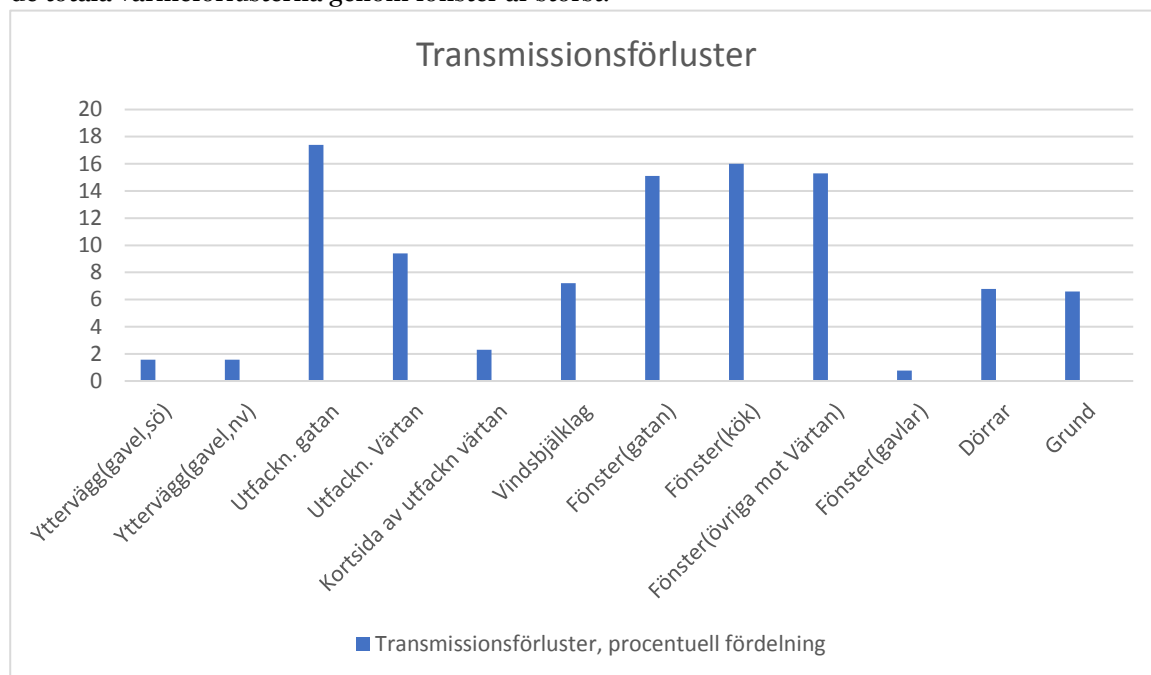
Med hjälp av λ -värdesmetoden (viktat värde) och U-värdesmetoden, kan ett U-värde för respektive byggnadsdel i klimatskalet i hus A beräknas. I vissa fall har ett U-värdet fått uppskattas, detta framgår då i beskrivningen av objektets klimatskal.

Genom mätning och granskning av befintliga ritningar av konstruktionen har respektive byggnadsdels area kunnat tas fram.

Data för respektive byggnadsdel i A-huset finns sammanställt i tabellen nedan.

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² K)	Area (m ²)	Transmissions- förluster, U*A (W/K)	Andel av ΣUA _{total} (%)
Ytterväggar				
-gavel/kortsida(sö.)	0,415	(15,66*14,35)-8,424=216,3	89,8	1,58
-gavel/kortsida(nv.)	0,415	216,3	89,8	1,58
-utfackningsvägg mot gatan	0,6343	1561,9	990,7	17,4
-utfackningsvägg mot Värtan	0,496	1081,0	536,2	9,4
-kortsida av utfackningsvägg mot Värtan	0,4445	(1,36*(2,45+0,16))*14st*6våninga r = 298,2	132,7	2,3
Vindsbjälklag	0,226	1825,38	412,5	7,2
Fönster				
-mot gatan	2,6	331,34	861,5	15,1
-mot Värtan(kök)	2,6	349,5	908,7	16,0
-mot Värtan(övriga)	2,6	334,15	868,8	15,3
-gavel(sö)	2,6	8,424	21,9	0,38
-gavel(nv)	2,6	8,424	21,9	0,38
Dörrar				
-entrédörrar	1,8	25,718	46,3	0,81
-mot Värtan	1,8	5,46	9,8	0,17
-balkongdörrar	1,8	183,33	330,0	5,8
Grund		1825,38		
Väggar(sö+nv+värtan)	Xx	7+6,3+((115m*2,45m)+(12m ²)- 115,8)=191	Xx	0,39
<0m	0,6605	11,8+9,7+12=33,5	22,1	0,28
0-1m	0,3684	16,8+19,7+6=42,5	15,7	0,01
1-2m	0,2265	1,82+1,82+0=3,64	0,82	
>2m				
-golv				
0-6m	0,189	1554,6	293,8	5,16
>6m	0,159	270,72	43,0	0,75
-fönster+ dörrar mot värtan	2,6	1,82m ² *24 + 30*1,404 + 5,46 + 13*1,89=115,8		
			Σ(UA)_{total}=5696,0	

I figur 16 redovisas den procentuella fördelningen för transmissionsförlusterna. Där kan avläsas att de totala värmeförlusterna genom fönster är störst.



Figur 16. Transmissionsförluster, fördelning

För beräkning av hus A:s totala energiförluster via transmission, multipliceras $\Sigma(UA)_{total}$ med antal gradtimmar för orten Stockholm, där BRF Ekbacken är belägen. Detta ger:

$$W_{trans} = \Sigma(UA)_{total} * Q_{22} \text{ [Wh/år]}$$

$$\rightarrow 5696 * 114\,400 = 651,6224 \text{ MWh/år}$$

3.4.2 Köldbryggor

Först betraktas ritningar av huskonstruktionen för att avläsa möjliga köldbryggor.

Intressanta köldbryggor i hus A:

- anslutning yttervägg-vindsbjälklag
- anslutning yttervägg-mellanbjälklag
- anslutning yttervägg-fönster/dörrar
- anslutning yttervägg-balkonger
- anslutning väggar/hörn

Beräkning/bestämning av köldbryggor i hus A görs enligt metod enligt bilaga 1 - Köldbryggor -en lathund och görs för de anslutningar där värmeförlusterna är relevanta nog.

Avgränsningar: U-värden för fönster och dörrar i byggnadsobjektet är uppskattade värden, där köldbryggor är inkluderade. Därför sker ingen beräkning av köldbryggor för denna anslutning. Vilket kommer ge lägre värden på den totala värmeförlusten via köldbryggor. Eftersom anslutningen vägg/fönster är en relativt märkbar köldbrygga.

- **Anslutning yttervägg-vindsbjälklag**

-*Utfackningsvägg mot värtan, se figur 17:*

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,036 \text{ W/mK}$$

Enligt tabell 2 → grupp 3

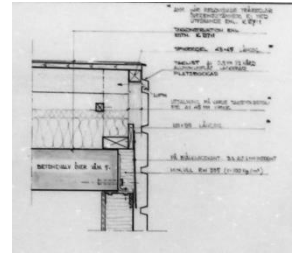
→ tabell 3. Rad 8 Anslutning tak/yttervägg → $\psi_{\text{kb}} = 0,10 + \psi_{\text{K}}$

Där $\psi_{\text{K}} = 0,6 * \lambda_{\text{isolering}} + 2 * \lambda_{\text{isolering}} * (d_{\text{isolering}} / b_{\text{isolering}})$

$$d_{\text{isolering}} = 0,080 \text{ m och } b_{\text{isolering}} = 0,095 \text{ m}$$

Vilket ger:

$$\psi_{\text{kb}} = 0,10 + (0,6 * 0,036 + 2 * 0,036 * (0,080 / 0,095)) = 0,18223 \text{ W/mK}$$



Figur 17. Anslutning vägg Värtan/vind (Bilaga 7 - Ritning K21.2)

-*Vägg mot gatan, se figur 18:*

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,036 \text{ W/mK}$$

Enligt tabell 2 → grupp 3

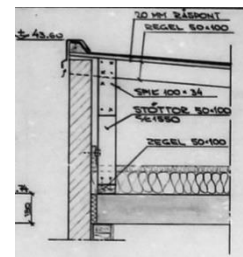
→ tabell 3. Rad 8 Anslutning tak/yttervägg → $\psi_{\text{kb}} = 0,10 + \psi_{\text{K}}$

Vilket ger:

$$\psi_{\text{kb}} = 0,10 + (0,6 * 0,036 + 2 * 0,036 * ((0,058 - 0,015) / 0,058)) = 0,17498 \text{ W/mK}$$

0,015 är isoleringens tjocklek mellan vindsbjälklag o tegel

0,058 är isoleringens tjocklek i väggen



Figur 18. Anslutning vägg gatan/vind (Bilaga 8 - Ritning K27.1)

- **Anslutning yttervägg-mellanbjälklag**

-*Långsida mot gatan:*

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,036 \text{ W/mK}$$

I anslutning mellan yttervägg och bjälklag antas värmeisoleringens tjocklek vara 58-15mm=43mm

Enligt tabell 2 → grupp 2

→ tabell 3. Rad 5 Anslutning bjälklag/yttervägg → $\psi_{\text{kb}} = 0,50 \text{ W/mK}$

-*Långsida mot Värtan:*

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,036 \text{ W/mK, } d_{\text{isolering}} = 0,095 \text{ m}$$

Enligt tabell 2 → grupp 3

→ tabell 3. Rad 5 Anslutning bjälklag/yttervägg → $\psi_{\text{kb}} = 0,10 + \psi_{\text{F}}$

Där $\psi_{\text{F}} = b * (\lambda_{\text{isolering}} / d_{\text{isolering}})$, b = golvbjälklagets tjocklek = 0,16m

Vilket ger:

$$\psi_{\text{kb}} = 0,10 + 0,16 * (0,036 / 0,095) = 0,1606 \text{ W/mK}$$

- **Anslutning yttervägg mot Värtan-balkonger, se figur 19**

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,036 \text{ W/mK}$$

$$d_{\text{isolering}} = 0,050 \text{ m}$$

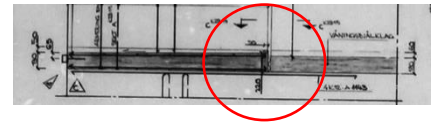
Enligt tabell 2 → köldbrygga av grupp 3

→ Enligt tabell 3. Den linjära transmittansen kan beräknas enligt rad 7. Anslutning yttervägg/balkongplatta, till

$$\rightarrow \Psi = 0,15 + \Psi_F$$

$$\text{där } \Psi_F = b * (\lambda_{\text{isolering}} / d_{\text{isolering}})$$

$$\rightarrow \Psi = 0,15 + 0,16 * (0,036 / 0,050) = 0,2652 \text{ W/mK}$$



Figur 19. Anslutning bjälklag/balkong (Bilaga 9 - Ritning K29.16)

Balkongplattan skjuter ut som en del av våningsbjälklaget. Denna solida betonganslutning tillhör grupp 1 enligt tabell 2, vilket ger ur tabell 3:

$$\Psi = 1,2 \text{ W/mK}$$

För att beräkna balkongens köldbryggeffekt beräknas ett medelvärde av de två värdena, dvs.

$$\Psi_{\text{kb}} = (0,2652 + 1,2) / 2 = 0,7326 \text{ W/mK}$$

- **Anslutning väggar/hörn**

-Hörn 1-gavel/kortsidan med fasad mot gatan, se figur 20:

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,036 \text{ W/mK}$$

$$d_{\text{isolering}} = 0,070 \text{ m}$$

Enligt tabell 2 → grupp 3

→ Enligt tabell 3. Rad 4 Ytterväggshörn →

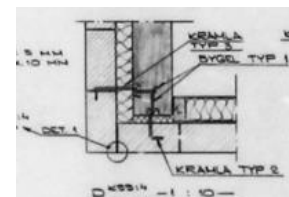
$$\rightarrow \Psi_{\text{kb}} = 0,05 + \Psi_K$$

$$\text{Där } \Psi_K = 0,6 * \lambda_{\text{isolering}} + 2 * \lambda_{\text{isolering}} * (d_{\text{betong}} / b_{\text{isolering}})$$

$$d_{\text{betong}} = 0,160 \text{ m och } b_{\text{isolering}} = 0,070 \text{ m}$$

Vilket ger:

$$\Psi_{\text{kb}} = 0,05 + (0,6 * 0,036 + 2 * 0,036 * (0,160 / 0,070)) = 0,18617 \text{ W/Mk}$$



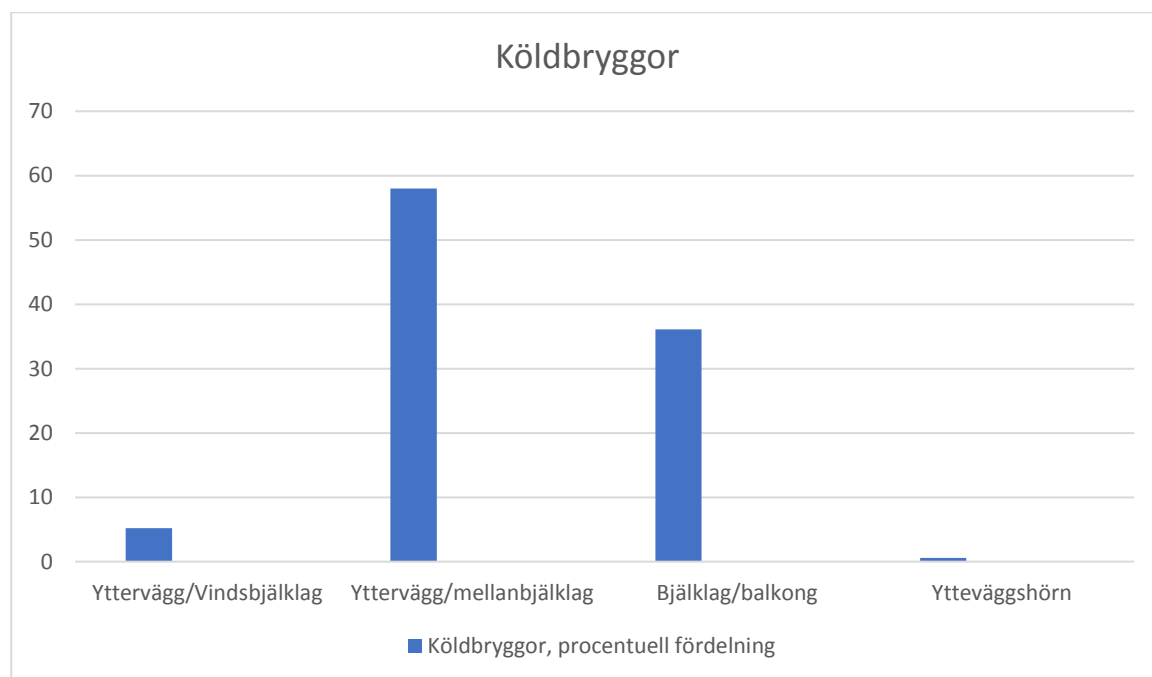
Figur 20. Anslutning hörn (Bilaga 6 - Ritning IMG_7386)

Sammanställning av köldbryggor i hus A:

Beräknade data samt uppmätta värden för respektive byggnadsdel, avseende köldbryggor, är sammanställt i tabellen nedan.

