

Bilaga 10:

Luftläckagesökning och termografering

Sammanfattning

- Luftläckagesökning kan utföras om byggnaden är så pass tät att det går att skapa allra minst 10 Pa invändigt undertryck. Detta gäller alla klimatskalsytor som ska läckagesökas, det vill säga även ytor påverkade av vind och termisk drivkraft. Minst 20-25 Pa invändigt undertryck bör dock alltid råda och 50 Pa undertryck rekommenderas när så är möjligt. Dessa tryckskillnader gäller även termografering
- Skilj på luftläckagesökning med värmekamera och termografering (luftläckagesökning med värmekamera utgör enbart en del av en fullständig termografering)
- För att använda värmekamera för luftläckagesökning krävs undertryck enligt ovan samt allra minst 5°C temperaturskillnad över klimatskalet. Dock rekommenderas minst 10°C skillnad. Ju större skillnad ju lättare ses läckagen. Observera att den inläckande luften behöver svepa mot material som har annan temperatur än den inläckande luften själv har för att läckaget ska synas i värmekameran
- För att utföra termografering med avseende på rena isolerbrister och köldbryggor krävs relativt stora temperaturskillnader över klimatskalet. Beroende på konstruktion kan det i allmänhet (för moderna konstruktioner) krävas mellan ca 15°C och 40°C skillnad (termograferingsstandard SS-EN 13187 anger temperaturskillnad minst 3/U, det vill säga 3 dividerat med U-värdet)
- Både luftläckagesökning med värmekamera och termografering ska utföras inifrån och med invändigt undertryck
- Använd om möjligt lufthastighetsgivare eller rök (eller handen vid större luftläckage) för att verifiera de misstänkta luftläckagen som syns i värmekameran
- Luftläckagesökning utförs i omfattning som krävs av omständigheterna och syfte, t ex:
 - noggrann utvärdering av provmontage (t ex första lufttätade lägenheten i ett flerbostadshus)
 - översiktlig läckagesökning enbart för att kontrollera att det inte finns några större olämpliga luftläckage i en byggnad som redan uppfyller ställt kravvärde på lufttäthet
 - noggrann läckagesökning till underlag för att kunna tätas en byggnad som läcker mer än ställt krav
- De allra flesta termiska brister (kalla ytor, drag) i en byggnad är ofta luftläckagerelaterade, varför det är mer lämpligt att ställa krav på omfattande luftläckagesökning än på omfattande termografering. ByggaL rekommenderar att i de fall det avses ställas krav på termografering enligt SS-EN 13187 i en stor byggnad begränsas kravet till något/några representativa utrymmen, endast om dessa utrymmen har åtgärdsmissiga brister som ej relaterar till luftläckage utökas termograferingen. I övrig byggnad ställs enbart krav på luftläckagesökning med värmekamera
- Köldbryggor finns i alla byggnader och utgör normalt ingen åtgärdsmissig brist såvida de inte är sämre i verkligheten än de är på konstruktionsritningen
- Luftläckage och isolerbrister behöver normalt ha viss utbredning för att anses vara åtgärdsmissiga

- När det under luftläckagesökning eller termografering upptäcks brister som bedöms som åtgärdsmissiga ska det anges i rapport att dessa bör åtgärdas samt vad som ligger till grund för bedömningen
- Bedömning av luftläckage, isolerbrister och köldbryggor utförs utifrån möjlig påverkan på energianvändning samt utifrån vilken risk det finns med varje enskild brist bl a med avseende på risk för problem med termisk komfort, risk för fuktskada och risk för att markradon och dålig lukt tillförs byggnaden. Likvärdiga luftläckage i två olika byggnader eller på olika platser i samma byggnad kan därför bedömmas vara åtgärdsmissiga i det ena fallet men ej åtgärdsmissigt i det andra fallet
- Luftläckagesökning redovisas så utförligt som behövs med hänsyn till uppdraget och omständigheterna. Främst redovisas åtgärdsmissiga läckage, men även acceptabla läckage kan vara relevanta att redovisa. Om läckagesökningen ska ligga till grund för senare åtgärder måste den utföras och redovisas tillräckligt noggrant så det entydigt framgår var läckagen finns. Redovisning kan innefatta en, flera eller alla av nedanstående punkter:
 - Sammanfattande text
 - Termogram och foton där det tydligt framgår/förklaras vad det är som syns på dessa. Varje termogram ska ha temperaturskala anpassad till den brist som avses visas på varje enskilt termogram
 - Markering av termograms position på ritning
 - Markering av läckagens position och utbredning på ritning
- Termografering enligt SS-EN 13187 utförs lämpligen enligt förenklad metod, dock med något mer utförlig redovisning än den förenklade metoden föreskriver. Åtgärdsmissiga brister redovisas, övriga brister redovisas efter behov. Bl a behöver följande redovisas (se i övrigt SS-EN 13187):
 - Sammanfattande text
 - Termogram och foton där det tydligt framgår/förklaras vad det är som syns på dessa. Varje termogram ska ha temperaturskala anpassad till den brist som avses visas på varje enskilt termogram
 - Markering av termograms position på ritning
 - Bristers position och utbredning ska också redovisas på ritning om de inte fullt ut framgår av termogrammen (det är inte nödvändigt att redovisa termogram på alla enskilda brister av samma typ, om alla brister är markerade på ritning). För generella brister (identiska brister på många platser) behöver dock inte bristerna ritas in på ritning om tillräcklig beskrivning ges i text

Inledning

Vid luftläckagesökning, vilket kan utföras med en värmekamera och/eller med t ex lufthastighetsgivare och rök, söks bara efter luftläckage. Vid regelrätt termografering enligt standard SS-EN 13187 söks efter både rena isolerbrister, efter köldbryggor och efter luftläckage (ibland söks även efter fukt). Vid termografering används alltid värmekamera, men även t ex lufthastighetsgivare och/eller rök används även i detta fall som ytterligare hjälpmedel för att lokalisera och/eller verifiera luftläckagen. En luftläckagesökning utförd med värmekamera kan vara en del av en termografering men är ej allena en regelrätt termografering. Det förekommer att begreppen blandas ihop, t ex att byggherrar anger att termografering ska utföras när de i själva verket bara avser luftläckagesökning med värmekamera. Nedan används begreppet ”luftläckagesökning” för undersökning som enbart syftar till att leta efter luftläckage och begreppet ”termografering” används för regelrätt termografering enligt standard SS-EN 13187.

