



Termografering av flerbostadshus

Kartläggning av vanliga köldbryggor i byggnader i behov av renovering

LÅGAN Rapport april 2014

Linda Martinsson

Charlotte Svensson Tengberg

Claes Engström

Anders Ljungberg

Förord

Sveriges miljonprogram står idag inför ett behov av renovering och energieffektiviseringsåtgärder. Detta mot bakgrund av såväl ett renoveringsbehov grundat i miljonprogrammets ålder som samhällets krav på minskad energianvändning inom byggsektorn.

Syftet med projektet har varit att utreda vilka delar av konstruktionen hos vanligt förekommande hustyper från tiden som i praktiken är de mest betydande köldbryggorna. Studien har innefattat inventering, termografering och utvärdering av ett antal, för miljonprogrammet, representativa byggnader.

Följande arbete har finansierats genom Lågan, SBUF, Skanska och NCC. Rapporten har genomförts i samarbete mellan Skanska och NCC och med stöd av Per Stenberg på KIMO Instrument AB.

Styrgruppen har bestått av representanter från Skanska, NCC, PEAB, Sveriges Byggindustrier och SP.

Referensgruppen har utgjorts av FoU Väst & CIT Energy Management samt bostadsbolagen Alingsåshem, Bostadsbolaget, Poseidon & Stena Fastigheter.

Vi vill rikta ett varmt tack till de fastighetsägare som varit oss behjälpliga i att ta fram och bistå med byggnader och underlag för termograferingsstudien samt till SBUF och Lågan för ekonomiskt stöd. Ett tack riktas även till Per Stenberg på KIMO Instrument, Anna Thomsen och Josef Johnsson på Ramböll Sverige AB, styr- och referensgrupperna, FoU Väst samt till Erik Stenberg på KTH och Niko Gentile på LTH för hjälp på vägen.

Projektet har genomförts under ledning av Linda Martinsson på Skanska Sverige AB.





LÅGAN-programmet (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett nationellt program som drivs av Sveriges Byggindustrier med ekonomiskt stöd av Energimyndigheten. LÅGAN syftar till att etablera en marknad med ett brett utbud av nya aktörer som erbjuder produkter eller tjänster för byggande av lågenergihus och ett brett utbud av nya beställare. LÅGAN syftar vidare till att öka kunskap och yrkesskicklighet i bygg- och fastighetsbranschen.

www.laganbygg.se

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att undersöka vilka delar av konstruktionen som i praktiken utgör de mest betydande köldbryggorna hos vanligt förekommande hustyper från miljonprogramstiden. Detta för att kunna ta fram generella, praktiskt användbara och kostnadseffektiva metoder som kan åtgärda energiförluster, komfortproblem och fukt/nedsmutsning i byggnader som står inför renovering under kommande år. Undersökningen fokuserar på flerbostadshus byggda 1965-1975.

Fem hustyper representerade genom 37 hus och ca 2500 lägenheter har studerats. Hustyperna är representativa varianter på flerbostadshus från perioden 1961-1974 som ej tilläggsisolerats.

Objekten i undersökningen är uppbyggda som följer:

- Tre prefabricerade, två rationellt platsbyggda.
- Två typer av betongprefab – betong- eller sjöstensfasad.
- Träregelement i pelarstomme, utfackningsvägg med träreglar eller lättbetong i bokhyllstomme.
- Detaljutformning enligt prefableverantör resp. HSBs typritningar (platsbyggt).

Studien började med att ritningsunderlag över objekten studerades för att identifiera troliga köldbryggor. Det visade sig svårt att få bra handlingsunderlag på alla byggnader och att få säkra uppgifter om entreprenör och leverantör för objekten. Objekten har därefter termograferats under vinterhalvåret 2013-2014 med målet att finna regelmässigt återkommande köldbryggor.

Termograferingsresultaten har jämförts mot ritningsunderlaget. Jämförelsen visade att de typer av köldbryggor som hade antagits vid ritningsstudien inte kunde påvisas för alla konstruktioner vid termografering. Undersökningen visar stora köldbryggor företrädesvis i mellanbjälklagen men även vid detaljanslutningar av främst fönster och balkonger. I några av husen är ett rörsystem ingjutet i mellanbjälklagen vilket gör att köldbryggorna blir större än vad de skulle varit om rörsystemen löpt internt i byggnaderna. Om rörsystemen ska bytas ut och istället installeras innanför klimatskalet bör den termiska komforten kopplad till ytemperatur på golven beaktas.

I projektet har diskuterats hur väderförutsättningarna måste vara för att kunna genomföra en termografering och dra slutsatser av resultaten. Projektet konkluderade att den ISO-standard som finns att tillgå för att genomföra termografering inte kan följas men att en fältstudie ändå kan fylla ett syfte. Dels kan termograferingen ge svar på vilken konstruktionstyp som använts och vilka de största köldbryggorna är. Dels kan termograferingen användas för att skaffa en helhetsbild av byggnadens kondition och användas som kommunikationshjälpmedel för att diskutera åtgärder med såväl brukare som ägare. I arbetet har också ett förfarande för att genomföra en termograferingsstudie i fält diskuterats, vilket redovisas i en medföljande bilaga.

Resultaten, tillämpbarhet och potential har presenterats i en workshop och presentationen med illustrerande termografibilder finns i en medföljande bilaga.

Innehållsförteckning

Bakgrund	6
Syfte.....	7
Projektgenomförande	7
Organisation	7
Arbetsgrupp.....	7
Styrgrupp	7
Referensgrupp.....	7
Miljonprogrammet	8
Nyckeltankar i projektet.....	8
Termografering.....	9
Påverkande faktorer	9
Förfarande	10
Användning av termograferingsresultat	10
Sammanfattning: Analys av termogram.....	13
Slutsatser metod	14
Kartläggning av flerbostadshus	14
Objekt i undersökningen	14
Objektens representativitet	15
Objekt 1	17
Objekt 2	18
Objekt 4	20
Objekt 5	21
De kartlagda byggnadernas karaktär	22
Sammanfattning av betydande köldbryggor i objekten.....	23
Slutsatser kartläggning.....	23
Möjligheter till fortsatt arbete	24
Bilagor	
Bilaga 1 Slutpresentation SBUF 12867 termografering av flerbostadshus	
Bilaga 2 Riktlinjer för och dokumentation av utvändig termografering	

Bakgrund

För att nå de europeiska energibesparingsmålen till år 2020 har EU antagit det europeiska energiprestandadirektivet EPBD¹. Direktivet visar på att energieffektivisering av befintlig bebyggelse är en hörnsten. Särskilt angeläget är att finna effektiva metoder att minska energianvändningen inom den stora mängden flerbostadshus från miljonprogrammets år som idag är i behov av renovering.

Tilläggsisolering av klimatskalet är en omfattande och kostsam åtgärd som därför bör göras effektivt. Tidigare studier och praktisk erfarenhet visar att köldbryggor står för en stor del av transmissionsförlusterna genom klimatskalet för dessa byggnader². Köldbryggorna kan också leda till att utsatta lägenheter får ett klart högre energibehov än andra. För att komma åt denna obalans i värmeförlusterna behöver de svaga punkterna identifieras och åtgärdas. Undersökning av potentialen för högpresterande isolering i ombyggnadsprojekt³ visar att dessa dyrare material kan utnyttjas lokalt i utsatta delar av klimatskalet för att optimera tilläggsisoleringen. På så vis kan svaga punkter åtgärdas och isoleringen få en jämnare värmeprestanda utan lika stora kostnader som ifall högpresterande material skulle användas i hela byggnaden.