Byggnadsdel/Anslutning	ψ_{kb} (W/mK)	Längd (m)	Värmefflöde Φ_{kb} , ($\psi_{kb} \cdot L$) (W/K)	Andel av $\Sigma(\Phi_{kb})_{total}$ (%)
Yttervägg/vindsbjälklag				
-utfackningsvägg Värtan/vind	0,182	127	23,1	2,7
-utfackningsvägg gatan/vind	0,175	127	22,2	2,5
Yttervägg/mellanbjälklag				
-mot gatan	0,50	762	381	43,9
-mot Värtan(utfackningsvägg)	0,1606	762	122,4	14,1
Bjälklag/Balkong	0,7326	428,4	313,8	36,1
Ytterväggshörn				
-hörn 1	0,18617	2*16=32	5,96	0,6
			$\Sigma(\Phi_{kb})_{total}=868,5$	

I figur 21 redovisas den procentuella fördelningen för relevanta köldbryggor i hus A. Där kan avläsas att den största köldbryggan är anslutningen mellan ytterväggar och mellanbjälklag. Det kan även noteras att anslutning mellan balkong och bjälklag står för en stor värmeförlust.



Figur 21. Köldbryggor, fördelning

För beräkning av energiförluster via köldbryggor multipliceras $\Sigma(\Phi_{kb})_{total}=868,5$ med antal gradtimmar för orten Stockholm, där BRF Ekbacken är belägen. Detta ger:

$$W_{köldbryggor} = \Sigma(\Phi_{kb})_{total} \cdot Q_{22} [\text{Wh/år}] \rightarrow 868,5 \cdot 114400 = 99,4 \text{ MWh/år}$$

3.4.3 Ventilationsförluster

I byggnaden sker två olika typer av ventilationsförluster, dessa är:

-Kontrollerade ventilationsförluster, W_{vent}

-Okontrollerade ventilationsförluster, $W_{läckage}$

Kontrollerade ventilationsförluster, W_{vent} :

I den befintliga byggnaden används ett frånluftsfläktsystem. Den värmeenergi som försvinner från byggnaden genom ventilationen kan beskrivas enligt ekvation nedan:

$$W_{vent} = V * V_{frånluft} * \phi * C_p * Q_{22} \quad [\text{Wh/år}]$$

För en lägenhet i hus A gäller:

Frånluftsfläktarna ger konstanta flöden i badrum på 16,6 l/s, i köket på 8,3 l/s och i duschrum 8,3 l/s. Med hjälp av köksfläkten, kan forcering av frånluften ske, och därmed kan ett flöde på 55,6 l/s i köket fås. Det forcerade flödet i köksfläkten antas användas ca 1h/dygn (1/24).

Detta ger luftflödet för en lägenhet:

$$\rightarrow 16,6 + 8,3 + 8,3 + 55,6 * (1/24) \text{ l/s} = 35,52 \text{ l/s} = 0,03552 \text{ m}^3/\text{s}$$

I hus A är luftflödet per m^2 0,3346 l/s. Lägenheterna i hus A, omfattas av 100 lägenheter och har en total volym på $8825,5 \text{ m}^2 * 2,45 \text{ m} = 21\,622,48 \text{ m}^3$.

Ventilationsförlusterna ges av den värmemängd som åtgår för att värma upp ventilationsluften till inomhustemperaturen 22grader. Antal gradtimmar för orten Stockholm, där BRF Ekbacken är belägen, samt vid en inomhustemperatur på 22 grader, är, $Q_{22} = 114400$.

De kontrollerade ventilationsförlusterna beräknas till:

$$W_{vent} = 21622,48 * (0,3346/1000) * 1,2 * 1010 * 114400 = 1003,14 \text{ MWh/år}$$

Okontrollerade ventilationsförluster, $W_{läckage}$:

Den värmeenergi som försvinner ut från byggnaden via okontrollerade ventilationsförluster beskrivs enligt ekvationen nedan:

$$W_{läckage} = q_{läckage} * \phi * C_p * Q_{22} \quad [\text{Wh/år}]$$

Beräkning av läckageluftflöde, $q_{läckage}$:

$$q_{läckage} = (0,8 \text{ l/m}^2 * \text{fasadens area}) * 0,04 = \\ = (0,8 * (((2,45 * 127,204)^2 + (2,45 * 14,35)^2)^{0,5} * 7 \text{ våningsplan})) * 0,04 = 155,37 \text{ l/s} = 0,15537 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nu kan de okontrollerade ventilationsförlusterna bestämmas:

$$W_{läckage} = 0,15537 * 1,2 * 1,01 * 114400 = 21542 \text{ kWh/år}$$

Sammanställning av ventilationsförluster i hus A visas i tabellen nedan.

Ventilationsförluster för hus A	MWh/år
-kontrollerade	1003
-okontrollerade	21,5

Summering av värmeförluster:

De totala värmeförlusterna som sker genom transmission, köldbryggor, kontrollerad- och okontrollerad ventilation samt en procentuell andelsfördelning för respektive värmeförlust sammanställs i tabellen nedan.

	Energiförlust (MWh/år)	Andel (%)
Transmissionsförluster	651,6	36,7
Köldbryggor	99,4	5,6
Kontrollerade ventilationsförluster	1003,1	56,5
Okontrollerade ventilationsförluster	21,5	1,2
Totala förluster:	1775,6	

3.4.4 Passiv värme

Passiv värme som tillförs in i byggnaden i form av solinstrålning via fönster förekommer i byggnaden. Men samtidigt finns det en svårighet. Vilket innebär att det är svårt att verkligen dra nytta av solinstrålningen. Det blir lätt för mycket värme när solen strålar och särskilt genom de fönster som ligger i de väderstreck där solens strålar är som starkast. När detta inträffar vädrar man lägenheten eller avskärmar fönsterytan på olika sätt.

Under sommartid när det inte finns något uppvärmningsbehov så påverkar inte solinstrålningen byggnadens energianvändning.

Därmed kommer den passiva värmen i form av solinstrålning avgränsas i energiberäkningarna.

3.5 Boendeenkätundersökning

För att få kännedom om de boendes upplevelse av inomhusmiljön skickades en boendeenkät ut bestående av 14 frågor. De två sista frågorna är gällande garagen och dessa frågor bad styrelsen i föreningen mig att lägga till. Därav kommer de i min analys inte att diskuteras men sammanställningen av svarsresultat redovisas i rapporten och tilldelas även styrelsen.

De boende fick två veckor på sig att svara på enkäten. Enkätsvaren var anonyma. Därmed går det inte att urskilja vilken av byggnaderna svaren gäller. I analysen av svaren görs dock en helhetsbedömning.

Det var ett högt deltagande i undersökningen, vilket var glädjande. Av totalt 186 utlämnade enkäter lämnades 121 stycken in.

3.5.1 Resultat av boendeenkätundersökning

Vissa av deltagarna i undersökningen har inte svarat på alla frågor. Dels för att de är nyinflyttade och inte har fått en uppfattning om gällande fråga och dels för att en del av deltagarnas upplevelse inte kunnat fås på grund av att de exempelvis är bortresta en del av året. Andra faktorer kan då vägas in.

Längst ner på enkäten kunde de boende lämna kommentarer. Dessa redovisas senare i avsnittet analys av boendeenkätundersökningen. Nedan visas enkätens 14 frågor och under respektive fråga finns en sammanställning av de boendes svarsalternativ.

1) Hur upplever du temperaturen i din lägenhet **under sommartid**:

	Mycket kallt	Kallt	Lagom/Ok	Varmt	Mycket varmt
Resultat:	0	2	81	25	9

2) Hur upplever du temperaturen i din lägenhet **under vintertid**:

	Mycket kallt	Kallt	Lagom/Ok	Varmt	Mycket varmt
Resultat:	4	31	79	6	1

3) Upplever du att **inomhustemperaturen** i din lägenhet varierar med utomhustemperaturen:

	Ja, ofta	Ja, ibland	Nej, sällan/aldrig
Resultat:	17	63	39

4) Upplever du drag **vid fönster och balkongdörr**:

	Ja, ofta	Ja, ibland	Nej, sällan/aldrig
Resultat:	27	53	36

5) Hur upplever du **golven** i din lägenhet:

	Mycket kalla	Kalla	Lagom/Ok	Varma	Mycket varma
Resultat:	8	18	91	3	0

6) Upplever du drag/luftläckage **i övergången mellan golv och ytterväggar**:

	Ja, ofta	Ja, ibland	Nej, sällan/aldrig
Resultat:	13	18	87

7) Normalt är hela elementet jämnvarmt.

Är **elementen/radiatorerna** i din lägenhet jämnvarma **under vintertid**:

	Ja	Nej
Resultat:	83	26

Om inte

Är **elementen/radiatorerna** i din lägenhet varma på ovansidan **under vintertid**:

	Ja	Nej
Resultat:	21	4

8) Hur stora är dina möjligheter att **påverka värmen** i din lägenhet **under vintertid**:

	Stora	Små	Ingen möjlighet
Resultat:	21	65	27

9) Hur upplever du **luftkvalitén** i din lägenhet:

	Mycket bra	Bra	Okej	Dålig	Mycket dålig
Resultat:	8	51	56	4	0

10) Hur upplever du **ventilationen** i din lägenhets

Kök:

	Bra	Dålig
Resultat:	93	25

Badrum:

	Bra	Dålig
Resultat:	103	14

Övriga rum:

	Bra	Dålig
Resultat:	110	7

11) Är du informerad om hur du ska/borde **vädra i din lägenhet**:

	Ja	Nej
Resultat:	58	57

12) Tycker du energifrågor gällande er bostadsrättsförening borde prioriteras:

	Ja	Nej
Resultat:	90	22

13) Har du parkeringsplats nere i garaget:

	Ja	Nej
Resultat:	88	32

14) Om föreningen skulle erbjuda laddningsplats för elbil/laddhybrid i garaget, skulle du då nyttja detta inom överskådlig tid:

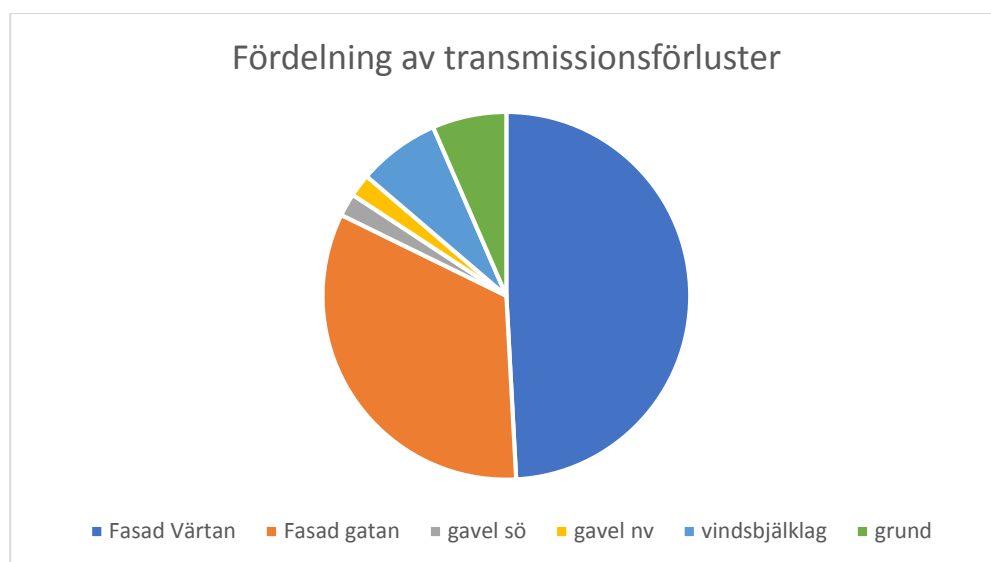
	Ja	Nej
Resultat:	28	80

4 Resultat och analys av fastighetsbeståndet

I följande avsnitt presenteras resultat och en analys för respektive studerat område i aktuellt fastighetsbestånd. Resultat och analys berör byggnadernas klimatskal, installationsteknik samt den genomförda boendeenkätundersökningen.

4.1 Klimatskal

Enligt beräkningar som gjorts med avseende på transmissionsförlusterna genom byggnadens klimatskal visar resultatet att av husets fyra fasader är fasaden mot Värtan husets svagaste punkt. 49 procent av byggnadens totala transmissionsförluster försvinner genom denna fasad, se figur 22, där värmeförluster genom vägg, fönster och dörrar är inräknade. Den stora andelen värmeförlust kan dels förklaras av att det endast finns en 95mm isolering i utfackningsväggen mot Värtan och att fasaden dels består av stora partier med fönster och balkonger. Fönstren är från tiden då husen byggdes vilket kan förklara deras dåliga isoleringsförmåga, jämfört med dagens moderna fönster.

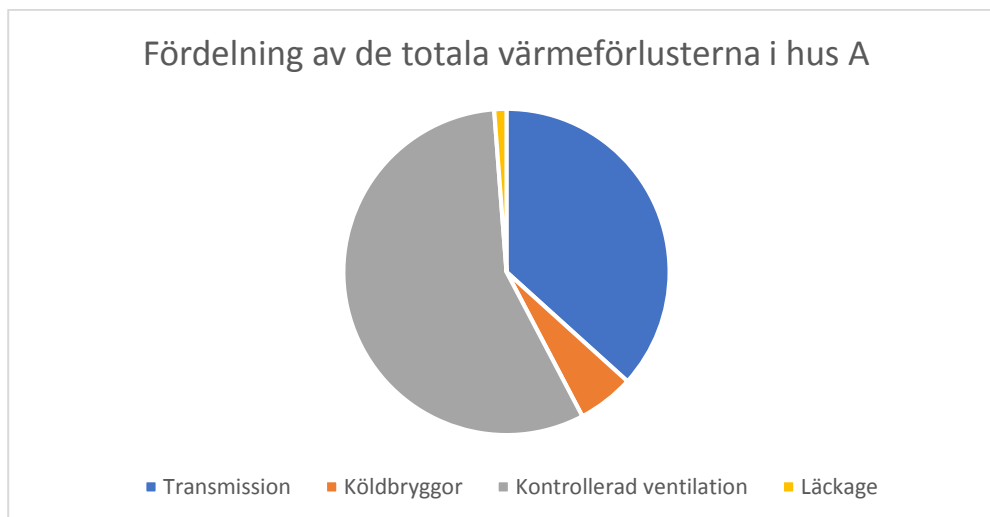


Figur 22. Transmissionsförluster

Sett till köldbryggor står fasaden mot Värtan också här för en stor värmeförlust eftersom byggnadens balkonger är belägna på denna sida. Enligt beräkningarna motsvaras 36 procent av köldbryggorna av anslutning mellan bjälklag och balkonger, se figur 21.