Luftläckagesökning eller termografering utförs ofta i samband med lufttäthetsmätning. Vid en termografering är det i allmänhet också till stor del luftläckage som finns, andra termiska brister så som rena isolerbrister är mindre vanligt förekommande. I denna bilaga till ByggaL berörs både luftläckagesökning och regelrätt termografering, dels eftersom båda typerna av undersökning har mycket gemensamt, dels eftersom det tyvärr förekommer mycket bristfälligt utförda undersökningar och rapporter för sådana undersökningar och riktlinjer därför behövs för båda dessa typer av undersökningar. Observera dock att regelrätt termografering innebär en mer eller betydligt mer noggrann och tidskrävande undersökning än vad en luftläckagesökning innebär, både avseende förberedelser, utförande och rapportering, och ställer större krav på omgivningsbetingelser och större krav på kunskap hos den som utför undersökningen. ByggaL tar inte upp alla aspekter att beakta vid termografering, ByggaL fokuserar främst på sökning av luftläckage.

Grundläggande förutsättningar

Byggherren kan ställa krav på att en luftläckagesökning ska utföras oavsett vilka temperaturförhållanden som råder över klimatskalet. Finns inte tillräcklig temperaturskillnad över klimatskalet för att kunna detektera luftläckage med värmekamera kan åtminstone lufthastighetsmätare eller rök användas. Byggherren kan däremot ej ställa krav på att termografering med avseende på att finna isolerbrister och köldbryggor ska utföras oavsett temperaturförhållanden. En sådan termografering utförd vid otillräcklig temperaturskillnad är ej meningsfull. Även om det ställs krav på att sådan termografering ska utföras före slutbesiktning kan i praktiken termograferingen vara tvungen att senareläggas till lämplig årstid.

Luftläckagesökning och termografering utförs normalt alltid från byggnadens insida. Termografering från byggnadens utsida medför dels många osäkerheter, bl a strålningsutbyte med mark, andra byggnader och skyn (kall himmel eller solsken), vindpåverkan och påverkan av nederbörd i form av fuktig yta vilket påverkar de yttemperaturer som värmekameran visar. Dels finns i många väggkonstruktioner en uteluftventilerad spalt bakom fasadbeklädnaden vilket medför att konstruktionens isolerförmåga ej kan bedömmas utifrån och eventuella luftläckage bakom fasadbeklädnaden kan heller ej ses såvida det inte handlar om väldigt stora brister. Massiva konstruktioner kan dock vara av visst intresse att även termograferas från utsidan främst avseende köldbryggor. Nedan avses uteslutande luftläckagesökning och termografering från insida och vid invändigt undertryck om inget annat anges.

Vid luftläckagesökning med värmekamera och termografering från insida ska ett invändigt undertryck alltid råda i byggnaden. Även om det i något fall avses att utföra en termografering enbart avseende rena isolerbrister och köldbryggor, det vill säga om eventuella luftläckage ej är av intresse, behöver ändock ett undertryck råda i hela byggnaden för att säkerställa att det absolut inte råder ett invändigt övertryck någonstans eftersom istället varm inneluft på sin väg ut genom otätheter i konstruktionen då riskerar att värma upp konstruktionen och därmed kan dölja isolerbrister och köldbryggor.

För att verifiera i värmekameran misstänkta luftläckage ska alltid om möjligt även andra metoder användas parallellt, t ex en lufthastighetsgivare eller rök. Även handen kan användas, framför allt om det gäller större luftläckage.

Bedömning av brister vid luftläckagesökning och termografering

Allmänt

Det är normalt ej rimligt att behöva åtgärda alla upptäckta luftläckage och ytor med lägre ytemperatur än förväntat. Under vissa speciella omständigheter kan det vara aktuellt att ha en ”nolltolerans”, men ofta är det rimligt att acceptera mindre luftläckage och nedkylda ytor utan åtgärd. I allmänhet behöver ett luftläckage ha viss utbredning för att bedömas utgöra en åtgärdsmissig brist. Likaså behöver en nedkyld yta dels ha en viss storlek och heller inte ha en helt obetydlig temperaturavvikelse gentemot den förväntade ytemperaturen för att utgöra en åtgärdsmissig brist.

När bedöms ett luftläckage eller en yta med lägre ytemperatur än förväntat utgöra en brist som behöver åtgärdas? Det är farligt att ange allt för specifika generella bedömningskriterier eftersom risken då är stor att inte tillräcklig anpassning görs för det enskilda fallet. Exakt vad som i praktiken är en åtgärdsmissig brist måste bedömmas från fall till fall vilket ställer krav på erfarenhet. Det finns visserligen några olika formulerade bedömningskriterier som används. Dessa kan dock aldrig användas utan anpassning till objektet och dess specifika förutsättningar, vid bedömning måste hänsyn tas till många aspekter. Den som utför bedömning av vad som är en brist som bör åtgärdas behöver ha god kännedom om byggnadsfysik.

Boverkets byggregler

Boverkets byggregler (BBR) kan användas som stöd för bedömning av brister som bör åtgärdas. Krav på byggnaden där lufttätheten i klimatskärmen nämns i föreskrift eller i allmänt råd finns i avsnitt 6 *Hygien, hälsa och miljö* och i avsnitt 9 *Energihushållning*. Byggnadens lufttäthet ska vara sådan att föreskrifterna i BBR uppfylls. De allmänna råden är nivåsättande, uppfylls ett allmänt råd kan också den del av den tvingande föreskriften uppfyllas som det allmänna rådet är kopplat till. Följande texter är hämtade från BBR (BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2017:5). Under rubrik ”Aspekter att beakta vid bedömning” utvecklar ByggaL vad detta kan innebära.