En optimerad tilläggsisolering med särskild fokus på köldbryggor skulle ge större effekt på energiprestandan än traditionell tilläggsisolering, som inte särskilt åtgärdar obalansen i värmeförlusterna och det förstärkta värmeflödet genom svaga punkter i byggnadsskalet. Minskade köldbryggor och jämnare fördelning av värmeförlusterna över klimatskärmen skulle även ha en positiv effekt på de komfort-, fukt- och nedsmutningsproblem som köldbryggor i bostadshus kan leda till. I renovering är högpresterande grundisolering ett bra exempel på hur energieffektiviseringen även skulle kunna förbättra inomhusklimatet i lägenheter på bottenplan, som på grund av svårigheten att isolera grunden i efterhand annars får stå för en alltför stor del av byggnadens värmeförluster⁴.

Tidigare har köldbryggor i flerbostadshus från modernismen och Miljonprogrammet studerats teoretiskt i fallstudier⁵. Målet med detta projekt har varit att följa upp detta med en praktisk kartläggning i större skala av vilka köldbryggor som i verkligheten har störst betydelse och skapa en kunskapsöversikt över denna del av byggnadsbeståndet. Men denna sammanställning som underlag finns förutsättningar för att generalisera och finna effektiva och kostnadseffektiva metoder för att åtgärda vanliga och betydande köldbryggor genom optimerad tilläggsisolering.

¹ EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD, 2002/91/EG) och (EPBD2, 2010/21/EU)

² [SBUF Rapport 11936](#) Berggren, Janson, Sundqvist; (2008) *Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus* samt Eriksson & Martinsson (2011) [High Performance Insulation in Energy Efficient Retrofitting](#), Nordiska Passivhuskonferensen 2011, Helsingfors

³ [SBUF Rapport 12455](#), Eriksson (2012) *Praktiska tillämpningar av högpresterande värmeisolering i ombyggnadsprojekt* samt Eriksson & Martinsson (2011)

⁴ Martinsson & Tengberg (2012) [Development of energy efficient wall for retrofitting](#), Nordiska Passivhuskonferensen 2012, Trondheim

⁵ se t.ex. [SBUF Rapport 11936](#)

Syfte

Syftet med arbetet har varit att undersöka vilka delar av konstruktionen som i praktiken utgör de mest betydande köldbryggorna hos vanligt förekommande hustyper i miljonprogrammet.

Projektgenomförande

Representativa varianter på flerbostadshus från perioden 1965-1975 som ej tilläggsisolerats identifierades för fortsatta studier. Ritningsunderlag över objekten har studerats för att identifiera troliga köldbryggor. Därefter har byggnaderna termograferats. Resultatet från termograferingen har jämförts mot de antagna köldbryggor som identifierats i ritningsstudien. Vidare har en hjälpmall för termografering utomhus i fält tagits fram. Mallen bifogas rapporten som bilaga. I arbetet har också diskuterats möjligheten att genomföra en etapp 2 som en fortsättning på termograferingsstudien. I etapp 2 kan materialet som inhämtas i denna studie nyttjas för att se över om det går att hantera köldbryggor regelmässigt genom att ta fram standardiserade tilläggsisolerkoncept anpassade för de olika studerade byggnadstyperna.

Organisation

Fastighetsägare som varit projektet behjälpliga med studieobjekt är Alingsåshem, Bostadsbolaget, Poseidon och Stena fastigheter. Arbetet med identifiering, termografering och analys har utförts av en arbetsgrupp enligt nedan. Därefter följer styr- och referensgrupp.

Arbetsgrupp

Linda Martinsson (projektledare), Skanska Sverige AB

Charlotte S Tengberg, Skanska Sverige AB

Claes Engström, Skanska Sverige AB

Anders Ljungberg, NCC Construction AB

Styrgrupp

Svante Wijk, energisamordnare, NCC Construction AB

Lena Schälin, teknksamordnare Miljonhemmet, Skanska Sverige AB

Mille Karagiannis, arbetschef, Peab Sverige AB

Pär Åhman, F&U-ansvarig Sveriges Byggindustrier, Region Väst

Eva Sikander, Byggnadsfysik och inommiljö, SP

Referensgrupp

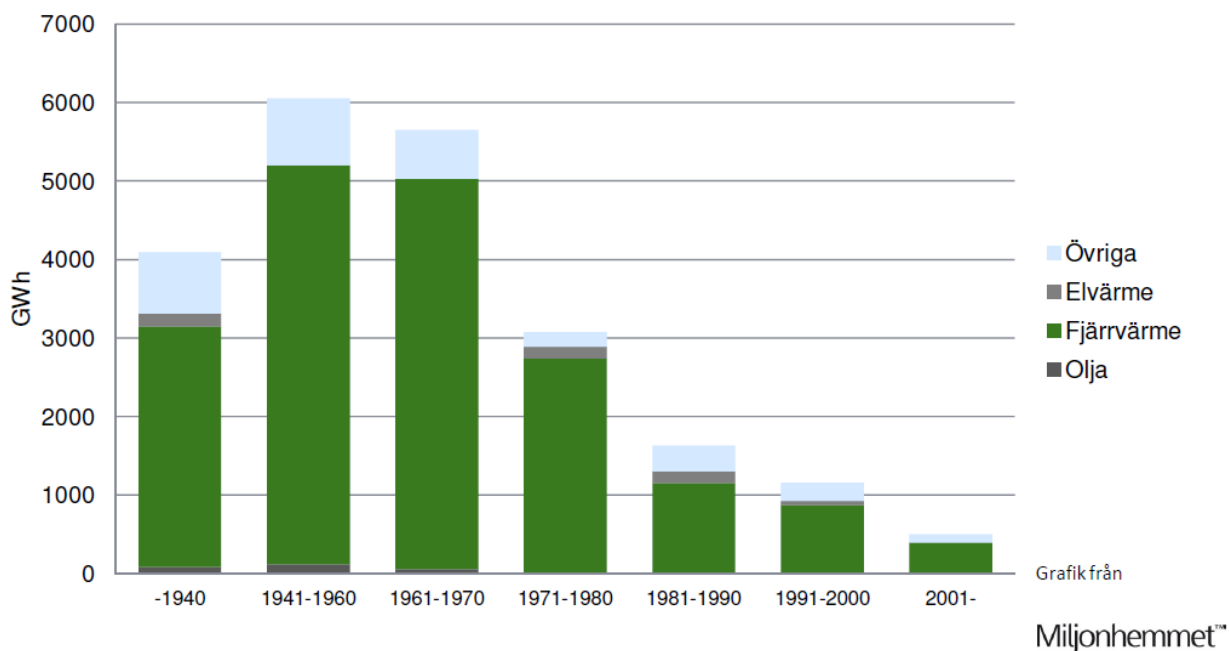
FoU Väst

Åsa Wahlström, CIT Energy Management

Representanter för berörda fastighetsägare: Alingsåshem, Bostadsbolaget, Poseidon och Stena Fastigheter.

Miljonprogrammet

Ca 35 % av Sveriges flerbostadshus härstammar från de s.k. miljonprogramsåren, 1960-1975. Den vanligaste byggnadstypen i miljonprogrammet är lamellhus följt av punkthus, loftgångshus och övriga hustyper⁶. Byggnaderna uppfördes under en period av hög prefabricering och industrialisering. Få byggnadssystem fanns men många byggare var med och uppförde byggnaderna.⁷ En stor likhet mellan de olika byggnaderna ger en god potential för generella angreppssätt vid hantering av byggnadernas fasader. Flerbostadshusen från modernismen och miljonprogrammet står för den största energianvändningen, och det är också dessa hus som idag står inför renovering.