I bostadsrättsföreningen är vissa av balkongerna inglasade. Genom inglasning är det möjligt att ta tillvara på passiv värme. Det minskar även drag från balkongdörrar och fönster som är otäta. Dock som nämnts tidigare har den passiva värmen i form av solinstrålning avgränsats i energiberäkningarna.

Hus A har ett frånluftfläktsystem. Enligt beräkningar försvinner 56 procent av husets totala värmeförluster ut i frånluften och står därmed för byggnadens största värmeförlust. 37 procent av de totala värmeförlusterna utgörs av transmissionsförluster genom byggnadens klimatskal. Fördelning av de totala värmeförlusterna i hus A visas i figur 23.



Figur 23. Totala värmeförluster

Det regelsystem som styr energihushållningen i bostäder regleras under avsnitt 9 i BBR. Reglerna innehåller flera olika energikrav och är beroende av om det är uppförande av en ny byggnad eller ändringar av en redan befintlig byggnad.

Vid jämförelse med BBR:s energikrav (se tabell 1, avsnitt 2.1.1) och studerat objekt kan följande resultat påvisas.

Enligt beräkningar är energianvändningen för byggnadens aktiva uppvärmning (ej inkluderat passiv värme): $(1775,6 * 10^6) / A_{temp} = (1775,6 * 10^6) / 10615 = 167,3 \text{ kWh/m}^2$ och år

BBR:s energikrav på ett flerbostadshus specifika energianvändning är 80 kWh/m^2 och år.

Jämförelsen visar att hus A:s energianvändning är högt över BBR:s energikrav.

Ytterväggar:

Som nämnts i objektbeskrivningen finns tre huvudtyper av ytterväggar i byggnaden. Väggen ut mot gatan har det högsta U-värdet och har därmed sämst isoleringsförmåga. Vilket kan förklaras av att det endast finns en 58mm isolerskiva.

Enligt beräkningar står värmeförlusterna genom denna vägg ut mot gatan för 17,4 procent av de totala transmissionsförlusterna.

Väggkonstruktionen ut mot gatan i anslutning med mellanbjälklag står också för en stor andel av husets köldbryggor.

Tak:

Vindsbjälklaget är tilläggsisolerat och består totalt av 150mm isolering. Konstruktionsdelen har ett U-värde på $0,226 \text{ W/m}^2\text{K}$. Enligt beräkningar står vindsbjälklaget för 7,2 procent av husets totala transmissionsförluster.

Köldbryggor vid anslutningen mellan vindsbjälklag och ytterväggar står för 5 procent av de totala värmeförlusterna genom köldbryggor.

Grund:

Grunden av huset står procentuellt sett för ungefär lika stor andel av värmeförlust som vindsbjälklaget.

Fönster:

Husets fönster är från den tiden huset byggdes. Uppskattade U-värden har antagits efter den tidens sätt att bygga, vilket var av 2-glasfönster. Husets fönster står för 47 procent av de totala transmissionsförlusterna.

4.2 Installationsteknik

Fjärrvärme:

Fjärrvärme är ett bra alternativ ur en energisynvinkel. Fjärrvärmen levereras till föreningen från Fortums nya biokraftvärmeverk vid Värtan, i Stockholm. Denna anläggning är en av världens största av sitt slag. Biokraftvärmeverket tar vara på energin i spillrester från skogsindustrin och drivs helt av förnybar energi. Kraftvärme är mycket energieffektivt då det ur ett och samma bränsle, utvinns både el och värme (Fortum, 2016a).

Till hus A levererades år 2016 1289,9 MWh fjärrvärmeenergi och år 2015 1388,5 MWh. Fjärrvärmen i föreningens två hus används till både uppvärmning av värmesystem och till uppvärmning av varmvatten. Varmvattenförbrukningen antas vara 22 procent av den totalt levererade fjärrvärmen. Därav varierar användningen av fjärrvärmen efter förbrukning av varmvatten och av hur stort uppvärmningsbehov det finns i lägenheterna under årets varierande utomhustemperaturer.

Alternativ till fjärrvärme finns. Dock är det en fråga om investering-, installationskostnader och vilken pay off-tid uppvärmningssystemet har.

Regeringen uppmuntrar till användandet av solenergi. Ur en energisynvinkel är detta ett mycket bra alternativ då det är en förnybar energikälla. Bostadsföreningens två fastigheters tak är väl lämpade för solceller.

Annat alternativ till fjärrvärme är bergvärme. Fastigheternas placering gör att förutsättningarna för bergvärme är goda. Detta är en fråga för föreningen att diskutera vidare. Om lönsamheten för byte av energikälla är stor nog.

El:

Enligt driftstatistiken för fastighetsförbrukning kan ur tabellen utläsas att från år 2015 till 2016 har fastighetselen i hus A minskat med 1283 kWh. Vilket är positivt ur en energisynpunkt.

Bostadsrättsföreningen arbetar för att belysningen ska bytas ut från gamla lysrör i fastigheterna till LED lampor. Statistiken innefattar även garagen. I garagen finns totalt 52 lysrör som lyser dygnet runt. Efter byte av lysrör, från 58W till 20W, genererar det i relativt stora energibesparingar.

I fastighetselen ingår bland annat även elanvändningen till frånluftsfläktarna och till hissar.

Ventilation:

Enligt BBR är minimikravet för ventilation 0,35 l/s och m². I hus A är luftflödet 0,33 l/s och m² och uppfyller därmed nästan kravet.

Frånluften tas ut ur byggnaderna i duschrum, badrum och kök. I kök och badrum bör det vara ett frånluftsflöde på minst 10 l/s. I kök finns möjlighet till forcering av flödet och i våtutrymmet badrum ges konstanta flöden på 16,6 l/s.

I fastigheterna finns det dåligt med tilluftsdon. Det finns vädringsfönster. Det kan dock vara svårt att säkerställa tillförseln av friskluft om vädringsfönster är stängda. Att satsa på en god ventilation inne i lägenheterna ger en högre energianvändning.

Föreningens fastigheter har ett frånluftfläktsystem. I praktiken sugs varm inomhusluft ut ur byggnaderna utan att tillvarata värmen i inomhusluften. Enligt beräkningar av hus A visar resultatet att 56 procent av husets totala värmeförluster är från den kontrollerade ventilationen, frånluften.

Genom värmeåtervinning av frånluften kan energianvändningen minskas.

4.3 Boendeenkätundersökning

Enkäten utgörs av 12 frågor som i följande avsnitt kommer att analyseras. Frågorna handlar om de boendes upplevelser och berör områdena värme, drag och ventilation. Deltagarna i undersökningen fick även möjlighet att kommentera i slutet av enkäten.

Den 12:e frågan berörde huruvida energifrågor i bostadsrättsföreningen borde prioriteras. Svaresresultatet visade att ca 80 procent tycker att just energifrågor ska prioriteras i föreningen. Vilket tyder på att intresset och ett engagemang kring energifrågor finns.

Värme:

Gällande de frågor som berör upplevelser kring temperaturen i de boendes lägenheter visar sig resultatet att 69 procent av de svarande upplever att temperaturen är lagom/okej under sommarhalvåret. Ungefär 21 procent upplever att det är varmt och sju procent av de svarande upplever temperaturen i sin lägenhet som mycket varm under sommartid.

Under vinterhalvåret visar sig fördelningen gällande upplevelsen av temperaturen i sina lägenheter att 65 procent upplever den som lagom/ok. Så många som 25 procent upplever temperaturen som kall och ungefär tre procent upplever temperaturen som mycket kall.

Temperaturen i lägenheterna skall under hela året vara jämn.

BRF Ekbacken ingår i ett pilotprojekt bedrivna av Fortum som styr temperaturregleringen i lägenheterna. Temperaturen skall vara reglerad till cirka 22°C. Snittet för lägenheterna ligger på 22,3°C. Indata för energiberäkningar enligt Sveby säger 21°C. Därmed är 22°C ganska okej.

Den relativt höga andelen 21 procent som upplever temperaturen som varm under sommartid kan bero på att deras lägenhet är placerad så att den har mycket hög solinstrålning via fönsterytor. Detta i sin tur ger ett tillskott av värmeenergi, så kallad gratisenergi.

24 procent av de svarande upplevde att radiatorerna inte var jämnvarma under vinterhalvåret. Detta kan förklara att så många som 25 procent upplever inomhustemperaturen som kall och även för kall under vinterhalvåret. De som har denna upplevelse kanske inte har luftat sina radiatorer eller har möblerat rummet så att möbler avskärmar radiatorerna. Detta är oftast orsaken till att en radiator inte är jämnvarm.

Det visade sig att 53 procent av de svarande upplever att inomhustemperaturen ibland varierar med utomhustemperaturen. Detta visar att uppvärmningssystemets stabilitet borde ifrågasättas. Om rumstemperaturen skiljer sig mycket mellan lägenheterna kan en injustering av värmesystemet vara aktuell. Det kan även bero på Fortums pilotprojekt. Vissa kortvariga perioder, då det exempelvis är kallare ute, är värmeförseln mindre och tanken är att husets tröghet skall utnyttjas. Detta kan göra att inomhustemperaturen ibland varierar med utomhustemperaturen.

Drag:

I enkätundersökningen berör tre frågor området drag. Att drag förekommer i en fastighet beror oftast på köldbryggor. För att få en fingervisning om var köldbryggor kan förekomma i de två byggnaderna fanns det med via frågor i enkäten.

Gällande frågan kring upplevelser om drag vid fönster och balkongdörrar upplever 23 procent av de svarande att de ofta känner av drag. 46 procent upplever ibland drag vid fönster och balkongdörrar och 31 procent av de svarande upplever sällan eller aldrig drag. Detta pekar på att köldbryggor och att bristfälliga tätningslister finns vid fönster och balkongdörrar. Men även att de befintliga 2-glasfönstren och balkongdörrarna borde ses över. Detta finns även med i föreningens planerade åtgärdsplan.

75 procent av de svarande upplever att temperaturen på lägenheternas golv är lagom/okej. 73 procent upplever sällan eller aldrig drag i övergången mellan golv och ytterväggar. Detta motsvarar majoriteten av de svarande. Detta pekar mot att köldbryggor i anslutningarna ytterväggar/mellanbjälklag i de två byggnaderna inte verkar vara särskilt stora och besvärande. Att 21 procent av de svarande upplever kalla golv beror nog på att ingen uppvärmning av tilluften finns samt en viss individuell känslighet hos de boende.

Ventilation:

Hela 96 procent av de svarande i enkäten upplever att de är nöjda med luftkvaliteten i lägenheterna. Vilket är ett tecken på en god inomhusmiljö.

Gällande ventilationen i kök upplever 79 procent att den är bra. Det har dock kommenterats ett flertal gånger att det borde ha funnits ett till svarsalternativ mellan bra respektive dålig ventilation. Kanske är den höga procentandelen, 79 procent bra, missvisande.

Att 21 procent upplever ventilationen som dålig i kök kan eventuellt förklaras av det som påpekas vid senaste utförda OVK. I denna kommenterade besiktningsmannen att överlag är fettfilter i köksfläktarna igensatta.

Beträffande ventilation i badrum upplever majoriteten av de svarande, 88 procent, att den är bra. Likaså ventilation i övriga rum, 94 procent upplever den som bra.

För att göra boendekomforten så god som möjligt för boende kan det vara en god idé att informera de boende om vikten av fungerande ventilation och att den måste rengöras med jämna mellanrum. Resultatet visade att nästintill hälften av de svarande inte blivit informerade om hur de ska/borde vädra i sina lägenheter. Detta påverkar frånluftfläktssystemets funktion om vädring i lägenheter utförs på felaktigt vis.

BRF Ekbackens boendes egna kommentarer:

Jag upplever att de boende uppskattade boendekätundersökningen. Många är glada att en undersökning äntligen blivit av och vissa har kommenterat att de är mycket irriterade över att den inte utförts tidigare. Detta pekar på att de boende är måna om sin boendemiljö och tycker att vissa saker bör åtgärdas. Andra tycker att allt är okej med sin lägenhet.

Många kommentarer har skrivits och nedan följer en sammanfattning av dessa.

Det har kommenterats mycket om att köksfönstren är otäta och kallras förekommer vid den fasaden. Vissa kommenterar att element har vart tvunget att användas för att uppnå en behaglig temperatur i sin lägenhet.

Som nämnt ovan har föreningen en åtgärdsplan för detta problem inom snar framtid. Vilket jag tror genom att ha läst allas kommentarer kommer vara mycket uppskattat hos de boende.

Kommentar om att det är en hög solinstrålning i köksfönster, under sommartid. Det finns en önskan om att sätta upp markiser. Vilket den kommenterande fått nej av styrelsen på. Detta med motivet att det är för kläna fönsterramar. Den kommenterande tycker detta bör åtgärdas.

En boende har kommenterat att en höjd temperatur inomhus behövs för ökad komfort, då medelåldern hos de boende är hög. Detta innebär att många är stillasittande. Vilket i sin tur kräver en högre inomhustemperatur.

Gällande kommentarer angående ventilationen har det påpekats att det är ett mycket högt fläktljud, främst i badrum och toalett. Många är eniga om att detta problem bör åtgärdas för att få en trivsamt boendemiljö.

Det har kommenterats att det är dåligt med tilluftsventiler. Vilket även besiktningsmannen vid senast utförda OVK kommenterade. Många skriver att de alltid får ha vädringsfönster öppna för att tillgodose friskluftsintaget. Likaså att det upplevs vara svårt att få genomdrag i lägenheterna så att till exempel hall även vädras.

Några har kommenterat att mycket damm kommer in utifrån. De märker av dammpartiklar på glasbord endast några timmar efter avtorkning. I konversation med fastighetsskötaren i föreningen, bör de som upplever problem med dammpartiklar från brevinkast kontakta honom.

En boende har skrivit följande kommentar:

”Kallras är av två slag: 1) orsakas av luftrörelse som upplevs som drag. 2) nerkylning av golvyta, kall om fötterna så känns det fruset.

Husets placering: 80-90% västlig vind gör att det blåser kall luft:

1) Köksmodul är isolerad enligt byggplan från 70-talet.

2) Kallras genom suterrängdörrarna är tilluft genom brevinkast

Ps. varmare luft i trapphus ger varmare luft i bostaden.”

Vilket enligt min mening är en god analys av befintlig situation.

Tills sist har några givit förslag på åtgärder genom byte till LED-lampor i källarförråden samt att föreningen bör arbeta vidare med förslaget om bergvärme och andra energikällor.

Jag avslutar detta avsnitt med en intressant reflektion hos en av de som kommenterat:

”Sedan de nya entrédörrarna med knappstyrd öppning installerats har det blivit mycket kallare inomhus vintertid. Varje passage genererar i cirka 18 sekunder öppning, vilket upplevs som mycket lång tid. Öppningen borde förslagsvis reduceras till 3 sekunder. En för lång öppningstid leder även till ökad risk för otillåten inpassage av obehöriga.”

4.4 Underlag för beslut

I följande avsnitt sker en diskussion om resultatet och vilka åtgärder som är relevanta utifrån detta.