BBR avsnitt 6.23 Radon i inomhusluften. Allmänt råd bl a: *”Åtgärder för att begränsa inläckage av markradon bör utföras. Exempelvis kan tätning av genomföringar i byggnaden vara en sådan åtgärd. Byggnaden bör även i övrigt göras så lufttät som möjligt mot marken.”*

BBR avsnitt 6:255 Täthet. Allmänt råd bl a: *”Klimatskärmen bör ha tillräckligt god täthet i förhållande till det valda ventilationssystemet för en god funktion och för injustering av flöden i de enskilda rummen. Även ur fuktskadesynpunkt bör klimatskärmens täthet säkerställas.”*

BBR Avsnitt 6:42 Termisk komfort. Allmänt råd bl a: *”Dessutom bör lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte beräknas överstiga 0,15 m/s under uppvärmningssäsongen och lufthastigheten i vistelsezonen från ventilationssystemet inte överstiga 0,25 m/s under övrig tid på året.”*

BBR Avsnitt 6:531 Lufttäthet. Allmänt råd:

”För att undvika skador på grund av fuktkonvektion bör byggnadens klimatskiljande delar ha så god lufttäthet som möjligt. I de flesta byggnader är risken för fuktkonvektion störst i byggnadens övre delar, dvs. där det kan råda invändigt övertryck.

Särskild omsorg att åstadkomma lufttäthet bör iaktas vid höga fuktbelastningar som i badhus eller vid särskilt stora temperaturskillnader.

Lufttätheten kan påverka fuktillståndet, den termiska komforten, ventilationen samt byggnadens

värmeförluster.

Metod för bestämning av luftläckage finns i SS-EN ISO 9972:2015. Vid bestämning av luftläckaget bör även undersökas om luftläckaget är koncentrerat till någon byggnadsdel. Om så är fallet kan risk finnas för fuktskador.”

BBR avsnitt 6:5325 Yttertak och vindsutrymmen. Allmänt råd bl a: *”Vindsutrymmen över värmeisolerade vindsbjälklag bör anordnas så att fukt inte orsakar tillväxt av mögel och bakterier. Vid kalla tak och välisolerade bjälklag finns ökad risk för mikrobiell tillväxt, t.ex. på yttertakets insida. Särskild omsorg att åstadkomma lufttäthet bör iaktas vid ökad isolering av vindsbjälklaget.”*

BBR avsnitt 6:952 Fuktsäkerhet. Bl a: *” En byggnads lufttäthet ska vara sådan att konvektion av fuktig luft inte medför att de högsta tillåtna fukttillstånden överskrids.”*

BBR Avsnitt 9:26 Klimatskärmens lufttäthet. *”Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att kraven på byggnadens primärenergital och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.”*

Bedömningskriterier

Nedan följer exempel på bedömningskriterier som används. Som tidigare påpekats måste dock bedömning alltid göras med anpassning till det enskilda objektet och dess specifika förutsättningar.

Vid RISE/SP är ett bedömningskriterium att utgå från avseende luftläckage att det är en brist om minst ca 30 % av en anslutning har luftläckage. Exempel på detta är t ex om en golvvinkel i ett rum är 5 meter lång så måste det finnas läckage vid minst 1,5 m av anslutningen. Exakt vilken lufthastighet som uppmäts i golvvinkeln spelar mindre roll i det fallet. Skälet till det är att erfarenheter från många hus visar att det trots låga lufthastigheter vid läckage framförs klagomål på det termiska klimatet och att när sådana läckage åtgärdas finns en hel del erfarenheter av att klagomålen upphör. Ytor med lägre yttemperatur än förväntat som är större än 1 m² betecknas som brist. Bakgrunden till dessa riktlinjer är att läckage och nedkylda ytor i den angivna omfattningen enligt RISE/SPs erfarenhet (riktlinjerna anges även delvis i boken *Termografering, Kontroll av byggnaders värmeisolering och täthet* (Axén & Pettersson, 1979)) kan påverka det termiska klimatet, konstruktionens beständighet och uppvärmningskostnaderna för byggnaden. Detta är dock enbart riktlinjer som utgås ifrån, anpassning måste, som påpekats ovan, göras till det enskilda fallet. Mindre luftläckage och en mindre nedkyld yta kan ändå betecknas som en brist om dessa är vid en plats där det kan få stor påverkan på det termiska klimatet. För isolerade partier kan å andra sidan en nedkyld yta, som är större än 1 m², godtas under förutsättning att nedkylningen endast är marginell (uppmätt temperatur är nära den förväntade) samt att det inte påverkar termiskt klimat, beständighet eller uppvärmningskostnader mer än marginellt.

Ett annat bedömningskriterium som förefaller vara relativt vanligt förekommande är att lufthastighet > 1 m/s vid yttervägg vid 50 Pa tryckskillnad bedöms ej acceptabelt, vilket grundar sig på att lufthastigheten i vistelsezonen (60 cm in från yttervägg) vid 10 Pa tryckskillnad då kan överstiga 0,15 m/s. Detta bedömningskriterium är framtaget av Karl H Grimnes och redovisas i boken *Byggtermografi – En praktisk handbok* (Grimnes, 2011). Även Grimnes påpekar dock att läckagets utbredning och placering också har betydelse och att läckagen därför måste bedömmas från fall till fall.

Resonemanget bygger på att det största normala eller lämpliga invändiga undertryck som kan förväntas i en byggnad är 10 Pa (främst orsakat av ventilationssystemet). Tryckskillnaden över klimatskalet kan dock bli avsevärt större än så vid vindpåverkan på byggnaden, och det är ofta vid vindpåverkan klagomålen på den termiska komforten är störst. Det innebär i praktiken att även lägre lufthastighet än 1 m/s vid yttervägg vid 50 Pa invändigt undertryck kan ge problem

med den termiska komforten i vistelsezonen vid normala tillstånd (på många platser är det ju mer regel än undantag att det blåser både ofta och relativt hårt).