Figur: Energianvändning per energislag och byggår för flerbostadshus (Bild: Miljonhemmet).

Nyckeltankar i projektet

Flerbostadshus från Miljonprogramsåren är idag i behov av renovering och energieffektivisering. Upprepade konstruktioner, i och mellan byggnader möjliggör generella och optimerade angreppssätt vilket kan medföra merkostnadseffektiva åtgärder. Köldbryggor bör åtgärdas av såväl energihänseende som komfort- och fuktskäl. Genom en kartläggning av representativa byggnader och jämförelse byggnaderna emellan kan en generalisering möjliggöras och underlag för generella åtgärder tas fram.

⁶ SBUF-rapport 11936 *Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus*

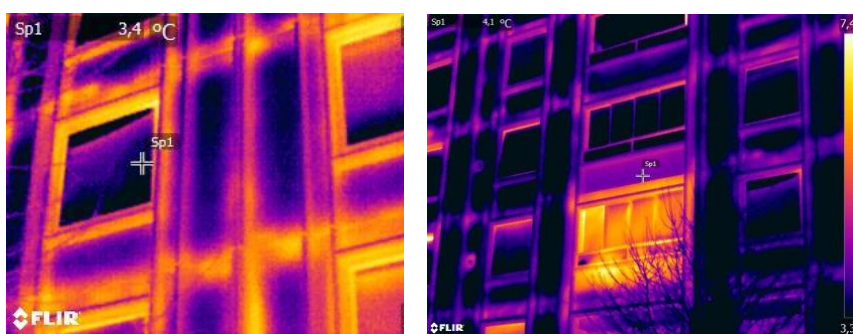
⁷ Stenberg, E (red) *Structural systems of the Million Program Era*

Termografering

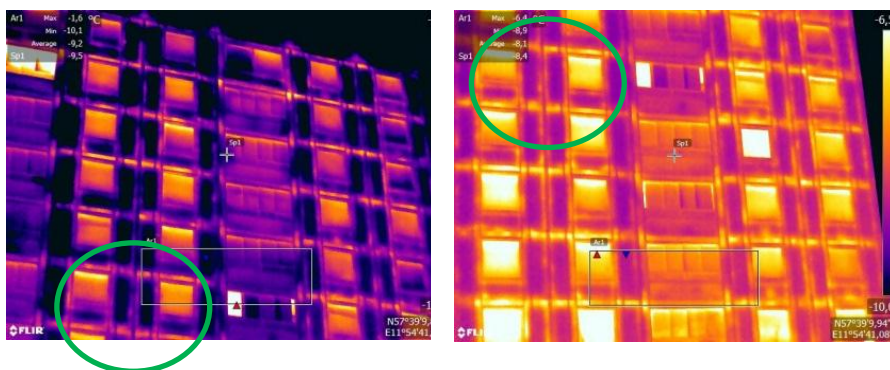
Termografering är att med en värmekamera registrera infraröd strålning som sänds ut från t.ex. ett hus eller en människa och kunna visa detta direkt på en bildskärm. Termogrammet ger en avbild av fördelningen av den skenbara strålningstemperaturen över en yta. Kameran mäter bara infraröd strålning, inte temperatur. Yttertemperaturerna bedöms sedan genom strålningsintensiteten.

Påverkande faktorer

Termograferingsresultatet påverkas av en rad faktorer. Olika kameror anger olika temperaturer pga. olika detektorer, linser och olika upplösning, se Figur 1. Vidare ger en och samma kamera olika resultat beroende av kalibrering vilket visas i figur Figur 2.



Figur 1 Samma inställning, olika kameror.

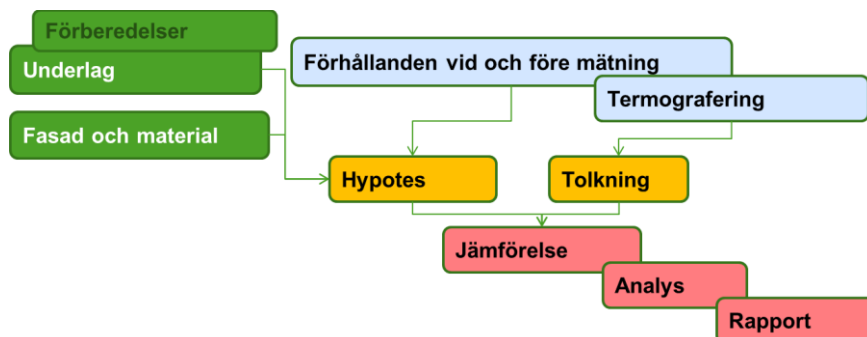


Figur 2 Samma kamera, 1 min. mellan termograferingarna.

Materialet som termograferas har olika reflektans och ytstruktur vilket också påverkar resultatet av termograferingen. Vidare påverkar en rad andra parametrar såsom värmelagring i konstruktionen, vind och luftrörelser, solljus (direkt och diffust), utomhustemperatur, relativ fuktighet, nattutstrålning m.m. Detta sammantaget ger att den absoluta temperaturen aldrig kan fastställas med termografering. Vinkel i vilken termogrammet tas påverkar också resultatet. Ett test genomfördes under arbetet där två termogram togs på samma fasad-del (entréplan på en byggnad). Ett termogram togs från marknivå och ett termogram togs från våning 12 på motstående byggnad. Resultatet gav att ingen större avvikelse (max 0,3 °C) kunde skönjas än vad som ges om samma plats används för att ta två termogram.

Förfarande

Det finns riktlinjer för termografering givna i SS-EN 13187 *Byggnaders termiska egenskaper – Kvalitativ metod för lokalisering av termiska ofullkomligheter i klimatskärmen – Infraröd metod* som är bäst anpassad för termografering inomhus. Standarden ger ett flödesschema som följer.



Ändamålet för termograferingen måste få styra metodvalet och standarden styr termograferingen så hårt att tillämpning av standarden utomhus i fält inte är praktisk tillämpbar. För ändamålet som detta projekt ringar in krävs alltså en anpassad metod för termografering av stora byggnader utomhus.

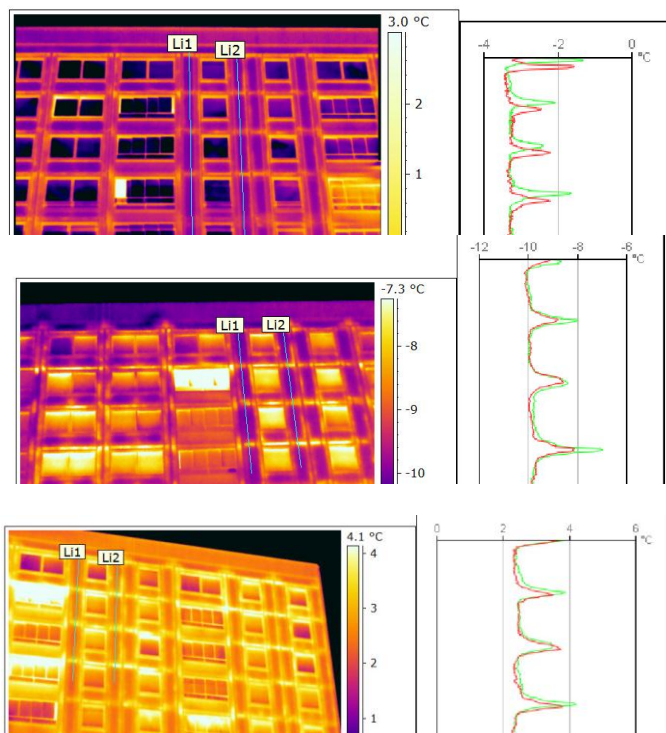
Standarden ger bl.a. att ute och innetemperaturen ska bestämmas inom $\pm 1^\circ\text{C}$. Detta är inte möjligt då en stor byggnad inrymmer ett antal lägenheter där temperaturen varierar mellan lägenheterna. Utomhustemperaturen varierar också under ett termograferingstillfälle och kan momentant variera beroende på bl. a. väderstreck, omgivning och höjd. Viktigt är dock att ha en temperaturskillnad mellan inne och ute. Denna skillnad bör vara mer än 10- 15 $^\circ\text{C}$ för termografering av miljonprogrammet. Vidare bör man inte termografera vid risk för nederbörd eller dimma då detta kommer bli ett hinder för att få bra termograferingsbilder. Fukten påverkar värmestrålningsegenskaperna för byggnadens yta och överföringen genom luften. Byggnaden som termograferas bör inte utsätta för direkt solljus. Dessa väderförhållanden påverkar starkt utkomsten av en termografering. Se bilaga 1 för mer information om störningar vid termografering.