Studerat objekt, BRF Ekbacken, är byggt under miljonprogrammet och föreningens två byggnaders konstruktioner är tidstypiska för denna period och är byggda enligt den tidens tänk. Det är en relativt sparsam isolering i byggnadernas klimatskal. Vilket leder till att husens totala energianvändning därmed är högre än dagens nybyggnadskrav enligt BBR. Husens ventilation är av typen frånluftfläktsystem där ingen värmeåtervinning sker.

Dessa parametrar tillsammans med byggnadernas stora partier av tvåglasfönster gör att byggnadernas värmeförluster genom transmission och ventilation är relativt stora.

För att minska de relativt höga värmeförlusterna från byggnaderna och på så sätt minska husens energianvändning kan vissa energieffektiviserande åtgärder undersökas. Det är även viktigt att ha de boendes upplevelse om byggnaderna i beaktande.

Utefter beräkningar och enkätsvar är det fasaden mot Värtan som står för de sammantaget största värmeförlusterna av de fyra fasaderna. Därmed skulle energieffektiviserande åtgärder av denna fasad rekommenderas. Väggen är dåligt isolerad och når inte upp till de energikrav gällande U-värde som gäller för nybyggnation idag. På samma fasad är byggnadernas balkonger belägna vilket genererar i köldbryggor. Fasaden utgörs även av stora partier tvåglasfönster. Fasadbeklädnaden mot Värtan är plåt till skillnad mot byggnadernas tre andra fasader vilka är klädda med tegel.

Lämplig åtgärd skulle vara byte av fönster, från tvåglas till bättre isolerande fönster. Samtidigt skulle en tilläggsisolering av väggen rekommenderas. Det skulle vara lämpligt att tilläggsisolera fasaden utvändigt för att inte minska boyta för de boende. Vid en renovering skulle nuvarande plåtbeklädnad av fasaden kunna bytas ut där flera olika alternativ finns.

Ovanstående åtgärder skulle generera i att transmissionsförlusterna för fasaden mot Värtan skulle minska och därmed även hela husens energianvändning. Dessa åtgärder skulle med största sannolikhet göra att de boendes upplevelse av värmen inomhus skulle bli till det bättre. Byte av köksfönster finns med i föreningens åtgärdsplan och pågår under år 2017.

En boende kommenterade i enkätundersökningen efterfrågan om markiser vid fönster för att kunna avskärma den passiva värmen i form av solinstrålning. Lämpliga alternativ till detta borde föreningen diskutera och se över.

Ventilationsförlusterna står för mer än hälften av de totala värmeförlusterna i huset. Frånluftfläktssystemet blåser ut varm inomhusluft. Värmen i denna luft kan återvinnas. Det finns två olika åtgärder för detta. Antingen installerande av ett FX-system eller av ett FTX-system. Föreningen har sedan tidigare konstaterat att FTX-system inte skulle vara lönsamt i nuläget då detta system är kostsamt att investera. Därmed återstår FX-system.

En enkel åtgärd för att effektivisera ventilationen är att informera de boende att de ska rengöra sina köksfläktfilter och hur de bör vädra sina lägenheter. Boendeenkätundersökningen visade att hälften av de boende inte informerats om hur det lämpligast bör vädra sina lägenheter.

5 Energieffektiviseringsåtgärder

Vid energieffektivisering av en byggnad är det viktigt att åtgärderna utförs i rätt ordning då åtgärderna påverkar varandra. Detta rekommenderas för att säkerställa en minskad energianvändning. I följande turordning bör byggnaden ses över: 1) Klimatskal, 2) Ventilationssystem, 3) Värmesystem, 4) Styr-, regler och övervakning 5) Fastighetsel

I följande avsnitt undersöks förslag på energieffektiviseringsåtgärder.

5.1 Följande åtgärder har undersökts

I följande avsnitt presenteras tre åtgärdsförslag innefattande effektivisering av klimatskal, ventilationssystem och värmesystem. Dessa åtgärder kommer därefter att undersökas.

5.1.1 Klimatskal

Den första åtgärden är att se över klimatskalet. Ett bra isolerat klimatskal gör att uppvärmningsbehovet för byggnaden minskar. I rapporten undersöks byte av fönster och tilläggsisolering av yttervägg.

5.1.1.1 Fönster

Fönstren i byggnaden har sämre värmeisoleringsförmåga än väggarna, vilket även energiberäkningarna i avsnitt 3.5 visar.

Renovering och byte av köksfönster ingår i föreningens åtgärdsplan. Därav kommer energibesparingarna för denna åtgärd att undersökas.

Det kan vara intressant att se hur snabbt investeringen betalar sig själv, det vill säga kostnad gentemot nytta.

Befintliga köksfönster har ett antaget U-värde på 2,6 W/m²K och de nya fönstren har ett U-värde på 1,1 W/m²K.

5.1.1.2 Tilläggsisolering

För att minska på värmeförlusterna genom utfackningsväggen mot Värtan, dvs minska dess U-värde, bör väggens isolertjocklek ökas. Befintlig vägg har ett U-värde på 0,496 W/m²K.

Men detta i beaktande bör en tilläggsisolering av fasaden övervägas. Av tekniska skäl och med hänsyn till de boende, genom att inte minska lägenheternas boyta, bör tilläggsisoleringen göras utvändigt. Vid en utvändigt tilläggsisolering sker stora ingrepp på fasaden och därmed kan byte av utseende av fasadens yttre diskuteras.

Isover rekommenderar en total isolertjocklek efter tilläggsisolering på 200-300mm per yttervägg (Isover, 2017a). Vilket innebär att utfackningsväggen mot Värtan skulle behöva tilläggsisoleras med 105-205mm eftersom redan befintlig isolering är 95mm.

5.1.2 Ventilationssystem

Andra åtgärden berör ventilationssystemet då frånluften inte har någon värmeåtervinning. Nedan undersöks ett åtgärdsförslag.

FX-system, mekanisk frånluftsventilation med värmeåtervinning. Med hjälp av en värmeväxlare eller en frånluftsvärmepump kan värmeenergin i ventilationens frånluft återvinnas.

En lösning med ett FX-system skulle vara att ha en värmepump i suterrängplan och dra rör med köldmedium genom huset och upp på taket där ventilationssystemets frånluftsfläktar är placerade. Att installera värmepumpen på taket kan nog ge bullerproblem. Vilket ur en boendekomfort hänsyn inte är att rekommendera.

På så sätt skulle värmen från frånluften återvinnas och byggnaderna skulle spara energi. Frånluftsvärmepumpen återvinner värmeenergin i frånluften och går till uppvärmning av vatten och som förs ut till det vattenburna värmesystemet i byggnaderna samt till uppvärmning av tappvarmvatten. I och med installation av FX-system skulle den köpta fjärrvärmeenergin minskas. En frånluftsvärmepump kan i regel återvinna 50-60 procent av värmeenergin i frånluften för produktion av varmvatten.

5.1.3 Värmesystem

Den tredje åtgärden att undersöka är värmesystemet. Först bör befintligt värmesystem ses över och om möjligt effektiviseras. Därefter kan andra alternativ till den befintliga värmeproduktionen, fjärrvärme, undersökas.

För studerat objekt kan som tidigare nämnts alternativ till fjärrvärme vara solenergi eller bergvärme.

6 Energiberäkningar av möjliga åtgärder

I följande avsnitt presenteras energiberäkningar och den ekonomiska lönsamhet respektive energieffektiviseringsåtgärd ger. De åtgärder som undersöks i detta avsnitt är byte av köksfönster, tilläggsisolering av yttervägg samt byte till ett FX-ventilationssystem.

6.1 Fönsterbyte

Tabellen nedan visar en sammanställning av transmissionsförlusterna innan respektive efter fönsteråtgärd. Som tabellen visar stod värmeförlusterna genom köksfönster innan åtgärd för 16 procent av husets totala transmissionsförluster och efter åtgärd av köksfönster är motsvarande siffra 7,4 procent.

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² K)	Area (m ²)	Transmissionsförluster, U*A (W/K)	Andel av ΣUA _{total} (%)
Fönster				
-mot Värtan(kök) innan byte/åtgärd	2,6	349,5	908,7	16,0
-mot Värtan(kök) efter byte/åtgärd	1,1	349,5	384,5	7,4
Hela klimatskalet innan byte av fönster			Σ(UA) _{total} = 5696,0	
Hela klimatskalet efter byte av fönster			Σ(UA) _{total} = 5171,8	

För beräkning av hus A:s totala energiförluster via transmission, multipliceras $\Sigma(UA)_{\text{total}}$ med antal gradtimmar för orten Stockholm, där BRF Ekbacken är belägen. Detta ger:

Innan åtgärd av fönster:

$$W_{\text{trans}} = \Sigma(UA)_{\text{total}} * Q_{22} \text{ [Wh/år]}$$

$$\rightarrow 5696 * 114\,400 = 651,6224 \text{ MWh/år}$$

Efter byte av köksfönster:

$$W_{\text{trans}} = \Sigma(UA)_{\text{total}} * Q_{22} \text{ [Wh/år]}$$

$$\rightarrow 5171,8 * 114\,400 = 591,6539 \text{ MWh/år}$$

Antagande: Energiberäkningarna i rapporten har begränsats till A-huset därför kommer ett antagande gällande B-huset att göras. B-huset antas ha ungefär lika stora värmeförluster som A-huset.

Därför blir de två byggnadernas totala energiförlusterna via transmission från klimatskal innan respektive efter fönsteråtgärd enligt tabellen nedan:

	Transmissionsförluster via klimatskal (W_{trans})
A+B-huset	MWh/år
Innan fönsteråtgärd	$2 * 651,6224 = 1303,2448$
Efter fönsteråtgärd	$2 * 591,6539 = 1183,3078$

Beräkningar visar att efter fönsteråtgärden minskar klimatskalets totala värmeförluster med $(1303,3078 / 1183,3078 = 0,90797) \rightarrow 9,2$ procent. Motsvarande $(1303,2448 - 1183,3078 =) 119,937$ MWh/år.

6.1.1 Ekonomisk lönsamhet/återbetalningstid

Fortum levererar fjärrvärmeenergin till de två byggnaderna och år 2016 var den totala levererade energin enligt tabellen nedan.

Byggnad	Fjärrvärmeenergi Normalårskorrigerade värden
A+B-huset	MWh
2016	2448,8

Enligt uppgifter från BRF Ekbacken betalade de för den köpta fjärrvärmeenergin för uppvärmning från Fortum år 2016 och 2015 enligt nedan:

2016 2 166 237 kr

2015 2 065 826 kr

Beräknat pris på fjärrvärme för år 2016:

$$2\,166\,237 \text{ kr} / 2448,8 \text{ MWh} = 884,61 \text{ kr/MWh}$$

BRF Ekbacken har anlitat Mockfjärds Fönsterentreprenad att utföra fönsterbytet. Enligt den offert jag fått tagit del av går hela renoveringen av köksfönster på ett totalt pris av:

$\rightarrow 3\,163\,620$ kr exklusive mervärdesskatt

$\rightarrow 3\,163\,620 * 1,25 = 3\,954\,525$ kr inklusive mervärdesskatt (25%)

Transmissionsförlusterna genom klimatskal minskar med 9,2 procent efter byte av köksfönster. Detta innebär att uppvärmningsbehovet av värmesystemet i byggnaderna kommer att minska. Med andra ord kommer BRF Ekbacken användningsbehov av köpt fjärrvärmeenergi därmed att bli lägre.

Uppvärmningsbehovet minskar i byggnaden tack vare byte av mer välisolerade fönster. Detta leder till bättre komfort för de boende samt en minskning av köpt fjärrvärmeenergi. Kostnaden för köpt fjärrvärme minskar med: $119,937 \text{ MWh} * 884,61 \text{ kr/MWh} = 106\,097,5 \text{ kr per år}$

För att uppskatta lönsamheten i investeringen (fönsterbytet) och för att se hur snabbt åtgärden betalar av sig själv genom att uppvärmningsbehovet i byggnaderna minskar, används pay off-metoden.

Återbetalningstiden, T, beräknas genom att dividera investeringskostnaden med den årliga besparingen:

$$T = 3\,954\,525 \text{ kr} / 106\,097,5 \text{ kr/år} = 37,3 \text{ år}$$

Resultatet visar att kostnaden för fönsteråtgärden har betalats av sig själv efter cirka 37 år.

6.2 Tilläggsisolering

Enligt Isovers rekommendationer gällande isolertjocklek bör utfackningsväggen tilläggsisoleras med 105-205mm. I följande beräkningar används en tilläggsisolering på 105 mm och med $\lambda=0,036 \text{ W/mK}$.

Långsida mot Värtan/Utfackningsvägg – efter åtgärd:

Plåt

Mineralull	105 mm
Internitskiva	3,2 mm
Plåtregelverk	95 mm
Mineralull	95 mm
Gipsskiva	13 mm

Beräknat U-värde på $0,197 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabellen nedan visar en sammanställning av transmissionsförlusterna innan respektive efter tilläggsisoleringen av utfackningsvägg mot Värtan. Som tabellen visar stod värmeförlusterna genom väggen innan åtgärd för 9,4 procent av husets totala transmissionsförluster och efter tilläggsisoleringen är motsvarande siffra 4,0 procent.

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² K)	Area (m ²)	Transmissionsförluster, U*A (W/K)	Andel av ΣUA _{total} (%)
Ytterväggar				
-utfackningsvägg mot Värtan innan åtgärd	0,496	1081,0	536,2	9,4
-utfackningsvägg mot Värtan efter åtgärd	0,197	1081,0	212,96	4,0
Hela klimatskalet innan tilläggsisolering			Σ(UA) _{total} =5696,0	
Hela klimatskalet efter tilläggsisolering			Σ(UA) _{total} =5372,8	

För beräkning av hus A:s totala energiförluster via transmission, multipliceras Σ(UA)_{total} med antal gradtimmar för orten Stockholm, där BRF Ekbacken är belägen. Detta ger:

Innan tilläggsisolering av utfackningsvägg mot Värtan:

$$W_{\text{trans}} = \Sigma(UA)_{\text{total}} * Q_{22} [\text{Wh}/\text{år}]$$

$$\rightarrow 5696 * 114\,400 = 651,6224 \text{ MWh}/\text{år}$$

Efter tilläggsisolering av utfackningsvägg mot Värtan:

$$W_{\text{trans}} = \Sigma(UA)_{\text{total}} * Q_{22} [\text{Wh}/\text{år}]$$

$$\rightarrow 5372,8 * 114\,400 = 614,6483 \text{ MWh}/\text{år}$$

Antagande: Energiberäkningarna i rapporten har begränsats till A-huset därför kommer ett antagande gällande B-huset att göras. B-huset antas ha ungefär lika stora värmeförluster som A-huset.