Både Grimnes bedömningskriterier och RISE/SPs bedömningskriterier finns omnämnda i den anpassade svenska versionen av *Byggtermografi – En praktisk handbok* (Grimnes, 2011).

Aspekter att beakta vid bedömning

Energi

Dels ska hänsyn tas till om byggnaden uppfyller det ställda lufttäthetskravet eller ej. Uppfylls ej lufttäthetskravet behöver de funna läckagen av den orsaken tätas tills täthetsvärdet uppnås. När lufttäthetsvärdet uppnås är det dock mer svårmotiverat att kräva ytterligare tätningsåtgärder enkom ur energisynpunkt. Undantag kan dock finnas. Energimässigt kan vissa luftläckage i praktiken ha större påverkan än andra. T ex kan stora inläckage av uteluft nära frånluftsdon innebära ”kortslutning” av ventilationen, det vill säga kall luft tillförs frånluften och luftutbytet i byggnaden försämras, vilket förutom försämrade värmeåtervinning på frånluften kan leda till ökad fönstervädring. Luftläckage som påverkar den termiska komforten kan även leda till att de boende höjer inomhustemperaturen.

Radon samt dålig lukt

Luftläckage från mark, t ex genom otätheter i en betongplatta mot mark (t ex i sprickor och kring genomföringar) eller i ej tätade rör/slangar från mark behöver alltid åtgärdas oavsett storlek på läckaget eftersom de förutom att de i sig kan medföra luftläckage också medför risk för tillförsel av bl a markradon, fukt och dålig lukt som kan påverka inommiljön. Luftläckage genom ett krypgrundsbjälklag eller från ett annat utrymme där dålig lukt kan förekomma, t ex garage eller sprum, behöver också tätas, även om läckagen är relativt små.

Alla rör/slangar dragna under betongplattan behöver tätas i mynning i byggnaden, vilket innebär att även rör/slangar som bara är dragna mellan två platser inom byggnaden men därvid är förslutna under betongplattan behöver tätas i båda ändar. Kabeldragning genom sådana slangar/rör görs ofta även i mycket sent skede i byggnationen varför det inte alltid är säkert att de har kunnat tätas permanent inför en täthetsmätning eller läckagesökning även om den utförs i en princip helt färdig byggnad. Att dessa tätats permanent bör vara en viktig kontrollpunkt även vid slutbesiktning och kan i de flesta fall enkelt kontrolleras okulärt.

Termisk komfort

Luftläckage i den omfattning och som förekommer på sådana platser att de riskerar att påverka den termiska komforten i byggnaden behöver tätas. Det innebär att luftläckage mot sådana utrymmen där personer normalt vistas inomhusklädd bör bedömmas allvarigare ur komfortsynpunkt än läckage mot sådana utrymmen där personer sällan vistas inomhusklädda. Exempelvis är ett luftläckage vid en ytterdörr direkt mot en skolsal allvarigare ur komfortsynpunkt än ett identiskt luftläckage vid entrépartiet till samma skola.

Ett luftläckage med minimal utbredning (”punktläckage”) men med en mycket hög lufthastighet kan påverka den termiska komforten i rummet trots minimal utbredning, om läckaget är så placerat att det blåser rakt mot ett ställe i ett rum där någon ofta uppehåller sig, t ex ett luftläckage i en fönstersmyg i närheten av ett skrivbord där någon ofta sitter och arbetar. Å andra sidan kan ett luftläckage med endast låg lufthastighet men med stor utbredning eller stor öppning totalt sett ge ett stort kylande luftflöde även om lufthastigheten är låg. Bedömningar görs från fall till fall.

Luftläckage i golvvinklar (anslutning yttervägg mot golv) innebär normalt större risk för påverkan på termisk komfort än vad ett identiskt luftläckage i en takvinkel (anslutning yttervägg mot mellanbjälklag eller vindsbjälklag) innebär. Luftläckage i golvvinkel kan medföra drag längs

golvet och därmed även kall golvyta. Luft som läcker in i en takvinkel hinner i viss utsträckning värmas upp innan den når ner till de som vistas i rummet, förutsatt att det inte är ett mycket stort läckage. Luftläckage i takvinklar eller genomföringar som finns ovan ett undertak torde, såvida de ej är mycket stora, oftast inte alls innebära risk för komfortproblem för de som vistas i rummet (dock kan utrymmet ovan undertaket bli relativt kallt). Således, ur komfortsynpunkt är det generellt störst risk med luftläckage vid t ex fönster, ytterdörrar, golvvinklar, genomföringar i ytterväggar samt även luftläckage där luft utifrån blåser direkt in ett bjälklag vilket underifrån kan kyla golvytan.

Fukt

Ur fuktsynpunkt, med avseende på risk för fuktkonvektionsskador (varm fuktig inomhusluft som pressas ut i konstruktionen vilket ger hög relativ fuktighet eller till och med kondens längre ut i konstruktionen), är det generellt mest olämpligt med luftläckage i de övre delarna av en byggnad eftersom risken för att det ska uppstå ett invändigt övertryck på grund av termisk drivkraft, framför allt vintertid när temperaturskillnaden över klimatskalet är som störst, är störst i övre delar av byggnad. Ju högre byggnad och ju högre temperaturskillnad ju större risk. Ventilationssystemet i byggnaden bör vara så justerat att det normalt alltid råder ett invändigt undertryck i hela byggnaden, men det kan vara svårt att åstadkomma i en hög och otät byggnad vintertid. Vindpåverkan på byggnaden medför också att det tidvis kommer råda ett invändigt övertryck. Således, ur fuktsynpunkt är det speciellt olämpligt med luftläckage t ex vid vindsluckor och andra genomföringar i vindsbjälklag/takbjälklag samt luftläckage i takvinklar och även golvvinklar om det gäller de övre våningarna i en byggnad.