Användning av termograferingsresultat

I projektet förenklades alltså termograferingsförfarandet pga. större osäkerheter i termografering utomhus än inomhus och då syftet är en översikt, inte en analys av detaljer eller enskilda delar.

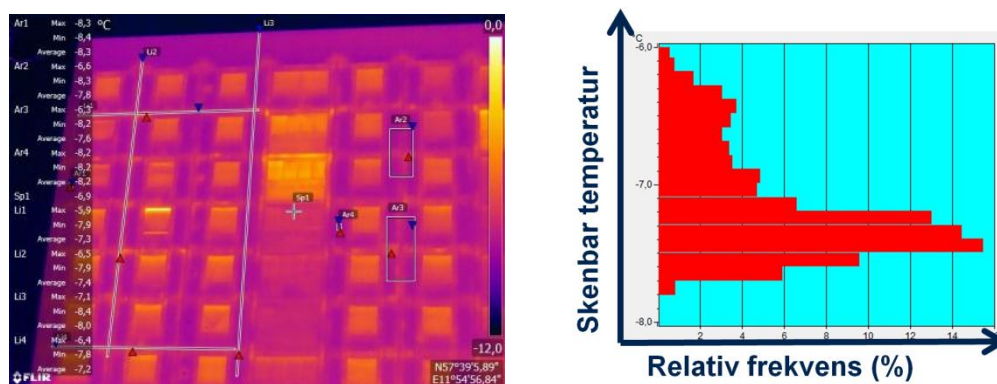
Termograferingsarbetet gav att den absoluta ytemperaturen inte kan bestämmas då man trots likvärdiga förhållanden och samma inställningar på termograferingskameran kan få olika resultat.

Dock kan en relativ jämförelse göras inom en och samma bild. Analysen kan alltså genomföras relativt och inte absolut, detta utan att ha stora krav på exaktheten i ytemperaturerna.



Figur 3 Termogram av samma fasad vid tre olika tillfällen. Graferna visar skenbar temperatur i lodräta linjer över mellanbjälklagen (använd programvara FLIR Tools +, FLIR Systems)

Genom termograferingen kan en bedömning av byggnadens köldbryggor i sin helhet göras. Genom jämförelse med övrig fasad kan typ och omfattning av köldbryggorna bedömas och det finns möjlighet att upptäcka köldbryggor som inte har identifierats i studier av ritningsunderlag. Vidare kan andra faktorer som påverkar köldbryggornas genomslag identifieras såsom ej ritade snitt, ändringar, skador och VVS-installationer. Detta kan vara avvikelser som inte behöver vara direkt kopplade till ett helhetsgrepp i form av tilläggsisolering men som kan behöva åtgärdas. Genom mjukvara för PC kan sedan histogram tas fram för att kontrollera en fasads temperatursignatur. Temperatursignaturen ger ett förhållande mellan den termograferade konstruktionens (t. ex fasadens) skenbara temperatur och relativa frekvens. Alltså utbredningen av en viss yttemperatur över ytan. Totalt är den summerade arean av histogrammet 100 % av det valda snittet.



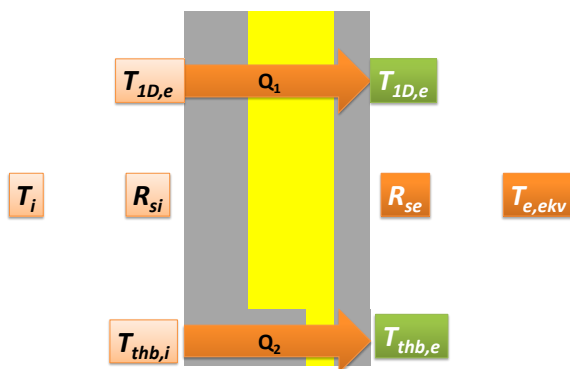
Figur 4 Skenbar temperatur och relativ frekvens (använd programvara: ThermaCAM Researcher Professional 2.10, FLIR Systems, 2012).

Histogrammet ger en kvantifiering av de mönster och köldbryggor ögat ser som bygger på faktiska värden, inte hur färger, skillnader eller övergångar mellan olika färger uppfattas och visar således en relativ fördelning av yttemperaturer. Histogrammet bör göras för ett representativt utsnitt på fasaden, en fördelning som anses rättvisande mellan andel yttervägg och andel mellanbjälklag. Snittet bör vara ett återkommande snitt i fasadlösningen.

Om yttemperaturer hade varit möjliga att fastställa skulle värmefflöde genom olika konstruktionsdetaljer kunna bestämmas. Vidare skulle U-värdet (värmeledningsförmågan) för olika konstruktioner samt Ψ eller χ -värden (även dessa värden för värmeledning) för en byggnads köldbryggor beräknas vilket ger ett underlag för att beräkna effekten av tilläggsisolering.

Det faktum att yttemperaturerna endast är ungefärliga försvårar dock dessa typer av beräkningar. Istället kan en så kallad *incidensfaktor*⁸ I_{thb} beräknas. Faktorn kan beskriva förhållandet mellan köldbrygga och ostörd vägg. Ett högt värde ger att köldbryggans påverkan på konstruktionen är stor vilket ger ett större behov av åtgärder. För att beräkna incidensfaktorn bör några antaganden göras:

- Stationära förhållanden
- 1D, en-dimensionellt värmefflöde
- Samma yttre övergångsmotstånd
- $R_{se} = 0,04$ för hela väggen, motsvarande $r_{thb,se}$ och $r_{1D,se}$ i Figur 5 nedan.
- Samma emissionstal för hela väggen
- Schablonvärden för inverkan av nattutstrålning (klart väder)



Figur 4 Värmefflöde Q1 genom yttervägg och Q2 genom köldbrygga.

$$I_{thb} = \frac{Q_{thb}}{Q_{1D}} = \frac{\frac{1}{r_{thb,se}} \times A_{thb} \times (T_{thb,ss} - T_{e,ekv})}{\frac{1}{r_{1D,se}} \times A_{1D} \times (T_{1D,ss} - T_{e,ekv})} = \frac{A_{thb} \times (T_{thb,ss} - T_{e,ekv})}{A_{1D} \times (T_{1D,ss} - T_{e,ekv})}$$

Figur 5 Incidensfaktorn

⁸ Asdrubali et al, / Applied Energy 97 (2012) 365-373

Sammanfattning: Analys av termogram

Bedömning kan göras visuellt för jämförelse mot studier genomförda av ritningsunderlaget.