Därför blir de två byggnadernas totala energiförlusterna via transmission från klimatskal innan respektive efter tilläggsisolering av utfackningsvägg mot Värtan enligt tabellen nedan:

	Transmissionsförluster via klimatskal (W _{trans}) MWh/år
A+B-huset	
Innan tilläggsisolering	2*651,6224=1303,2448
Efter tilläggsisolering	2*614,6483=1229,2966

Beräkningar visar att efter åtgärd med en 105mm tilläggsisolering minskar klimatskalets totala värmeförluster med (1229,2966/1303,2448=0,9433) → 5,7 procent. Motsvarande (1303,2448–1229,2966=) 73,9482 MWh/år.

6.2.1 Ekonomisk lönsamhet

Beräknat pris på fjärrvärme för år 2016 för BRF Ekbacken:

$$2\,166\,237 \text{ kr} / 2448,8 \text{ MWh} = 884,61 \text{ kr}/\text{MWh}$$

Transmissionsförlusterna genom klimatskal minskar med 5,7 procent efter en tilläggsisolering på 105mm av utfackningsväggen mot Värtan. Detta innebär att uppvärmningsbehovet av värmesystemet i byggnaderna kommer att minska. Med andra ord kommer BRF Ekbacken användningsbehov av köpt fjärrvärmeenergi därmed att bli lägre.

Uppvärmningsbehovet minskar i byggnaden tack vare en tilläggsisolering av utfackningsväggen. Detta leder till bättre komfort för de boende samt en minskning av köpt fjärrvärmeenergi. Kostnaden för köpt fjärrvärme minskar med: $73,9482 \text{ MWh/år} * 884,61 \text{ kr/MWh} = 65\,415,3 \text{ kr per år}$

6.3 Total energibesparing av åtgärder på klimatskalet

En total sammanställning av de energieffektiviserande åtgärderna på fasaden mot Värtan, det vill säga köksfönsterbyte samt en yttre tilläggsisolering av utfackningsväggen sammanställs i tabellen nedan.

Byggnadsdel	U-värde (W/m²K)	Area (m²)	Transmissionsförluster, U*A (W/K)	Andel av ΣUA_{total} (%)
Efter åtgärder				
-Köksfönster mot Värtan	1,1	349,5	384,5	7,9
-Utfackningsvägg mot Värtan	0,197	1081,0	212,96	4,4
Hela klimatskalet efter åtgärder			$\Sigma(UA)_{\text{total}}=4848,6$	

För beräkning av hus A:s totala energiförluster via transmission efter energieffektiviserande åtgärder på fasaden mot Värtan, multipliceras $\Sigma(UA)_{\text{total}}$ med antal gradtimmar för orten Stockholm, där BRF Ekbacken är belägen. Detta ger:

$$W_{\text{trans}} = \Sigma(UA)_{\text{total}} * Q_{22} [\text{Wh/år}]$$

$$\rightarrow 4848,6 * 114\,400 = 554,6798 \text{ MWh/år}$$

Antagande: Energiberäkningarna i rapporten har begränsats till A-huset därför kommer ett antagande gällande B-huset att göras. B-huset antas ha ungefär lika stora värmeförluster som A-huset.

Därför blir de två byggnadernas totala energiförlusterna via transmission från klimatskal innan respektive efter byte av köksfönster och tilläggsisolering av utfackningsvägg mot Värtan enligt tabellen nedan.

	Transmissionsförluster via klimatskal (W_{trans})
A+B-huset	MWh/år
Innan åtgärder	$2 * 651,6224 = 1303,2448$
Efter åtgärder	$2 * 554,6798 = 1109,3596$

Beräkningar visar att efter de undersökta åtgärderna minskar klimatskalets totala värmeförluster med $(1109,3596/1303,2448=0,85) \rightarrow 15$ procent. Motsvarande $(1303,2448-1109,3596=) 193,9$ MWh/år.

6.3.1 Ekonomisk lönsamhet

Beräknat pris på fjärrvärme för år 2016 för BRF Ekbacken:

$$2\,166\,237 \text{ kr} / 2448,8 \text{ MWh} = 884,61 \text{ kr/MWh}$$

Transmissionsförlusterna genom klimatskal minskar med 15 procent efter byte av köksfönster och efter en tilläggsisolering på 105mm av utfackningsväggen mot Värtan. Detta innebär att uppvärmningsbehovet av värmesystemet i byggnaderna kommer att minska. Med andra ord kommer BRF Ekbacken användningsbehov av köpt fjärrvärmeenergi därmed att bli lägre.

Beloppet på den fjärrvärmeenergi som föreningen spar in då uppvärmningsbehovet av byggnaderna minskar tack vare ovanstående undersökta åtgärder är: $193,9 \text{ MWh/år} * 884,61 \text{ kr/MWh} = 171\,526 \text{ kr per år}$

Tilläggsisolering av ytterväggar är en kostsam åtgärd. I denna rapport måste vissa begränsningar göras och detta innefattar bland annat beräkningar på återbetalningstiden för tilläggsisoleringsåtgärden. Material- och renoveringskostnader är något som föreningen bör undersöka vidare.

6.4 FX-ventilationssystem

Installation av en frånluftsvärmepump kan göra att byggnadernas energianvändning minskas ytterligare. En värmepump uppskattas återvinna värmeenergin ur frånluften med 50-60 procent. Den återvunna värmen kan användas för uppvärmning av värmesystemet i byggnaderna eller för att bereda tappvarmvatten.

Enligt energiberäkningar för byggnadens nuläge med frånluftsventilation, se avsnitt 3.5.3, är hus A:s värmeförluster via ventilation $1003,14 \text{ MWh/år}$.

Antagande: Energiberäkningarna i rapporten har begränsats till A-huset därför kommer ett antagande gällande B-huset att göras. B-huset antas ha ungefär lika stora värmeförluster som A-huset. Hus A och hus B sammanlagda värmeförluster via ventilationen är $2 * 1003,14 = 2006,28 \text{ MWh/år}$.

Med ovanstående antaganden kommer ett FX-system kunna återvinna 50-60 procent av $2006,28 \text{ MWh/år}$. Vilket beräknas till $1003,14 - 1203,77 \text{ MWh/år}$. Detta kan likställas med att $1003 - 1203 \text{ MWh}$ mindre fjärrvärmeenergi behövs köpas per år.

Beräknat pris på fjärrvärme för år 2016 för BRF Ekbacken: $2\,166\,237 \text{ kr} / 2448,8 \text{ MWh} = 884,61 \text{ kr/MWh}$

Beloppet på den fjärrvärmeenergi som föreningen spar in om FX-ventilationssystem installeras i de två byggnader är: $1003 - 1203 \text{ MWh/år} * 884,61 \text{ kr/MWh} = 887\,264 - 1\,064\,186 \text{ kr per år}$

I denna rapport måste vissa avgränsningar göras och detta innefattar bland annat beräkningar på återbetalningstiden av ett FX-system. Investering- och installationskostnader för ett FX-system är något som föreningen bör undersöka vidare.

7 Resultat och analys av energieffektiviserande åtgärder

Med de undersökta energieffektiviseringsåtgärderna vilka berör klimatskalet minskar föreningens två byggnaders totala värmeförluster. Detta medför att byggnadernas energianvändning och uppvärmningsbehov blir mindre.

Energiberäkningarna visar att enbart byte av köksfönster minskar byggnadernas värmeförluster med 9,2 procent jämfört mot nuläget. Kostnaden för föreningen i och med fönsteråtgärden har betalat av sig själv efter cirka 37 år.

Om föreningen även skulle tilläggsisolera väggen mot Värtan enligt den isolertjocklek som rekommenderas visar resultatet att byggnadernas värmeförluster minskar med 15 procent i jämförelse med nuläget.

Beloppet på den fjärrvärmeenergi som föreningen spar in då uppvärmningsbehovet av byggnaderna minskar tack vare undersökta åtgärder som berör klimatskalet är 171 526 kr per år.

Installation av en frånluftvärmepump med en värmeåtervinning på 50-60 procent skulle göra att föreningen kan minska användandet på köpt fjärrvärmeenergi. Beloppet som då kan sparas in motsvaras av 887 264 – 1 064 186 kr per år.

Viktigt att tillägga är att det är skillnad mellan beräknad energiförlust och den köpta energin. Data för fjärrvärme ger verkliga värden på köpt energi men säger inget om hur energianvändningen fördelas på olika poster. Energiberäkningarna ger däremot denna information.

Beräkningarna kan ge en bedömning av hur olika åtgärder i byggnaden kan påverka det totala energibehovet. Energiberäkningarna innehåller en hel del osäkerheter som gör att de inte ger samma resultat som den köpta energin.

Beräkningarna gäller den energi som går ut ur huset medan data på fjärrvärme är den energi som köps för att värma huset. Den beräknade energin inkluderar både den köpta energin och den energi som avges från människor, lampor, apparater med mera, så kallad verksamhetsenergi.

8 Slutsats

Rapportens syfte var utföra en analys av energisituationen för BRF Ekbackens två fastigheterna och av detta komma med förslag till eventuella energieffektiviserande åtgärder. Detta har utförts och syftet med examensarbetet är uppfyllt.

I rapporten redovisas föreningens byggnaders energianvändning och energiförluster. Resultaten visar att byggnaderna har en relativt hög energianvändning gentemot BBR:s energikrav. Där värmeförlusterna via ventilation och klimatskal är de största bidragande orsakerna till detta.

Förslag till energieffektiviseringsåtgärder har undersökts. Fönsterrenovering, tilläggsisolering och byte av ventilationssystem är de åtgärder som energiberäkningar utförts på. Resultaten visar att byggnadernas energianvändning kan minska med 28-33 procent om åtgärderna utförs (se tabellen nedan). Enligt BBR:s energikrav måste byggnadernas energianvändning minska med cirka 50 procent.

Resultaten visar att byggnaderna är i relativt gott skick. Möjligheter till att ytterligare minska dess energianvändning finns.

Boendekätundersökningen visar att de boendes upplevelse av byggnaderna överlag är okej.

Summering av värmeförluster för hus A och B:

De totala värmeförlusterna som sker genom transmission, köldbryggor, kontrollerad- och okontrollerad ventilation innan respektive efter energieffektiviseringsåtgärder sammanställs i tabellen nedan.

Energiförlust (MWh/år)	Innan åtgärder	Efter åtgärder
Transmissionsförluster	$2 \cdot 651,6224 = 1303,2448$	$2 \cdot 554,6798 = 1109,3596$
Köldbryggor (ej undersökt)	$99,4 \cdot 2 = 198,8$	$99,4 \cdot 2 = 198,8$
Kontrollerade ventilationsförluster	$2 \cdot 1003,14 = 2006,28$	$1003,14 - 1203,77$
Okontrollerade ventilationsförluster (ej undersökt)	$21,5 \cdot 2 = 43$	$21,5 \cdot 2 = 43$
Totala förluster:	3551,2	2354,3-2554,9

$1 - (2354,3/3551,2) = 0,337$ och $1 - (2554,9/3551,2) = 0,280 \rightarrow$ minskning av värmeförluster med 28-33% efter energieffektiviseringsåtgärder utförts.

9 Framtida arbeten

Rapporten har enbart fokuserat på energianvändningen vid energieffektiviseringsåtgärder. Föreningen bör undersöka och diskutera vidare ekonomin gällande renovering vid respektive åtgärd. För att se om investeringskostnaderna är lönsamma, kostnad gentemot nytta, och motiverade för de boende.

För att ytterligare minska byggnadernas energianvändning bör fler energieffektiviseringsåtgärder undersökas.

10 Referenser

Referenser har tagits från tryckta källor, så som böcker och rapporter, från muntliga källor i form av samtal och intervjuer med sakkunniga, samt information från källor på internet.

10.1 Tryckta källor

Forslund, Gunnel och Jan, (2016), Bästa Inneklimat, ISBN 978-91-7333-768-7

Gullberg Anders, m.fl., (1998), Stockholm blir stor stad, ISBN 91-7988-139-4

Jonsson Jan, m.fl., (2009), Byggt teknik, ISBN 978-91-47-08497-5

Petersson, Bengt-Åke, (2009), Byggnaders klimatskärm, ISBN 978-91-44-05655-5

Reppen Laila, Vidén Sonja, (2006), Att underhålla bostadsdrömmen, ISBN 91-540-5971-2

Sandin Kenneth, (1990), Värme, Luftströmning, Fukt, Kompendium i byggnadsfysik, Lund

10.2 Internetkällor

Boverket (2008a), Broschyr: Den kommunala allmännyttans historia, SOU 2008:38:

http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/den_kommunala_allmannyttans_historia.pdf

Hämtad 2017-02-26

Boverket (2014a), Vad är en energideklaration:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/energideklaration/vad-ar-en-energideklaration/>

Hämtad 2017-02-22

Boverket (2014b), OVK-Obligatorisk ventilationskontroll:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/ovk/>

Hämtad 2017-02-23

Boverket (2014c), Bygg och renovera energieffektivt:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/>

Boverket (2014d), Byggnadens fastighetsenergi:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/byggnadens-fastighetsenergi/>

Boverket (2014e), Hushållsenergi och verksamhetsenergi:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/hushallsenergi-och-verksamhetsenergi/>

Boverket (2014f), Luft och ventilation i bostäder:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/>

Boverket (2015a), Boverkets tillsyn:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/energideklaration/regelverk-tillsyn--statistik/boverkets-tillsyn/>

Hämtad 2017-02-22

Boverket (2015b), Energikrav:

<http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/>

Boverket (2015c), 9 Energihushållning:

<http://www.boverket.se/globalassets/vagledninga/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-9>

Hämtad 2017-05-05

BRF Ekbacken nr 1 (2017a), Valberedning:

<http://www.brfekbackennr1.com/om-foreningen/valberedning>

Hämtad 2017-05-06

BRF Ekbacken nr 1 (2017b), Medlemskap:

<http://www.brfekbackennr1.com/blanketter/medlemskap>

Hämtad 2017-05-06

Control Engineering (2017a), Energibalansberäkning:

<http://www.controlengineering.se/se/energi/energiberakning/energibalansberakning/>

Hämtad 2017-02-26

Energiföretagen (2017a), Fjärrvärme-bekvämlighet och resurseffektiv uppvärmning:

<http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/Sa-funkar-fjarrvarme/>

Hämtad 2017-02-25

Energiföretagen (2017b), Fjärrvärme-Helt enkelt! (Broschyr):

<https://www.energiforetagen.se/det-erbjuder-vi/rapporter-publikationer-och-e-tjanster/rapporter-och-publikationer-fjarrvarme/broschyter/fjarrvarme---helt-enkelt/>

Hämtad 2017-05-05

Energiportalen (2017a), Hur fungerar en värmepump:

<http://energiportalen.se/guide/hur-fungerar-en-varmepump/>

Energirådgivningen (2016a), Direktverkande el:

<https://energiradgivningen.se/lagenhet/direktverkande-el>

Hämtad 2017-02-28

Energirådgivningen (2016b), Solfångare:

<https://energiradgivningen.se/lagenhet/solfangare>

Hämtad 2017-02-28

Energirådgivningen (2016c), Broschyr, Solfångare-Faktablad:

<https://energiradgivningen.se/lagenhet/solfangare>

Energimyndigheten (2015a), Energieffektiviseringsdirektivet:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/lag-och-ratt/energieffektiviseringsdirektivet/>