I sammanhanget bör också beaktas konstruktionens känslighet för fuktskador. T ex är konstruktioner med organiskt material generellt känsligare än konstruktioner utan organsikt material. Vad det är för lokal och därmed vilket fukttillskott som kan förväntas i inomhusluften måste också beaktas. Gäller det exempelvis en simhall, kan det antas att fukttillskottet inomhus är mycket högt, varför i princip inte några luftläckage i t ex takkonstruktionen normalt sett kan accepteras. Gäller det däremot ett utrymme med mycket lågt fukttillskott kan ur fuktsynpunkt det där förmodligen accepteras mer luftläckage i taket än vad som kan accepteras i andra utrymmen i byggnaden. Exempel på detta är ett fläktrum med endast separat ingång och som inte har stora interna lufttätheter mot övrig byggnad.

Även risk för invändig ytkondens eller hög relativ fuktighet vid yta ska beaktas. Det innebär att om en yta har mycket låg ytemperatur kan den utgöra en brist som behöver åtgärdas även om ytan är liten. Vid osäkerhet angående om det finns risk för invändig ytkondens eller hög relativ fuktighet vid yta kan beräkning utföras av vilken relativ fuktighet som kan uppstå vid ytan, beroende på rimligt antaget fukttillskott i inneluften i det aktuella fallet. Detta kan även innebära att en köldbrygga i vissa fall bör bedömmas utgöra en brist även om den är utförd enligt ritning (det vill säga om den enligt ritning har så lite isolering att det i praktiken innebär risk för hög relativ fuktighet eller ytkondens på konstruktionens insida).

Termografering enligt SS-EN 13187

Med hjälp av värmekamera kan isoler- och täthetsfunktion bedömas. En yta med lägre temperatur än förväntat kan bero på luftläckage och/eller isolerbrister. Förväntad ytemperatur kan vara betydligt lägre än lufttemperaturen inne vid t ex köldbryggor där det inte finns lika mycket isolering som i konstruktionen i övrigt. Att det förekommer en köldbrygga i konstruktionen behöver alltså i sig ej vara en brist, förutsatt att den även förekommer på ritningen och inte är sämre än på ritningen. Konstruktionsutformningen är alltså grunden för om en yta har förväntad temperatur eller inte. Vad som är förväntad ytemperatur vid en köldbrygga kan dock inte avgöras utan datasimuleringar på grund av två- och tredimensionell värmetransport. Vad som är förväntad ytemperatur på insida konstruktion t ex mitt på en yttervägg långt från köldbryggor kan

dock beräknas med en enkel handberäkning, förutsatt stationärt temperaturtillstånd och att den avsedda konstruktionsuppbyggnaden är känd.

För att med hjälp av värmekamera leta efter rena isolerbrister krävs relativt stora temperaturskillnader över klimatskalet. Vilken temperaturskillnad som krävs beror på hur välisolerad konstruktionen är, beroende på konstruktion kan det i allmänhet (för moderna konstruktioner) krävas mellan ca 15°C och 40°C skillnad (SS-EN 13187 anger temperaturskillnad minst 3/U, det vill säga 3 dividerat med U-värdet), vilket innebär att termografering med avseende på isolerbrister främst kan utföras på senhöst, vinter och tidig vår. Nuvarande version av SS-EN 13187 är visserligen relativt gammal (år 1998), värmekamerornas upplösning har förbättrats sedan dess varför det kan fungera att leta efter isolerbrister vid något mindre temperaturskillnader över klimatskalet, men temperaturskillnaderna behöver likväl vara relativt stora.

Ett alternativ för att erhålla stor temperaturskillnad över klimatskalet är visserligen att höja inomhustemperaturen men det behöver i så fall utföras tillräckligt långt före termografering för att erhålla relativt stationärt temperaturtillstånd inomhus, annars försvåras termograferingen. Solstrålning på konstruktionerna är också ett problem framför allt under vår, sommar och höst vilket, när det förekommer, omöjliggör termografering framför allt med avseende på isolerbrister. Stora temperaturskillnader utomhus mellan dag och natt medför också att konstruktionerna befinner sig i instationära temperaturtillstånd vilket försvårar termograferingen. SS-EN 13187 anger provningsförutsättningar för skandinaviska förhållanden för att stationära temperaturtillstånd ska kunna anses råda om det gäller termografering av lätta konstruktioner från insida.

Helt boeronde på konstruktionens U-värde och temperaturförhållanden, och förutsatt att stationära temperaturförhållanden råder, är ofta den förväntade ytemperaturen på en modern konstruktions insida långt från köldbryggor etc. grovt räknat kring 0,2-0,6°C lägre än lufttemperaturen inomhus vintertid (ju bättre isolerad konstruktion och/eller ju mindre temperaturskillnad över klimatskalet ju mindre förväntad skillnad mellan ytemperaturen på en konstruktions insida och lufttemperaturen inomhus). Det innebär att det behövs stora temperaturskillnader över klimatskalet för att erhålla så stor skillnad i ytemperatur mellan en felfri konstruktion och en konstruktion med mindre isolerbrister att det kan avgöras att det verkligen är en brist som syns och inte bara en liten tillfällig temperaturfluktuation beroende på någon annan omständighet. Om större del av isoleringstjockleken saknas, eller den saknas helt, kan det ses vid betydligt mindre temperaturskillnader över klimatskalet, men så grova rena isolerfel är mindre vanliga.

Angående tryckskillnader som enligt ByggaL ska råda över klimatskalet vid termografering, se nedan under rubrik "Luftläckagesökning".

ByggaLs rekommendationer avseende omfattning av termografering:

De allra flesta termiska brister (kalla ytor, drag) i en byggnad är ofta luftläckagerelaterade varför de eventuella större bristerna normalt upptäcks även utan att utföra en regelrätt termografering enligt SS-EN 13187. Om byggherren ställer krav på termografering enligt SS-EN 13187 i en stor byggnad rekommenderas att detta krav begränsas till något/några representativa utrymmen, endast om dessa utrymmen har åtgärdsmissiga brister som ej beror på luftläckage utökas termograferingen. I övrig byggnad ställs enbart krav på luftläckagesökning med värmekamera.