- Vad är karaktären för byggnaden som helhet?
- Vilka köldbryggor framträder som betydande?

→ Identifiering av typbyggnad?

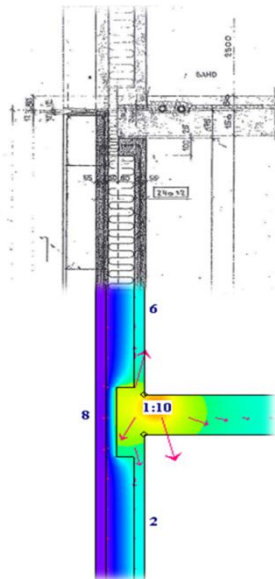
Termograferingsresultatet bör kvantifieras genom

- Relativa skillnader i temperatur samt
- Kontroll av Histogram

→ Identifiering av typbyggnad?

Beräkning av incidensfaktor kan genomföras men värmeflöden och U-värden kan inte beräknas.

I ett mer djupgående arbete kan modellering av detaljer som identifierats ha en stor påverkan på värmeflödet genomföras i ett FDM-program som HEAT2 (Finita DifferensMetoden är en numerisk metod för att finna lösningar till differentialekvationer). I detta arbete kan termogrammen utgöra underlag som referens eller facit.



Figur 6 Modellering av köldbrygga i HEAT2 (HEAT2 8.0.3.0.A. Blocon, 2011)

Slutsatser metod

- SS-EN 13187 är alltför detaljerad för översikt av stora strukturer
- Vid byggsystem med stor uppprepning: dokumentera typbild för kontroll av histogram, använd reflektor reflektorbild (se standard) samt detaljer på referens och avvikelse.
- Väderpåverkan betydande, men relativ. Viktiga krav: ej nederbörd eller dimma, ej direktsol, temperaturskillnad ute-inne $\geq 10-15^{\circ}\text{C}$
- Utrustningen påverkar, men relativt. Vinkelpåverkan försumbar.

För analysen:

Många osäkerheter – kan ge relativa svar, ej absoluta!

- Visuell översikt visar byggnadens karaktär, men ej nivåerna
- Kvantifiering av översikt möjlig, visar relativa nivåer
- Numerisk bestämning ej möjlig pga för många osäkerheter
- Vidare teoretisk analys möjlig för praktiskt betydande köldbryggor

Kartläggning av flerbostadshus

I dialog med ett antal fastighetsägare identifierades 5 områden där miljonprogramsbyggnader var uppförda. Nedan presenteras resultatet av termograferingarna. För att tydliggöra resultatet av termograferingen redovisas de olika objekten med termogram från respektive objektstudie med korta kommentarer av resultaten. I den representativa genomgången visas att en stor andel av miljonprogrammets byggnadstyper täckts in.

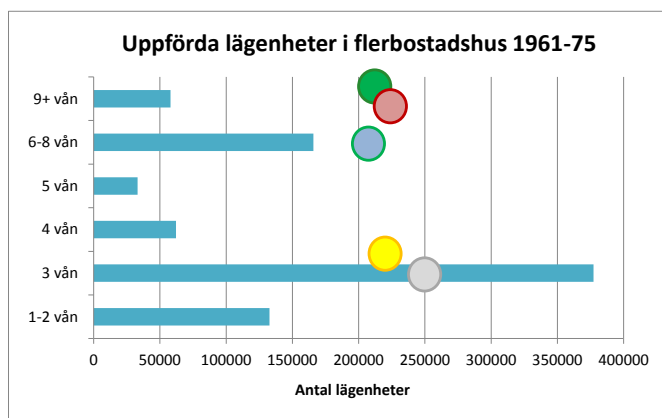
Objekt i undersökningen

- 5 hustyper, 37 hus, c:a 2500 lägenheter
- Byggår 1961-1974.
- Tre prefabricerade, två rationellt platsbyggda.
- Två typer av betongprefab – betong- eller sjöstensfasad.
- Träregelement i pelarstomme, utfackningsvägg med träreglar eller lättbetong i bokhyllstomme.
- Detaljutformning enligt prefableverantör resp. HSBs typritningar (platsbyggt).

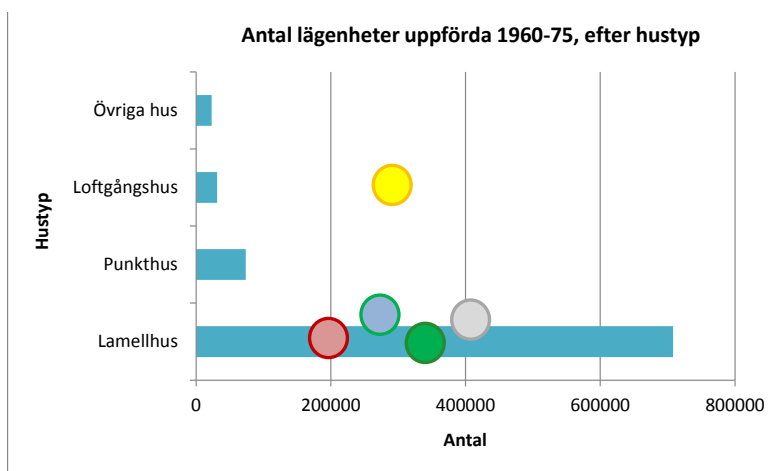
Objektens representativitet

De olikfärgade cirklarna nedan används som beteckning för de fem olika objekten i kommande diagram (**Fel! Hittar inte referenskälla. - Fel! Hittar inte referenskälla.**).

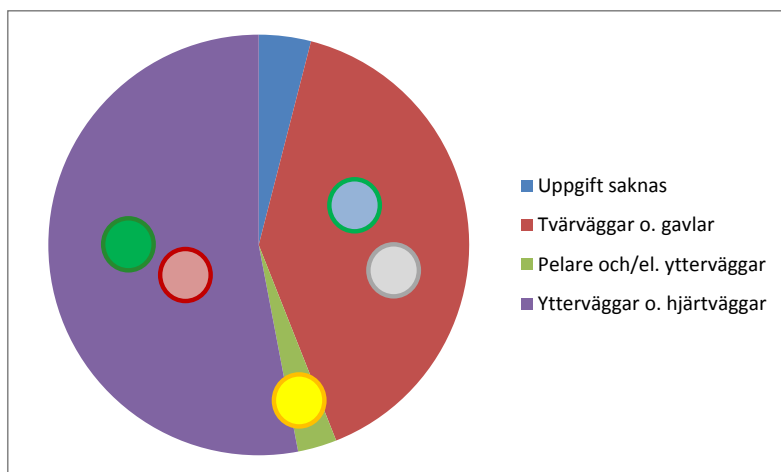
1. 12 våningar lamellhus, bärande ytter- och hjärtväggar, prefabricerade sandwichelement, betongfasad
2. 3 våningar, loftgångshus, bärande pelare och bjälklag i betong, yttervägg av träregelement, skiva/plåtfasad
3. 13 våningar, lamellhus, bärande tvärväggar och gavlar, prefab sandwich-element, sjöstensfasad och putsade gavlar
4. 7 våningar, lamellhus, bärande tvärväggar (platsgjutna), platsbyggda lättbetongväggar, tegelfasad
5. 3 våningar, lamellhus, bärande tvärväggar och gavlar (platsgjutna), platsbyggda träregelväggar, tegelfasad