Hämtad 2017-01-22

Energimyndigheten (2015b), Direktivet för byggnaders energiprestanda:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/lag-och-ratt/direktivet-for-byggnaders-energiprestanda/>

Hämtad 2017-01-23

Energimyndigheten (2015c), Flerbostadshus:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/byggnader/flerbostadshus/>

Hämtad 2017-01-23

Energimyndigheten (2015d), Nära-nollenergibyggnader:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/program-och-uppdrag/nne/>

Energimyndigheten (2015e), Uppvärmning:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/hemmet/uppvarmning/>

Energimyndigheten (2015f), Solvärme:

<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solvarme/>

Hämtad 2017-02-27

Energimyndigheten (2015g), Solceller moduler:

<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-moduler/>

Hämtad 2017-02-28

Energimyndigheten (2015h), Solceller växelriktare:

<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-vaxelriktare/>

Hämtad 2017-02-28

Energimyndigheten (2015i), Energistatistik för flerbostadshus 2014, ES 2015:04 (ISSN 1654-7543):

<https://www.energimyndigheten.se/statistik/>

Energimyndigheten (2016a), Ekodesigndirektivet:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/lag-och-ratt/ekodesign1/>

Hämtad 2017-01-22

Energimyndigheten (2016b), Energimärkningsdirektivet:

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/lag-och-ratt/energimarkningsdirektivet1/>

Hämtad 2017-01-22

Energimyndigheten (2016c), Energiläget:

<http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/>

Hämtad 2017-01-23

Energimyndigheten (2016d), Solceller:

<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/>

Hämtad 2017-02-27

Energimyndigheten (2016e), Stöd till solceller:

<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/stod-till-solceller/>

Hämtad 2017-02-28

EQ-fönster (2017a), Historik:

<http://www.energifonster.nu/sv/om-eq-fonster/historik.aspx>

EQ-fönster (2017b), Varför energimärkning:

<http://www.energifonster.nu/sv/fakta.aspx>

EQ-fönster (2017c), Skillnader mellan olika fönster:

<http://www.energifonster.nu/sv/fakta/skillnader-mellan-olika-fonster.aspx>

EQ-fönster (2017d), Vad säger etiketten:

<http://www.energifonster.nu/sv/fakta/vad-sager-etiketten.aspx>

EU-upplysningen (2016a), Klimat och energi:

<http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Vad-EU-gor/Miljopolitik-i-EU/Klimatmal-for-att-stoppa-global-uppvarmning/>

Hämtad 2017-01-21

EU-upplysningen (2016b), Så blir EU-lag svensk lag:

<http://www.eu-upplysningen.se/Sverige-i-EU/EU-lagar-galler-framfor-svenska-lagar/Sa-blir-EU-lag-svensk-lag/>

Hämtad 2017-01-21

Fortum (2017a), Om företaget:

<http://www.fortum.com/countries/se/om-fortum/fortum-varme/om-foretaget/pages/default.aspx>

Hämtad 2017-02-24

Fortum (2016a), Tillsammans skapar vi ett grönare Stockholm:

<http://www.fortum.com/countries/se/kampanjer/biobransle-vartan/pages/default.aspx>

Hämtad 2017-02-24

Isover (2017a), Isolera yttervägg utifrån med ett lager isolering:

<http://www.isover.se/isolera-yttervagg-utifran-med-ett-lager-isolering>

Hämtad 2017-05-06

IVA, Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (2009a), Energieffektivisering-möjligheter och hinder:

https://www.iva.se/globalassets/rapporter/vagval-energi/4_energieffektivisering_web.pdf

(Rapport av: Lennart Jagemar och Bertil Pettersson, (2009), Energieffektivisering-möjligheter och hinder, ISBN 978-91-7082-802-7)

Hämtad 2017-01-20

Nationalencyklopedin (2017a), Energi:

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/energi>

Hämtad 2017-02-26

Riksdagen (2013a), Lag (2006:985) om energideklaration för byggnader:

http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006985-om-energideklaration-for_sfs-2006-985

Hämtad 2017-02-24

Svensk Ventilation (2017a), Självdragssystem:

<http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/sjalvdragssystem/>

Hämtad 2017-01-20

Svensk Ventilation (2017b), Fläktstyrd frånluft med frånluftssystem:

<http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/franluftssystem/>

Hämtad 2017-01-20

Svensk Ventilation (2017c), FTX-ventilation med värmeåtervinning:

<http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/ftx-varmeatervinning/>

Hämtad 2017-01-20

10.3 Muntliga källor

Intervju med Fortum, 2017-02-24

Mejlkonversation med Terje Reistad, 2017-02-24

Bilaga 1 – Köldbryggor - en lathund

Köldbryggor – en lathund

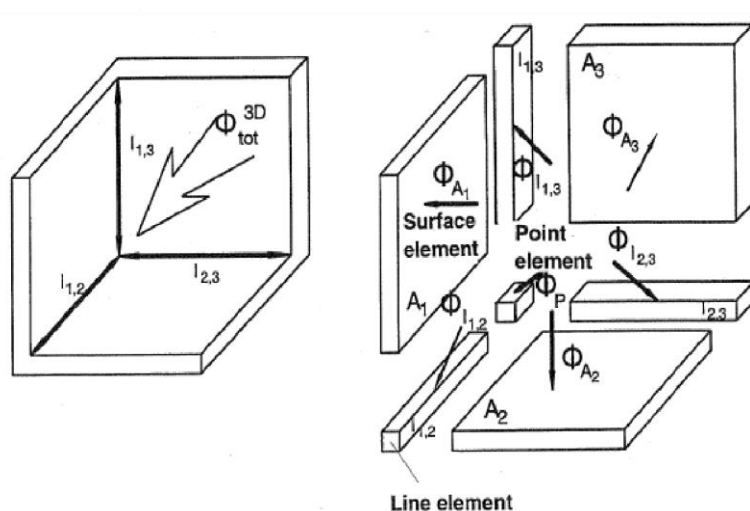
En kortfattad lathund för att använda den enkla "Gruppmetoden" för att värdera en köldbrygga. Lathunden grundar sig på rapporten "Guidelines for the calculation of thermal bridges" från 1997, utgiven av Nordiska ministerrådets "Nordic committee on building regulations".

Vad köldbryggan är

Köldbryggan är ett begränsat parti av en värmeisolerande byggnadsdel som har sämre värmemotstånd än övriga partier av byggnadsdelen

Byggnadsdelarna där värmetransmissionen sker

I figur 1 visas byggnadsdelarna där värmetransmissionen pågår, genom ytor, och genom linjära och punktformiga köldbryggor.



Figur 1. Byggnadsdelar där värmetransmissionen sker.

De totala transmissionsförlusterna för en byggnad kan beräknas med denna formel:

Totala transmissionsförluster

Transmissionsförluster
genom vanliga delar av
väggarna, vindbjälklag etc.

Transmissionsförluster
genom linjära köldbryggor

Transmissionsförluster
genom punktformade
köldbryggor

$$\Phi = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot \Delta T + \sum_i \Psi_i \cdot l_i \cdot \Delta T + \sum_i \chi_i$$

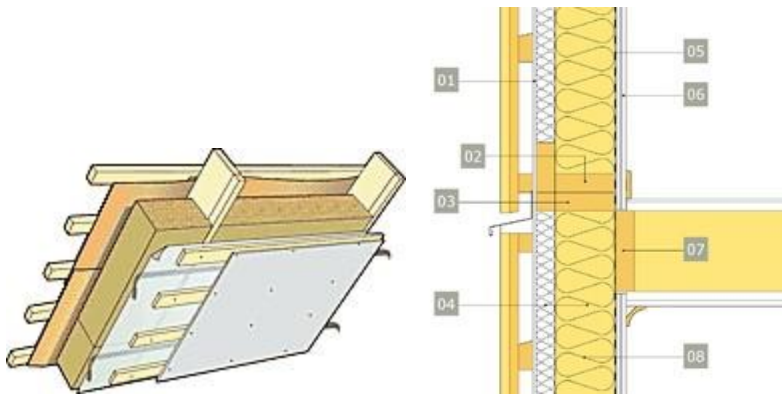
i varje dels nummer
 U varje dels värmetransmission (W^2/m^2K)
 A varje dels area (m²)
 ΔT temperaturskillnad över konstruktionen
 Ψ värmeflödeskoefficient
 l längd
 χ läckflödeskoefficient

(°C)

Ψ varje dels linjära läckflödeskoefficient (W/m,°C) l
varje dels längd (m)

Exempel på linjära köldbryggor

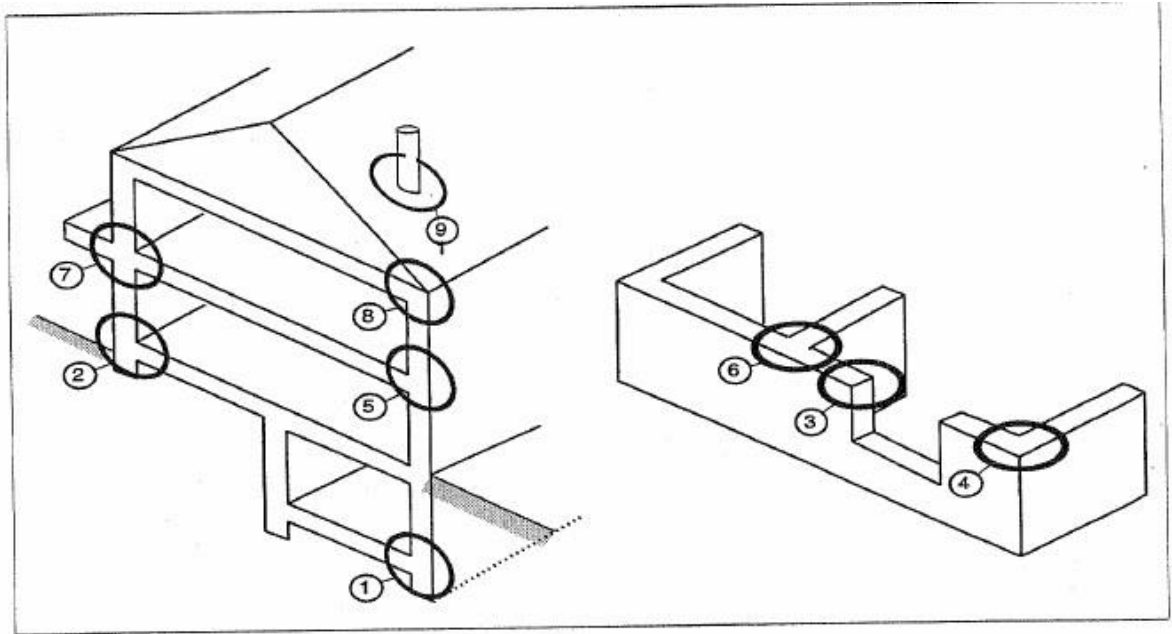
Takstolarna bryter igenom värmeisoleringen och ger linjär köldbryggor genom värmeisoleringen i vänstra delen av av Figur 2. I figurens högra del möts två prefabricerade väggelement. Elementens kanter går igenom värmeisoleringen och ger en linjär köldbrygga.



Figur 2. Exempel på linjära köldbryggor

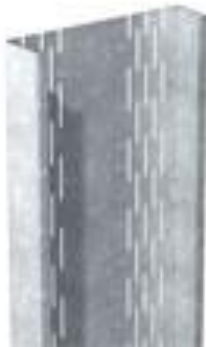
I Figur 3 visas fler exempel på linjära köldbryggor. Det är

- 1 Anslutning yttervägg/källargolv
- 2 Anslutning yttervägg/bottenvåning
- 3 Dörrkarm och fönsterkarm
- 4 Ytterväggshörn
- 5 Anslutning bottenplatta/yttervägg
- 6 Anslutning bärande mellanvägg / yttervägg
- 7 Anslutning yttervägg/balkongplatta
- 8 Anslutning tak/yttervägg
- 9 Genomföringar i tak



Figur 3. Konstruktionsdelar som är linjära köldbryggor

Det finns åtgärder för att minska effekten av köldbryggor. Slitsar i en stålregel tvingar värmets flöde längre sträckor och minskar därför möjligheten till värmetransport, Figur 4. Att göra regler med tunna liv minskar också värmetransporten, Figur 5.



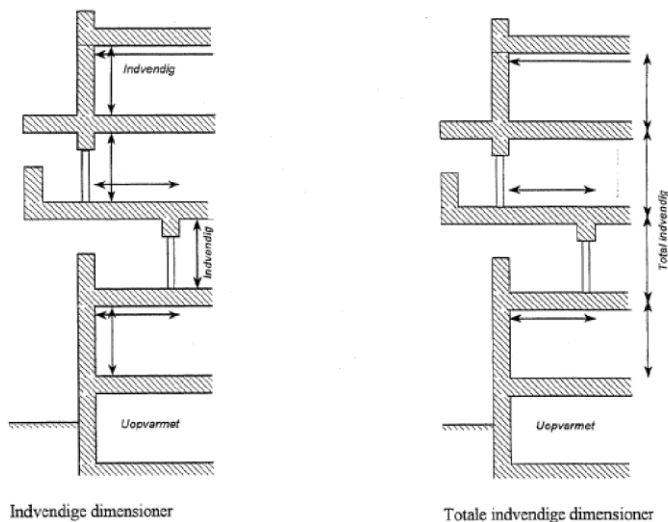
Figur 4. Stålregel med slitsar



Figur 5. Exempel på regler med tunna liv.

Längder som används vid dessa köldbryggeberäkningar

I denna lathund är de invändiga ytorna som vetter mot ytterväggarna utgångspunkten för beräkningarna av värmetransmission, detta kan också kallas "tapetmättet". Ytor som upptas av bjälklag, bärande mellanväggar med mera behandlas som linjära köldbryggor. Exempel på dessa ytor visas i figur 6.



Figur 6. Invändiga dimensioner och totala invändiga dimensioner. Pilarna indikerat sträckor som används vid beräkning av värmeförluster från ett visst rum.

Förenklad beräkning av linjärt värmegenomgångstal vid olika typiska konstruktionsdelar.

I detta avsnitt beskrivs hur linjärt värmegenomgångstal kan bedömas för några vanligt förekommande konstruktionsdelar.

Yttervägg vid ett bjälklag etc.

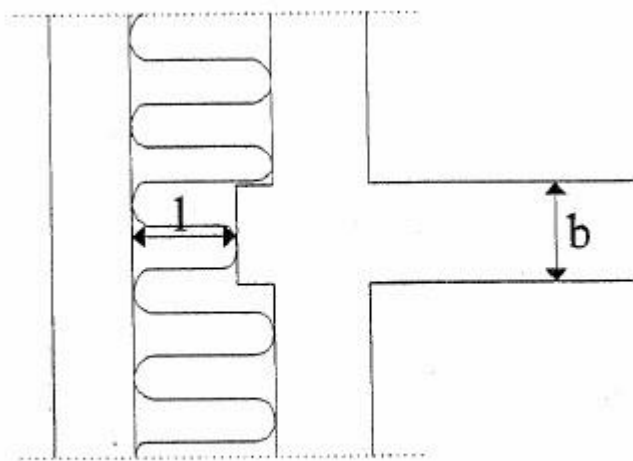
Ψ_F tar hänsyn till den endimensionella värmeförlusten längs den del av byggnadsskalet som inte är inkluderad i areor synliga inifrån, dvs mitt emot mellanväggar och golvbjälklag. Notera att om de totala inre dimensionerna är det som används för värmetransmissionsberäkningen så kan man sätta $\Psi_F = 0$.