Vid termografering enligt SS-EN 13187 finns två metoder, varav en enklare och en mer omfattande, vilka främst skiljer med avseende på vilka krav som ställs på redovisningen, men också skiljer något med avseende på krav på genomförandet. Förenklad metod är att föredra då den är något mindre komplicerad att genomföra. Mest lämplig form av redovisning är dock i praktiken oftast ett mellanting mellan de båda metoderna vilket bl a innebär redovisning av termogram

med kommentarer och positioner på ritning inklusive bristers positioner på ritning i likhet med för vad som nedan nämns för redovisning av luftläckagesökning.

Luftläckagesökning

Oftast brukar det ej hänvisas till termograferingsstandarden om det enbart är luftläckagesökning som ska utföras. Luftläckagesökning ställer ej alls så stora krav på bl a temperaturskillnad över klimatskalet och stabila temperaturförhållanden som en regelrätt termografering där det även söks efter isolerbrister och köldbryggor. Luftläckage syns oftast i värmekameran även vid relativt små temperaturskillnader över klimatskalet på grund av att luftläckage ofta ger förhållandevis stor avkyllning och luftläckagesökning med värmekamera kan därför utföras under större del av året. Det behöver vara allra minst 5°C skillnad över klimatskalet men eftersträvansvärt är åtminstone ca 10°C skillnad. Ju större skillnad ju lättare ses läckagen.

Observera att den inläckande luften behöver svepa mot material som har annan temperatur än den inläckande luften själv har för att läckaget ska synas i värmekameran. Om läckagesökningen t ex avser plastfolie i tidigt skede i byggnationen innan konstruktionen över huvud taget isolerats, är det mycket svårt att se några luftläckage i värmekameran även om det i övrigt skulle finnas tillräckligt stor temperaturskillnad mellan inomhus och utomhus. Likaså är det svårt att se luftläckage vid tunga konstruktioner när dessa på grund av värmetröghet inte hunnit värmas upp tillräckligt inför läckagesökningen om uppvärmning av byggnaden påbörjats för sent före läckagesökningen. Det innebär t ex att det kan vara svårt att se luftläckage i golvvinkel mellan betonggolvet och utfackningsvägg.

Även vid isolerade konstruktioner med tillräcklig temperaturskillnad över konstruktionen kan det dock i vissa fall vara svårt att lokalisera exakt läckagepunkt i plastfolien. Den genom plastfolien inläckande luften kan ha färdats lång väg mellan plastfolie och yttre isolering och därmed ha hunnit att värmas upp så att inläckagepunkten in till själva rumsluften inte syns i värmekameran. I dessa fall kan det dock åtminstone synas tydliga avkyllningar på de platser där den från början kalla luften passerar in genom det yttre isolerskiktet in till baksida plastfolie och i vilken riktning luften sedan börjar att färdas.

Solsken på konstruktionerna innebär problem även vid ren luftläckagesökning med värmekamera. Under vissa omständigheter kan solskenet dock till och med underlätta, t ex vid läckagesökning av ett vindsbjälklag när solen på sommaren värmer upp vindsutrymmet så att läckaget från vinden tydligt syns som inläckage av varmare luft än rumsluften.

Luftläckagesökning kan med hjälp av lufthastighetsgivare eller rök utföras även utan temperaturskillnad över klimatskalet. Luftläckagesökning med lufthastighetsgivare och rök kan även utföras vid invändigt övertryck i byggnaden.

Luftläckagesökning utförs från insidan, vid 50 Pa invändigt undertryck om möjligt. Mindre tryckskillnad kan dock vara lämpligt om läckagesökning utförs i byggskedet om all plastfolie ännu ej är så förankrad som den avses bli, t ex att inte hela den inre regelstommen i installationsspalt ännu monterats. Observera att om folien i stort sett helt saknar invändigt mothåll (bara är stiftad) är risken stor att dra loss plastfolien även vid betydligt lägre tryckskillnader än 50 Pa undertryck. Då bör istället övervägas att utföra läckagesökning vid invändigt övertryck varvid dock ej värmekamera kan användas.

Även stora tillfälliga tätningar för t ex ventilationsöppningar kan i vissa fall riskera att dras loss om de länge utsätts för stor tryckskillnad, t ex under flera timmars läckagesökning.

När fläkt för lufttäthetsmätning används för att skapa undertrycket vid luftläckagesökningen ska beaktas att det är olämpligt att köra fläktutrustningen under lång tid på låga varvtal (kan över-

hetta fläktmotor) så beroende på vilket flöde och därmed vilken strypning på fläktöppning som krävs för att åstadkomma viss tryckskillnad kan det vara lämpligare att använda mer strypning på fläktöppningen och köra på hög fläkthastighet men därmed lägre flöde och därmed lägre tryckskillnad över klimatskalet.

ByggaLs rekommendationer för utförande av luftläckagesökning:

Byggherren kan ställa krav på under vilka omständigheter och i vilken omfattning luftläckagesökning ska utföras, och hur den ska redovisas. Om byggherren inte anger något annat i sitt krav gäller dock nedanstående enligt ByggaL:

Tryck- och temperaturförhållanden vid luftläckagesökning

Luftläckagesökning utförs vid ca 50 Pa invändigt undertryck och minst 10°C temperaturskillnad över klimatskalet om det är möjligt med hänsyn till alla omständigheter (allra minst 5°C temperaturskillnad måste råda för att kunna använda värmekamera och då är det inte säkert att alla läckage syns). Minst 20-25 Pa invändigt undertryck bör alltid råda vid läckagesökning. Allra minst 10 Pa undertryck ska råda vid läckagesökningen och det gäller för hela byggnaden, det vill säga även översta delen av en hög byggnad som är påverkad av termisk drivkraft och vind. Under vissa omständigheter, t ex liten temperaturskillnad över klimatskalet och inga konstruktionsdelar som kan skadas av stora tryckskillnader, kan även högre tryckskillnad än 50 Pa vara lämpligt, t ex för att så snabbt som möjligt erhålla i värmekamera synliga luftläckage.

Luftläckagesökning utan värmekamera men med hjälp av lufthastighetsgivare eller rök kan även utföras vid invändigt övertryck (motsvarande tryckskillnader som vid undertryck) om det ej är lämpligt/möjligt att skapa ett invändigt undertryck. Temperaturskillnad behövs ej.