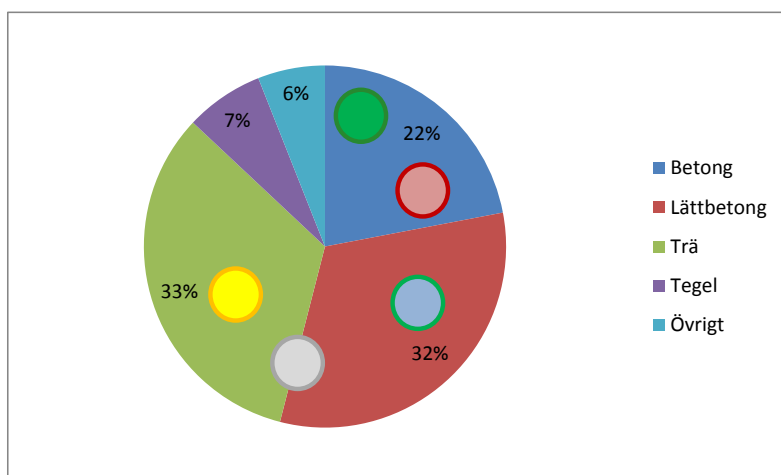
Figur 7 Boverket: Uppförda lägenheter i flerbostadshus 1961-75, fördelat på antal våningar per hus. Ur Janson, Berggren, Sundqvist (2008)



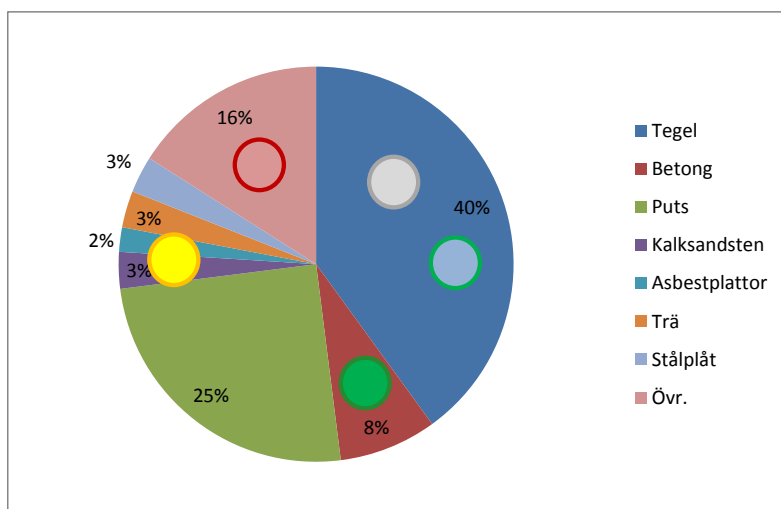
Figur 8 Boverket: Uppförda lägenheter i flerbostadshus 1961-75, fördelat på typ av byggnad. Ur Janson, Berggren, Sundqvist (2008)



Figur 9 SCB Låneobjektstatistik. Flerbostadshus byggda 1963-75 fördelade efter stomsystem. Ur Janson, Berggren, Sundqvist (2008)



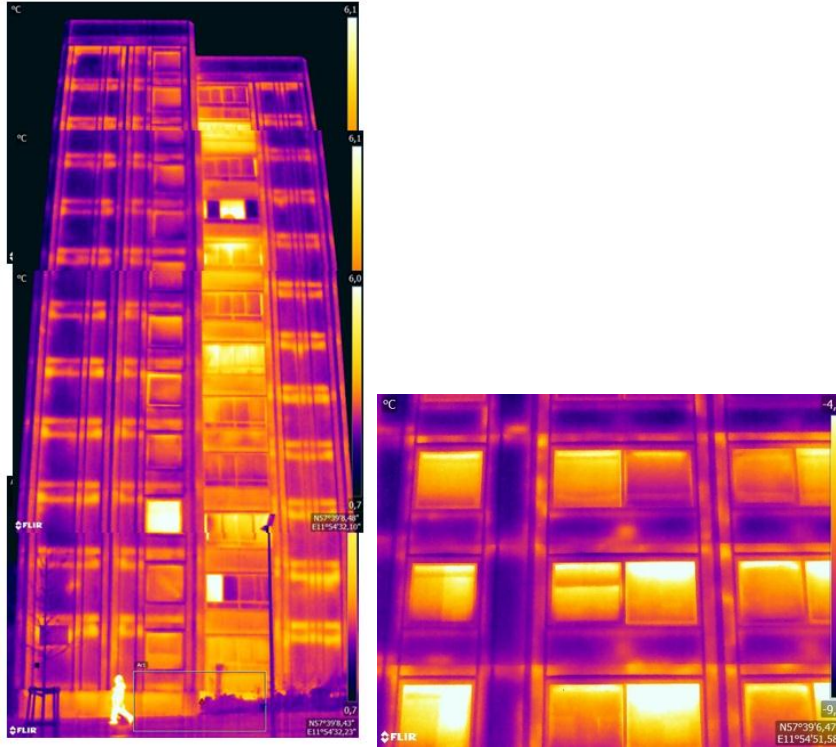
Figur 10 SCB Låneobjektstatistik. Flerbostadshus byggda 1963-75 fördelade efter stomme i ytterväggen längsida. Ur Janson, Berggren, Sundqvist (2008)



Figur 11 SCB Låneobjektstatistik. Huvudsakligt fasadmaterial, flerbostadshus byggda 1963-75. Ur Janson, Berggren, Sundqvist (2008)

Objekt 1

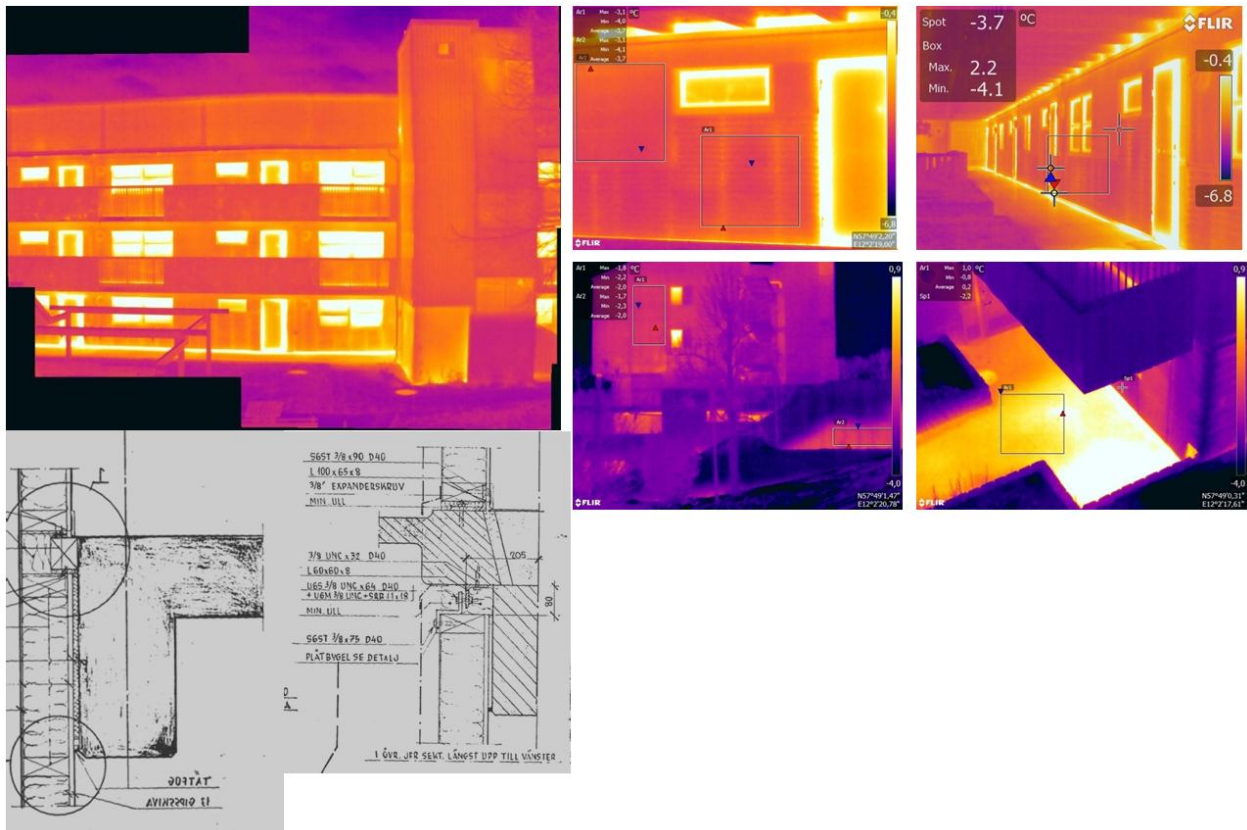
I mellanbjälklagen är köldbryggan förstärkt av värmeledningar som löper efter fasaden. Kraftiga köldbryggor ses vid sockel samt vid fönsterinfästningar och skarvar. Ursparning för före detta tilluftskanaler kan ses i fasad på långsida.