Ψ_F är alltså ett uttryck för linjärt värmegenomgångstal för en konstruktionsyta som inte motsvaras av en invändig yta och som därför ska behandlas som en linjär köldbrygga. Ett typiskt exempel är väggytan framför ett bjälklag så som visas i figur 7. Den kan beräknas som:

$$\Psi_F = b \cdot \lambda / l \text{ (W/m,K)}$$

Där

b = tjocklek hos vägg eller bjälklag
 l = värmesoleringsmaterialets tjocklek
 λ = värmesoleringsmaterialets värmekonduktivitet se även figur 7.



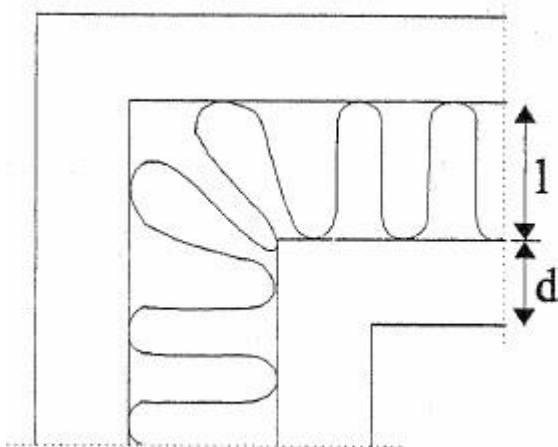
Figur 7. Dimensioner för beräkning av Ψ_F i knutpunkten mellan två ytor placerade vinkelrät mot varandra.

Hörnet på en byggnad

Ψ_K är linjära värmegenomgångstalet för ett hörn, under förutsättning att hörnet inte utgör en särskild köldbrygga. Storleken av värmeförlusten beror av hur värmeisoleringen är placerad. Värdet på Ψ_K bestäms av två delar, se figur 8.

- Bidraget från det tvådimensionella temperaturfältet i det aktuella hörnet
- Bidraget som beror av avståndet (d) mellan isolermaterialets insida och konstruktionens insida.

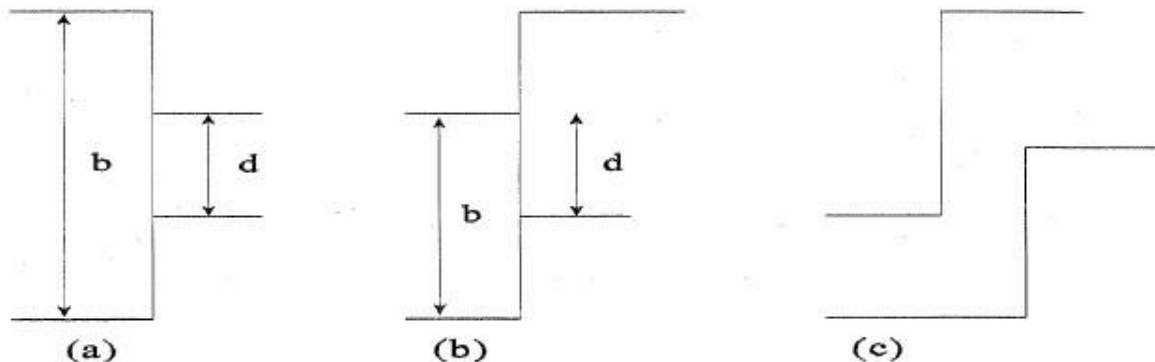
För ett hörn gäller då $\Psi_K = 0,6 \cdot \lambda + 2 \cdot \lambda \cdot d / l$ där l är isolermaterialets tjocklek. Beteckningarna illustreras i fig. 8. För ett innehörn kan vi sätta $\Psi_K = 0$.



Figur 8. Beckningar för beräkning av linjärt värmegenomgångstal för ett hörn, Ψ_K .

Olika slag av dimensionsövergångar.

Vid dimensionsövergångar händer att värmeisoleringsmaterialen inte överlappar varandra men ligger kant i kant.



Figur 9. Övergångar i tjocklek hos värmeisolerad struktur (a) ofullständig överlappning mellan byggnadsdelar (b) och två hörn (c).

Om värmeisoleringsmaterialens tjocklek förändras (se figur 9 a.) kan ett värmeegenomgångstal beräknas genom att relatera bredden av de utskjutande delarna av värmeisoleringen till isolertjockleken i den tunnare delen av konstruktionen. I beräkningen används

värmekonduktiviteten hos det tjockare materialet

$$\Psi = \lambda \cdot ((b-d)/d)$$

När isoleringslagren inte helt överlappar varandra görs ett tillägg som korresponderar till värmeflödet genom att den utskjutande delen av isolermaterialen (b-d i figur 9) relateras till överlappningens tjocklek "d". För detta används samma formel som ovan men med beteckningarna definierade enligt figur 9b.

Om skikten av värmeisolering är skilda åt av en vägg (som i fig. 9.c) så behandlas detaljen som två separata mellanväggar med ett hörn på varje sida dvs som ett innerhörn och ett ytterhörn.

Punktformiga köldbryggor

När ett punktformigt element har definierats så kan det tilldelas ett punktformigt värmeledningstal, ett χ -värde. χ -värden är ett uttryck för det tredimensionella värmeflödet genom en konstruktion som inte kan beskrivas av ett en- eller tvådimensionellt värmeflöde.

I ett antal fall kan de punktformiga transmittanserna ignoreras, till exempel när de är resultatet av att två eller flera linjära köldbryggor möts. Det är emellertid nödvändigt att undersöka värmeförlusterna mer i detalj om byggnadsskalet genomborras av material som har avsevärt större värmekonduktivitet än isoleringsmaterialet i byggnadsskalet. Om

byggnadsdelen regelmässigt innehåller en mängd sådana köldbryggor så ska de tas med i en ytas normala värmeomgångstal.

Nedan anges värden på χ (W/K) som kan anges för punktformiga köldbryggor.

Tabell 1

Värden på punktformiga köldbryggor

Materal som köldbryggan är gjord av	Formel för beräkning av χ (W/K)
Betong	tvärsnittsarea·7
Tegel	tvärsnittsarea·3
Trä	tvärsnittsarea·0,7
Solitt stål	tvärsnittsarea·170
Solitt rostfritt stål	tvärsnittsarea·60
Stålprofiler	Area av minsta omslutande rektangel·10, dock ej mindre än för en solid sektion av stål med samma tvärsnittsarea som stålprofilen

Gruppmetoden – beräkning av linjära köldbryggor

Gruppmetoden som beskrivs i denna lathund är en förhållandevis enkel och grov metod för att bedöma effekten av köldbryggor. Det finns andra mer avancerade sätt att med datorstöd bedöma köldbryggor och läsaren är naturligtvis fri att förkovra sig i detta. Värdena i nedanstående tabeller representerar strukturer med betong på ömse sidor av isoleringsmaterialet. Om konstruktionen är uppbyggd av material med lägre värmekonduktivitet än vad betong har så kommer dessa Ψ -värden att vara överskattade. Det är dock möjligt att göra motsvarande tabeller för andra typer av strukturer med lägre värmekonduktivitet än vad som är fallet för betong.

I gruppmetoden behandlas köldbryggorna på ett systematiskt sätt. Genom att följa ett särskilt mönster kan man värdera köldbryggorna och med hjälp av tabeller ta fram hyfsade närmevärden för deras storlek.

De fyra grupperna av köldbryggor och olika byggdelar

Köldbryggan bedöms att tillhöra någon av fyra grupper enligt tabell 2. För varje typ av detalj och grupp finns sedan en formel för hur köldbryggan ska beräknas. Dessa visas i tabell 3.

För att göra denna gruppering arbetar vi i flera steg

- 1 Betrakta en ritning av konstruktionen
- 2 Notera hur mycket värmeisolering som finns i de normala konstruktioner som omger zonen med en köldbrygga samt notera värmeisoleringsmaterialets värmekonduktivitet

(λ -värde). 3 Leta reda på den plats där värme har den kortaste sträckan genom värmeisoleringen för att komma från den varma till den kalla sidan.

4 Använd tabell 2 för att ta fram vilken grupp som byggdelen kan hänföras till. 5 Gå till tabell 3 och sök där reda på den formel som är lämplig för att beräkna hela köldbryggans värmetransmission.

Tabell 2.

Genom att finna värmeisoleringens tjocklek och värmekonduktivitet i tabellen bestämmas vilken grupp som den tillhör.

	$\lambda \leq 0,05$ W/m,K	$\lambda \leq 0,12$ W/m,K	$\lambda \leq 0,26$ W/m,K
Grupp1	0 – 9 mm	0 – 24 mm	0 – 49 mm
Grupp 2	10 – 49 mm	25 - 119 mm	50-249 mm
Grupp 3	50 mm eller mer	120 mm eller mer	260 mm eller mer
Grupp 4	minst 5/6 (83%) av den omgivande konstruktionens isolertjocklek		

Tabell 3

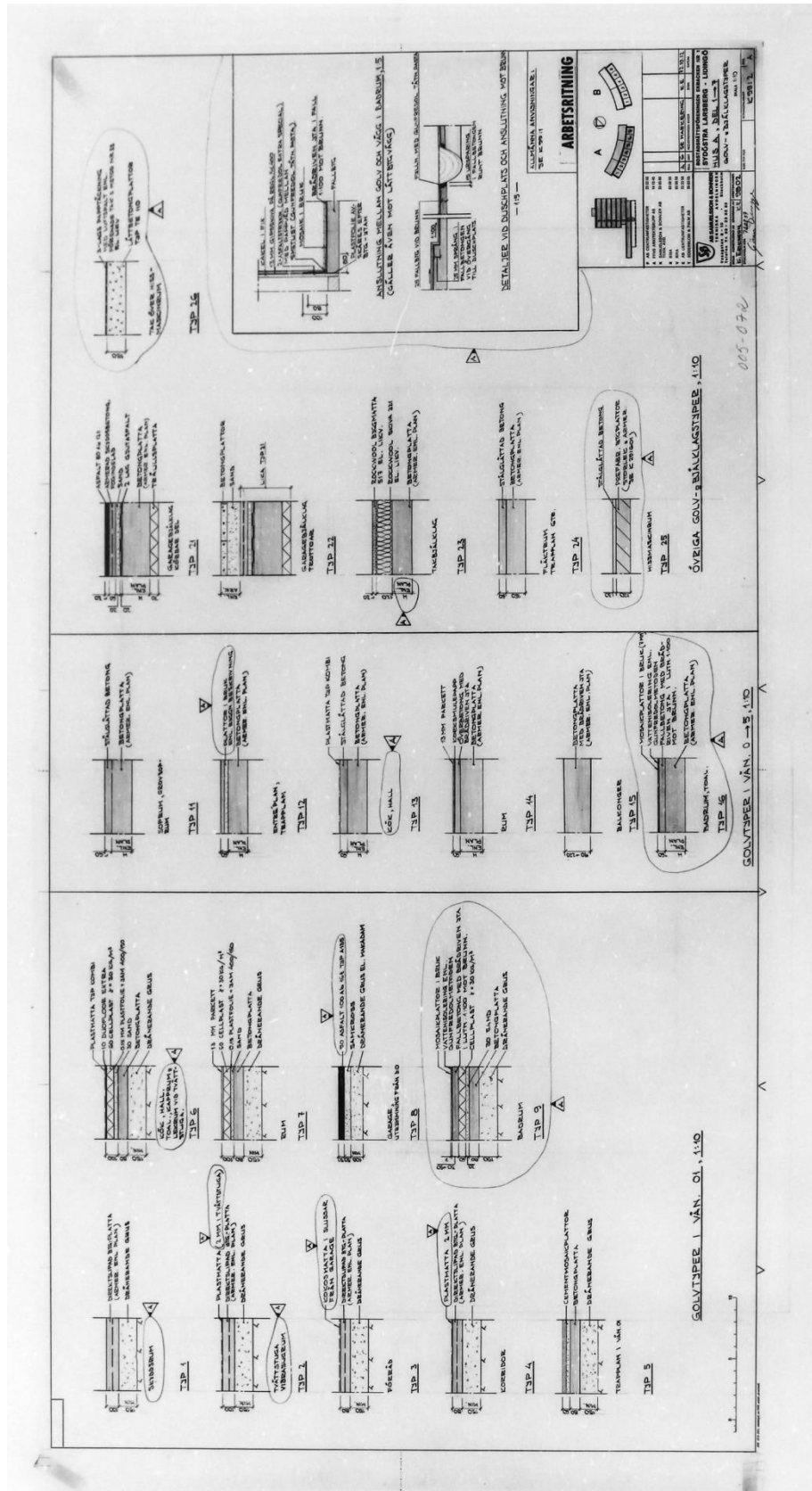
Formler för beräkning av linjära värmetransmissionen för olika konstruktionsdelar i de olika grupperna.