Omfattning av luftläckagesökning

Luftläckagesökning utförs i omfattning som krävs av omständigheterna och syftet. Är syftet t ex att utvärdera en konstruktions lufttätet i ett tidigt skede, t ex den först tätade lägenheten i ett flerbostadshus för att utifrån resultatet täta de övriga lägenheterna på bästa sätt ska läckagesökningen utföras grundligt, både avseende läckage i klimatskalet och eventuella interna läckage. Om läckagesökning utförs i samband med en täthetsmätning (i byggskede eller färdig byggnad) och byggnaden har god total lufttätet (det ställda lufttätetskravet, det vill säga lufttätetstalet, uppfylls) är det tillräckligt att utföra en översiktlig läckagesökning för att om möjligt upptäcka eventuella större läckage som ändå kan vara olämpliga med avseende på t ex termisk komfort, risk för fuktskador eller risk för inträngning av markluft och markradon. Om lufttätetskravet ej uppfylls utförs en grundlig luftläckagesökning med syfte att ge underlag för beslut om vilka konstruktioner som behöver åtgärdas för att det ställda lufttätetskravet ska kunna uppfyllas. **Om detta gäller del av byggnad, t ex enskild lägenhet, som ej uppfyller lufttätetskravet, är det mycket viktigt att utföra spårning av luftläckage både vid klimatskalet och vid lägenhetsskiljande konstruktioner.**

Luftläckagesökning i byggskedet när de lufttätande skikten fortfarande är synliga utförs lämpligen med byggtreprenören närvarande som då i många fall direkt kan permanent täta de luftläckage som upptäcks.

Vid luftläckagesökning av framför allt mycket lufttäta byggnader men som ändå inte är fullt så lufttäta som det ställda kravet förekommer i sällsynta fall att det inte går att finna någon orsak som kan åtgärdas så att kravet uppfylls. Det går helt enkelt inte att finna några egentliga läckage som har relevans. Det gäller om alla läckage är mycket små och diffusa och jämt utspridda över klimatskalet. Efter noggrann läckagesökning bör i sådana fall frågan ställas om det är menings-

fullt att kräva att kanske många ytterligare timmars läckagesökning och tätningsarbete utförs för att försöka förbättra lufttäteten från t ex 0,17 l/sm² till 0,15 l/sm².

Redovisning av luftläckagesökning

Redovisning av läckagesökning utförs i rapport i erforderlig omfattning beroende på omständigheterna. Om läckagesökning ska utgöra grund för senare tätningsåtgärder behöver redovisningen normalt innefatta att läckage markeras på ritning, att eventuella termogram redovisas med tydliga kommentarer om vad de visar och var de är tagna (inklusive att deras position anges på ritning), samt att läckagesökningen sammanfattas i en text. Generella läckage behöver dock ej markeras på ritning om de tydligt beskrivs i text. Om termogram redovisas som visar alla de olika noterade ej generella läckagen som kan komma ifråga att åtgärda behöver heller ej läckagen i sig markeras på ritning förutsatt att termogrammens position framgår på ritning. Vanlig digitalkamerabild tagen på samma plats som termogram bör om möjligt också redovisas, för lättare identifiering av detaljer på termogram.

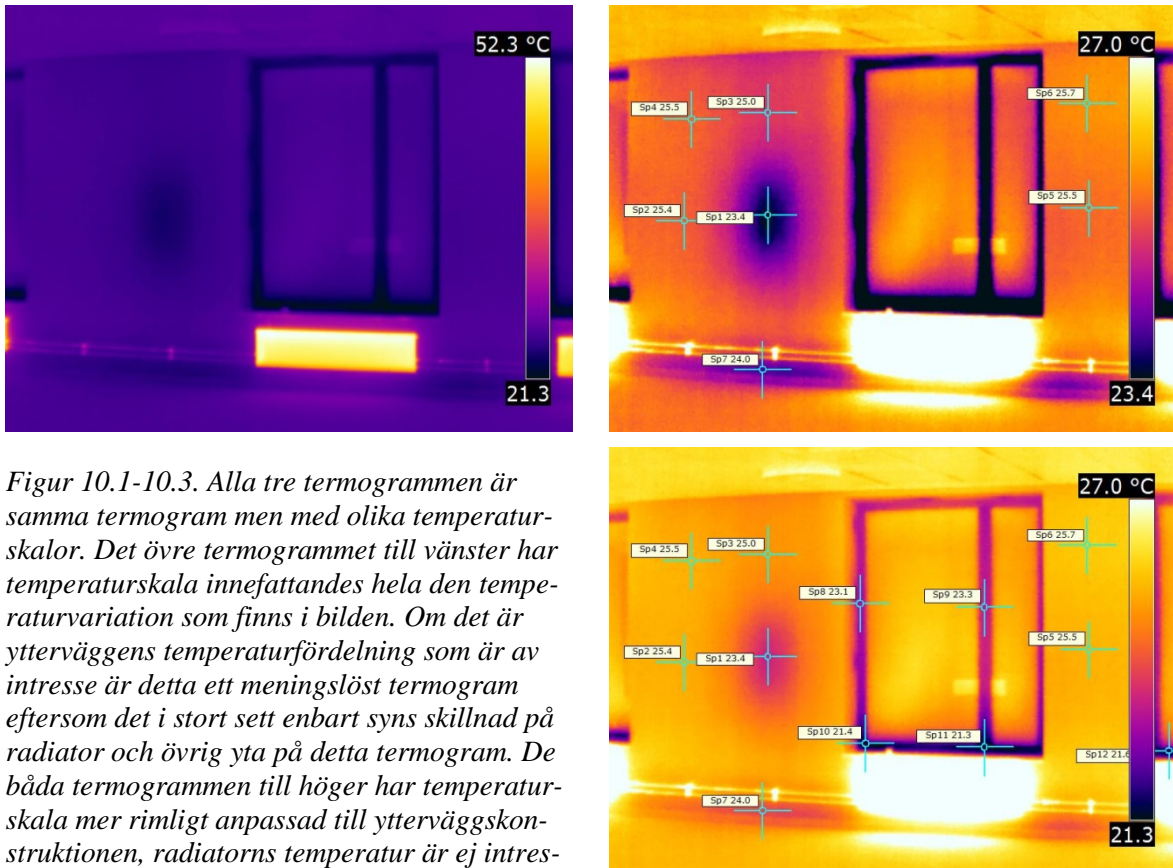
Om läckagesökningen inte ska ligga till grund för vidare tätningsåtgärder kan läckagesökningen redovisas mer översiktligt i form av kort sammanfattning och med något/några termogram med exempel på luftläckage inklusive kommentarer om vad de visar.