Objekt 2

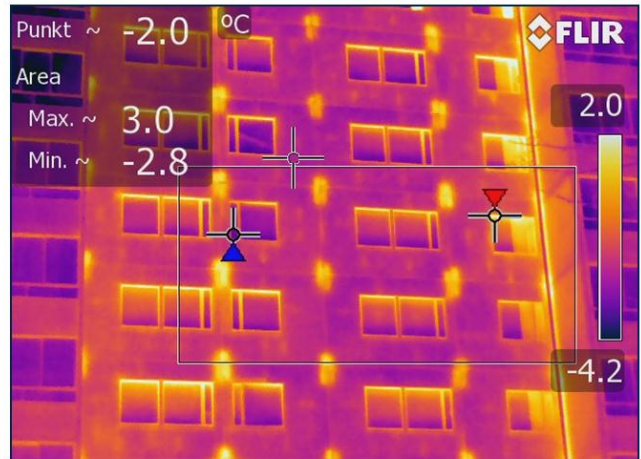
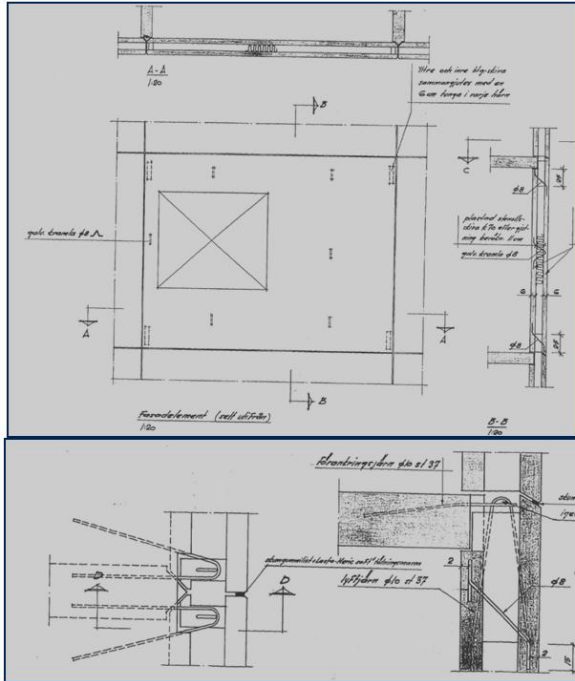
Köldbryggor ses vid loftgångar och vid källarvägg. Vidare ses genomgående infästningar. Här finns en svårighet i att bedöma bjälklagskanter och fönsterinfästningar då plåtfasader och ståldörrar stör termograferingen.

Ritningsbilderna nederst visar infästningen av träegelement till betongstomme i bjälklagskant (vänstra bilden) och anslutningen till loftgången i motsvarande läge (högra bilden). Köldbryggan i bjälklagskant förstärks kraftigt där loftgångsplattan går ut som en kylfläns genom den isolerade regelväggen.



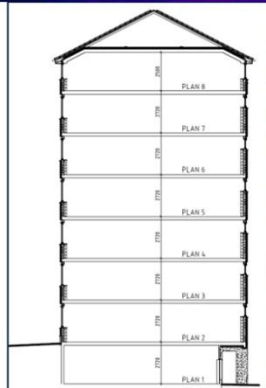
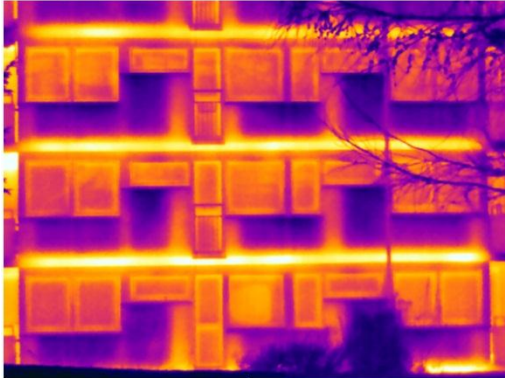
Objekt 3

Punktköldbryggor primärt i fasadinfästning av väggelement. Punktköldbryggorna kan ses i konstruktionsritningarna.



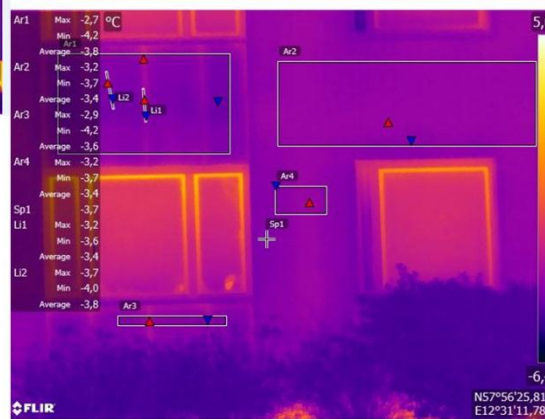
Objekt 4

Här ses stora köldbryggor i mellanbjälklagen samt i del av yttervägg. Byggnaderna värms med radiatorer kopplade till ett-rörssystem som är ingjutet i mellanbjälklagen, därav det stora genomslaget.