Konstruktionsdel	Formler för läckflödeskoefficienten (W/m,K)			
	Grupp 1	Grupp 2	Grupp 3	Grupp 4
1 Anslutning yttervägg/källargolv	1,0	0,3	$0,10 + \Psi_K$	Ψ_K
2 Anslutning yttervägg/bottenvåning	1,2	0,5	$0,15 + \Psi_F$	Ψ_F
3 Dörrkarm och fönsterkarm	0,4	0,15	$0,05 + \Psi_F$	Ψ_F
4 Ytterväggshörn	0,8	0,15	$0,05 + \Psi_K$	Ψ_K
5 Anslutning bjälklag/yttervägg	1,0	0,50	$0,10 + \Psi_F$	Ψ_F
6 Anslutning bärande mellanvägg / yttervägg	0,8	0,4	$0,05 + \Psi_F$	Ψ_F
7 Anslutning yttervägg/balkongplatta	1,2	0,8	$0,15 + \Psi_F$	Ψ_F
8 Anslutning tak/yttervägg	0,8	0,4	$0,10 + \Psi_K$	Ψ_K

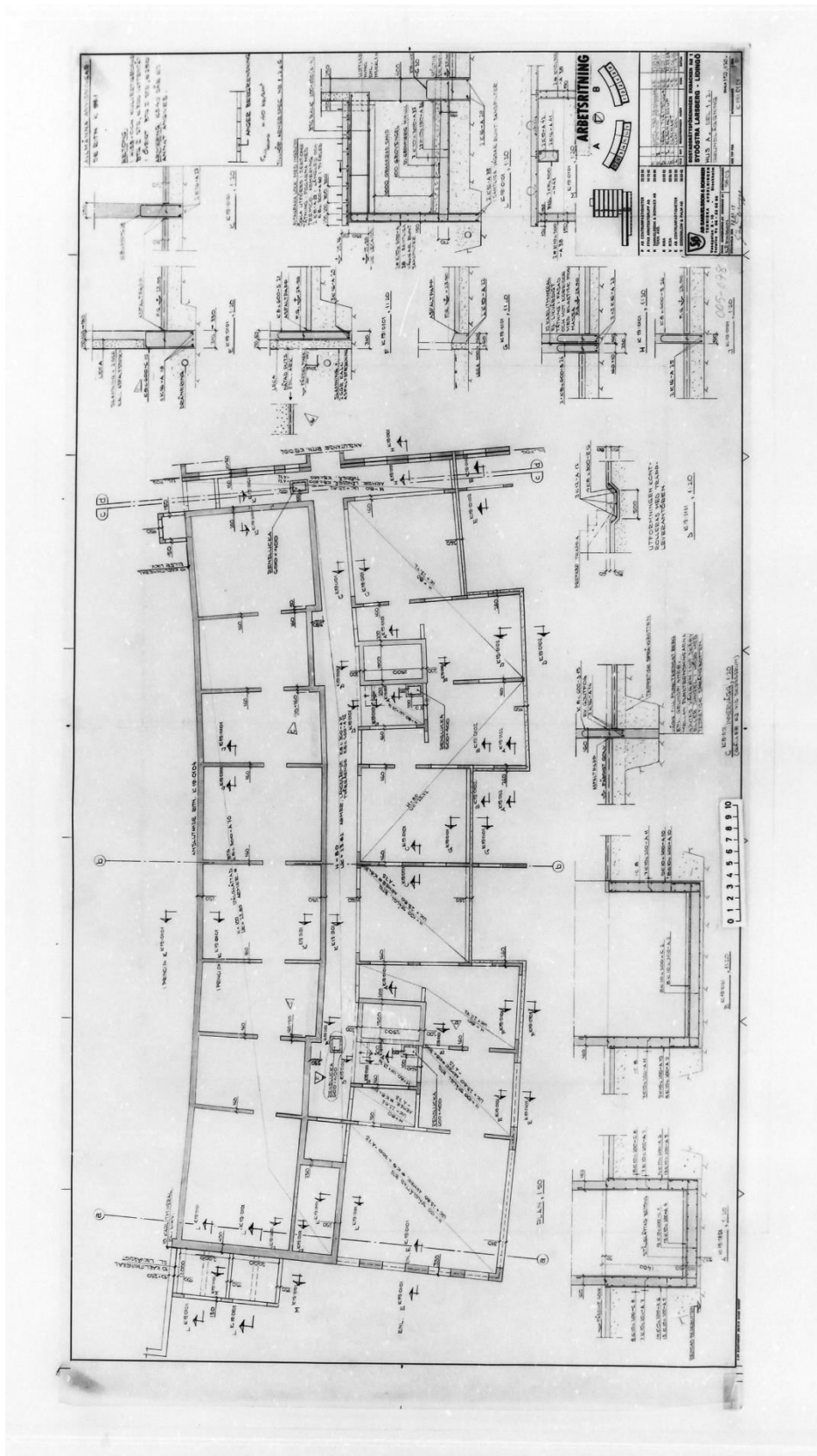
Ψ -värden (W/mK) för olika konstruktionsdelar. Siffrorna refererar till figur 3.

Beräkning av Ψ_K och Ψ_F är beskrivet ovan.

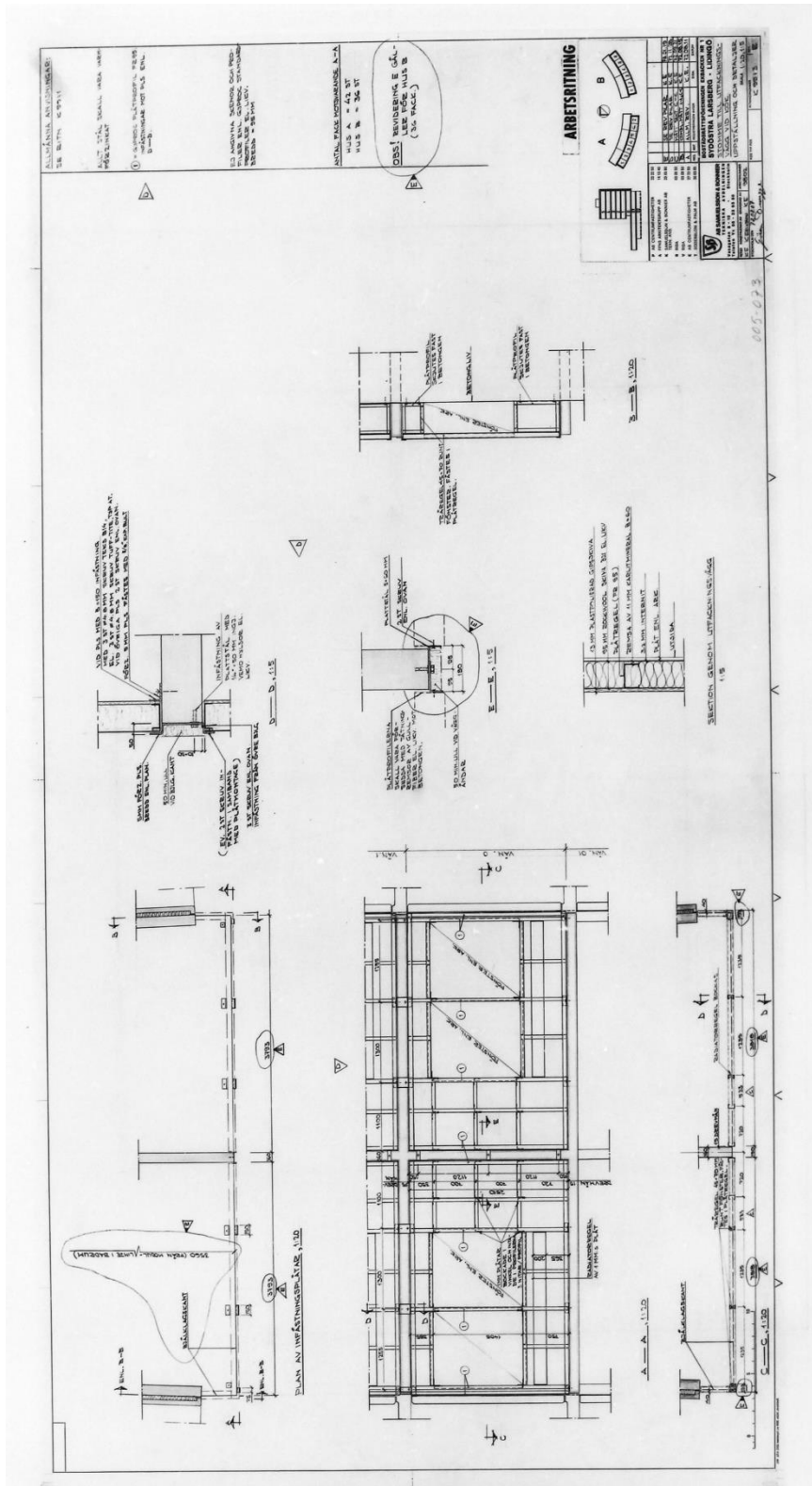
Bilaga 2 – Ritning K99.2



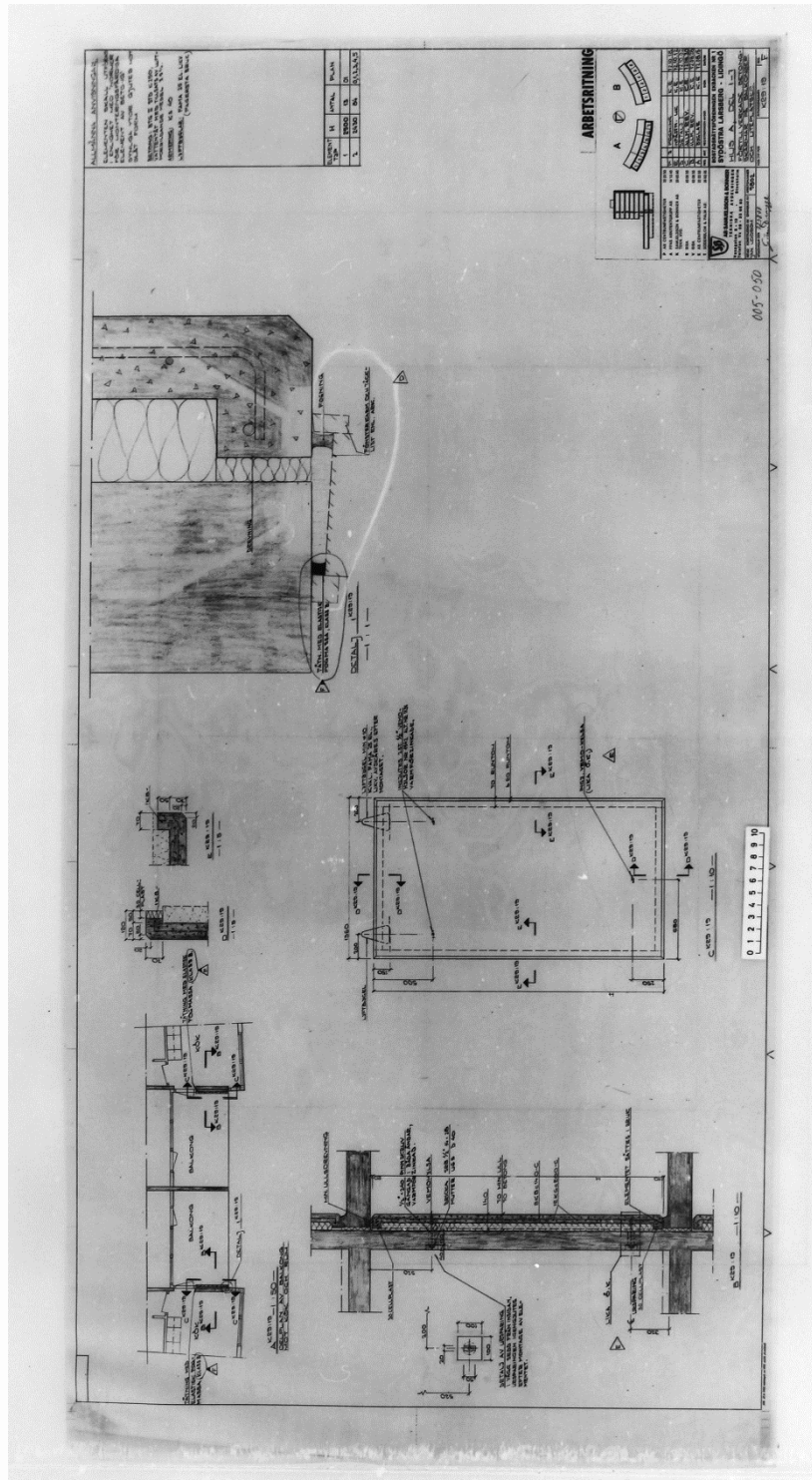
Bilaga 3 – Ritning K19.0101



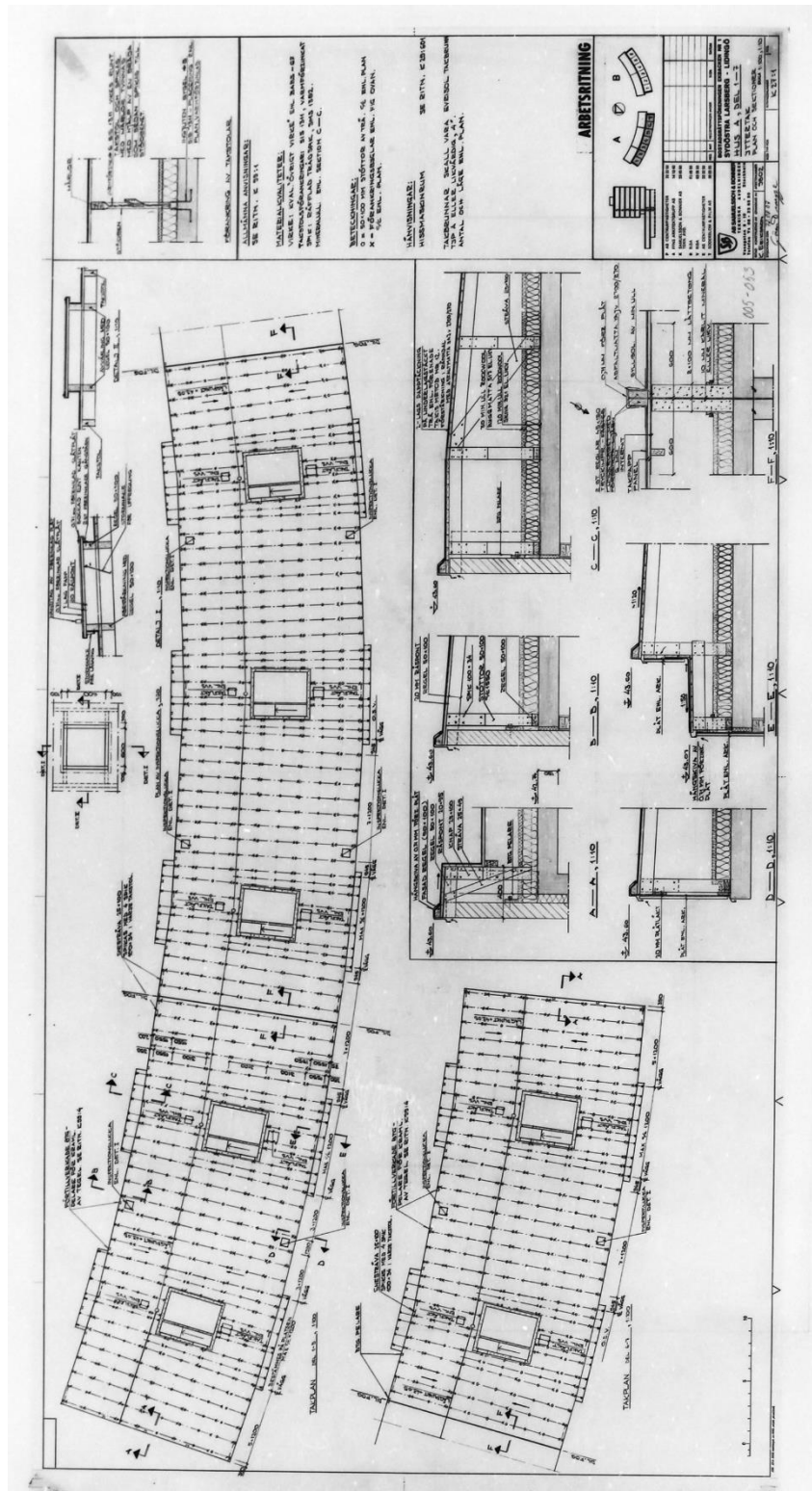
Bilaga 4 – Ritning IMG_7385



Bilaga 5 – Ritning K29.19



Bilaga 8 – Ritning K27.1



Bilaga 9 – Ritning K29.16