I rapport för luftläckagesökning ska även inne- och utelufttemperaturer framgå (om luftläckagesökning utförts i samband med lufttäthetsmätning och redovisas i samma rapport och lufttemperaturer ej varierat av betydelse däremellan räcker det dock att lufttemperaturerna framgår t ex på utskriften från dataprogrammet för lufttäthetsmätningen som är bifogat rapporten). Har solen påverkat läckagesökningen ska det också nämnas. Uppmätt tryckskillnad över klimatskalet ska framgå, liksom hur denna tryckskillnad åstadkoms. Vilka delar av byggnaden som läckagesökts ska framgå om ej hela byggnaden läckagesökts. Vad för utrustning som använts för läckagesökningen ska framgå.

Observera att all ovanstående redovisning gäller luftläckagesökning utan några hänvisningar till termograferingsstandard SS-EN 13187. Om termografering utförs enligt SS-EN 13187 finns även krav på rapport i SS-EN 13187. Det ska dock påpekas att även om termografering utförs med hänvisning till förenklad metod enligt SS-EN 13187 är det lämpligt att redovisa termogram med kommentarer och positioner på ritning inklusive bristers positioner på ritning i likhet med för vad som ovan nämnts för redovisning av luftläckagesökning.

Redovisning av termogram

Termogram ska alltid redovisas med anpassade, relevanta temperaturskalor. Med detta avses att temperaturskalan ska vara så inställd att det luftläckage eller den nedkylda yta eller dylikt som avses visas på termogrammet ska synas så tydligt som möjligt. Det innebär att i stort sett varje enskilt termogram behöver ha en egen temperaturskala, som ofta behöver vara relativt snävt inställd, och framför allt ska extra varma ej relevanta partier som t ex radiatorer, rör och lampor i de flesta fall förpassas utanför termogrammens temperaturskala (såvida inte uppdraget speciellt är att termografera dessa extra varma partier) varvid de normalt uppträder som vita områden. Eftersom termogrammens temperaturskala via programvara är inställbar i efterhand finns det inget som hindrar att samma termogram redovisas i flera exemplar men med olika temperaturskalor, om så behövs för tydlighets skull. Figur 10.1-10.3 nedan visar exempel på termogram med ej relevant respektive relevant temperaturskala.



Figur 10.1-10.3. Alla tre termogrammen är samma termogram men med olika temperaturskalar. Det övre termogrammet till vänster har temperaturskala innefattandes hela den temperaturvariation som finns i bilden. Om det är ytterväggens temperaturfördelning som är av intresse är detta ett meningslöst termogram eftersom det i stort sett enbart syns skillnad på radiator och övrig yta på detta termogram. De båda termogrammen till höger har temperaturskala mer rimligt anpassad till ytterväggskonstruktionen, radiatorns temperatur är ej intressant och ligger därför utanför temperaturskalan på termogrammen. Det övre högra termogrammet är enbart anpassat till ytterväggen för att så tydligt som möjligt åskådliggöra det område med lägre yttemperatur än förväntat som finns till vänster i bilden medan fönsterkarmen som har än lägre yttemperatur också ligger utanför temperaturskalan. På termogrammet längst ner till höger är även fönsterkarmens yttemperatur inkluderad i termogrammets temperaturskala. Eftersom det övre högra termogrammet kan missuppfattas som visandes en extremt dålig fönsterkarm behöver det dock i texten i detta fall förklaras att temperaturskalan på det termogrammet är anpassad till väggen, ej fönsterkarmen, samt att även det nedre termogrammet, där karmens temperatur ligger inom termogrammets temperaturskala, behöver redovisas. I detta fall skulle det dock vara tillräckligt att enbart redovisa det nedre termogrammet, eftersom det område med lägre yttemperatur än förväntat på väggen som finns till vänster på termogrammet framgår relativt tydligt även med den temperaturskala som använts på detta termogram.

Angivelse av brister

När det under luftläckagesökning eller termografering upptäcks brister som bedöms som åtgärdsmissiga ska det anges i rapport att dessa bör åtgärdas samt vad som ligger till grund för bedömningen (att det bedöms föreligga risk för fuktkonvektionsskada, risk för drag etc).

Bedömning av lufttätthet utifrån luftläckagesökning

Problematiken med att mäta verklig lufttätthet i klimatskalet för en enskild lägenhet har medfört att det ibland förekommer att lägenheter beroende på resultat av luftläckagesökning bedöms klara ett ställt lufttätthetskrav för klimatskalet även om det uppmätta lufttätthetsvärdet ej uppfyller det ställda lufttätthetskravet. **Generellt sett är sådana bedömningar mycket svåra att göra och det krävs därför stor kunskap och erfarenhet för att göra sådana bedömningar. Det är mycket svårt att bedöma storleken på luftläckage** varför sådana bedömningar endast kan

utföras i undantagsfall. För att en sådan bedömning ska kunna ha förutsättning att ha någon relevans krävs dels att det uppmätta lufttäthetsvärdet ligger nära det ställda lufttäthetskravet och dels krävs att det vid noggrann luftläckagesökning i stort sett enbart förekommer läckage i lägenhetsskiljande konstruktioner och att de läckagen är relativt stora samtidigt som det enbart förekommer mycket små eller inga luftläckage i klimatskalet (läckagen ska tydligt redovisas i rapport). Huruvida byggherren accepterar en sådan bedömning är helt upp till byggherren.