Objekt 5

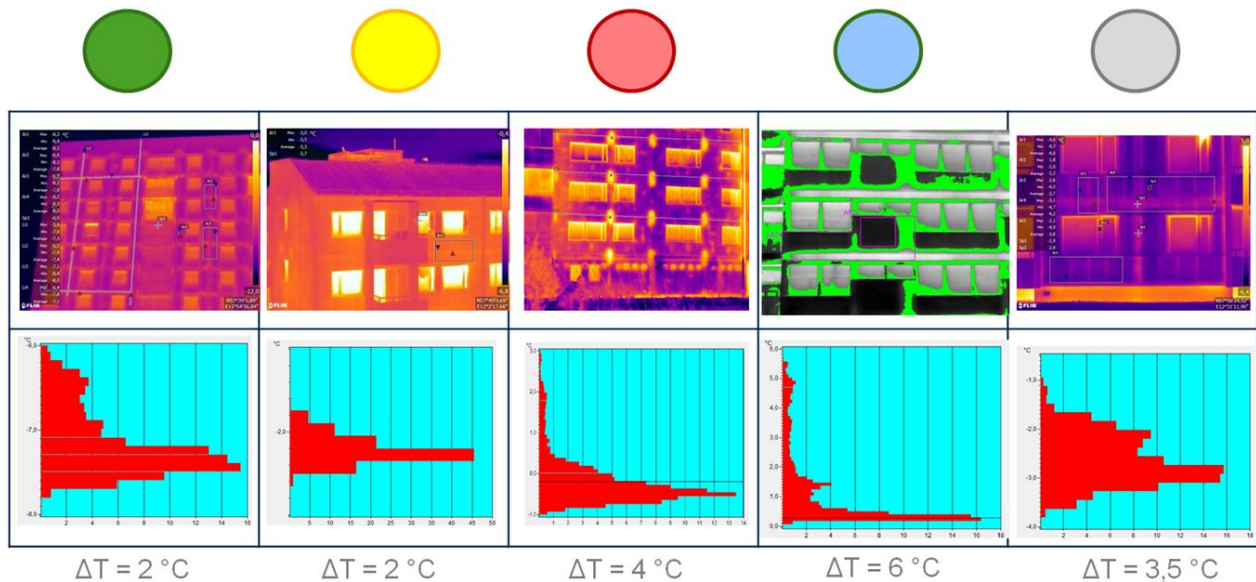
Byggnaderna har framträdande köldbryggor i bjälklagskanter, bärande tvärväggar och sockel.



De kartlagda byggnadernas karaktär

Temperatursignaturen kan styrka vilka åtgärder som kan bli aktuella. Histogrammen ger en sammanställning över ett valt område i termogrammet och en fördelning av temperaturer inom området. Ett histogram med liten temperaturspridning ger att byggnaden har köldbryggor. Ett histogram med stora temperaturskillnader har en högre andel köldbryggor, se Figur 12. För byggnader med få, avgränsade och dominanta köldbryggor kan riktade insatser vara mer intressant än för de med jämnt värmeläckage eller många små köldbryggor. Observera att värme även leds i 2D i fasaderna. Figur 12 visar att av de areaområden som valts för respektive byggnad har objekt 4 klarast framträdande köldbryggor inom området. Det bör betonas att valet av area har stor inverkan på hur histogrammet ser ut.

Området som väljs bör vara representativt för konstruktionslösningen och betrakta det område som avses hanteras vid t ex en installation av en tilläggsisolering. I nedanstående histogram-sammanställning har fönster exkluderats då de inte betraktas som en del som kan åtgärdas genom en alternativ isolering. Vidare kan inte fönsters yttemperatur bedömas på ett rättvisande sätt med ett emissivitetstal anpassat till övriga klimatskalet.



Figur 12 Histogrammen visar temperaturskillnader över byggnadernas fasader. Programvara: ThermoCAM Researcher professional 2.10 (FLIR Systems, 2012)

Sammanfattning av betydande köldbryggor i objekten

- Bjälklagskant (med/utan förstärkning från värmerör)
- Bärande innerväggar
- Balkonger/loftgångar
- Sockel (liten omfattning)
- Uppvärm� källare
- Fönsteranslutningar (stor omfattning)
- Detaljer: Elementinfästningar, ursparingar i isolerskikt

Det är en stor skillnad i mängden köldbryggor och vilka som dominerar värmeläckaget beroende på byggsystem, ytterväggens infästning, ev. större oisolerade konstruktioner samt placering av värmesystem.

Slutsatser kartläggning

En upprepning i de olika byggsystemens köldbryggor har kunnat identifieras. Alla byggnadstyper har kraftiga inslag av köldbryggor, vilka köldbryggor som har störst genomslag på transmissionsförlusterna skiljer sig kraftigt åt mellan konstruktionstyperna. Köldbryggorna kan beskrivas visuellt i termogram eller kvantitativt med temperatursignatur.

Vidare har konstaterats att ingjutna värmeledningar ger förstärkta värmeförluster. Slutsatser är svåra att dra för byggnader med ventilerade fasader eller plåtfasader. För dessa konstruktionstyper kan utvändigt termografering nyttjas för att undersöka delar av klimatskalet där inte ventilerad fasad eller plåt använts, som t ex balkonganslutning, loftgång eller sockel. Däremot blir helhetsbilder av byggnaden som t.ex. histogram inte rättvisande eftersom fasaden inte visar temperaturfördelningen i bakomliggande konstruktion.

Undersökningen täcker inte in alla byggsystem från perioden men resultaten kan ses som fallstudier av fem representativa byggnader från Miljonprogrammet.

Nyttan med termograferingen har varit att ge en snabb helhetsbild och förståelse för byggnadstypernas prestanda – en mer fullständig bild än vid ritningsgranskning.

Resultatet kan användas som underlag för åtgärdsdiskussion och/eller vidare analys av upptäckta svagheter i specifika konstruktioner. De undersökta byggsystemen kan användas som typexempel för liknande konstruktioner, och ny termografering kan göras i andra fall.

Värmerör ingjutna i bjälklagskant både förstärker värmeförlusten och motverkar komfortproblemen som köldbryggan i anslutningen orsakar – viktigt att beakta om VVS-systemet eller väggen ska förändras.

Möjligheter till fortsatt arbete

I ett fortsatt arbete med att ta fram åtgärdsförslag för renovering kan följande frågeställningar och punkter beaktas:

Går det att finna lämpliga åtgärdsmetoder med lokal användning av högpresterande isolering? Exakt hur värmen sprids i klimatskalet sett ur ett 3-dimensionellt perspektiv är svårt att bedöma genom termografering och beräkning. Därför är det också svårt att uppskatta hur en specifik åtgärd påverkar energianvändningen.

Vad blir effekten av att förändra en byggnads värmesystem? I detta arbete har konstaterats att rörsystem för radiatorer som förlagts i mellanbjälklagen ger upphov till stora värmeförluster. Hur en förändring av dessa rörsystem påverkar energianvändningen och inomhuskomforten bör utredas vidare.

Det finns idag ingen vedertagen beräkningsmetodik för att hantera dessa två frågeställningar. Då renoveringsbehovet är stort inom miljonprogrammet finns en nytta i att vidare undersöka hur detta skulle kunna utvärderas teoretiskt genom t ex simulering i energiberäkningsprogram.

Nyttan av tilläggsisolering i renovering är beroende av fastighetsägarens och byggnadens förutsättningar, om det går att räkna hem renoveringen som helhet i en LCC-modell. Resultatet av fortsatt arbete med att ta fram lämpliga åtgärdsmetoder till exempel med lokal användning av högpresterande isolering och dessa metoders kostnadseffektivitet blir i så fall indata till dessa modeller.

Referenslista

A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in buildings, Applied Energy 97 365-373 Asdrubali et al (2012)

[Development of energy efficient wall for retrofitting](#), Martinsson & Tengberg (2012)

Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus Janson, Berggren & Sundqvist (2008)

Energistatistik för flerbostadshus 2006. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden EN16 SM 0702, Statistiska centralbyrån. (2007)

EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD, 2002/91/EG) och (EPBD2, 2010/21/EU)

Flerbostadshusens förnyelse – behov och förutsättningar 2002/03. ISBN 91-

7147-797-7. Underlagsrapport från Boverket, Boverket (2003)

[High Performance Insulation in Energy Efficient Retrofitting](#), Eriksson & Martinsson (2011)

Praktiska tillämpningar av högpresterande värmeisolering i ombyggnadsprojekt [SBUF Rapport 12455](#), Eriksson (2012)

Structural systems of the Million Program Era Stenberg (red) (2013)

Så byggdes husen 1880-2000: arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år, Björk, Kallstenius, Reppen (2013)

SBUF projekt 12867

www.sbuf.se

www.laganbygg.se



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

