

Branschstandard ByggaL

Metod för byggande av lufttäta byggnader



Innehållsförteckning

Bakgrund	3
Syfte	3
Avsiktsförklaring	3
Användaranvisning	3
Branschstandard ByggaL – metodgenomgång	4
1 Programskedet	4
1.1 Inventering vid ombyggnad	4
1.2 Byggherrens lufttäthetskrav	4
1.3 Upphandling och kontraktsgenomgång	4
1.4 Utse ansvarig för byggherrens uppföljning	4
2 Projekteringsskedet	5
2.1 Genomgång av byggherrens lufttäthetskrav och metoder för uppföljning	5
2.2 Utse samordningsansvarig för projektering av lufttäthet	5
2.3 Projektering	5
2.4 Uppföljning och granskning av projektering	5
2.5 Planering inför produktion	6
2.6 Överlämnande till produktion	6
3 Produktionsskedet	7
3.1 Byggherrens lufttäthetskrav och resultat från projektering kommuniceras till produktion	7
3.2 Utse samordningsansvarig för lufttäthetsfrågorna under produktion	7
3.3 Produktion	8
3.4 Uppföljning och kontroll i produktion	8
3.5 Täthetsmätning och luftläckagesökning	8
3.6 Överlämnande till förvaltning	8
4 Förvaltningsskedet	9
5 Bilagor till branschstandard ByggaL	10
Referenser	11

Bakgrund

Branschstandard ByggaL omfattar en metod som säkerställer, dokumenterar och kommunicerar lufttätetsfrågorna genom hela byggprocessen. Metoden innebär ett arbetssätt för att uppfylla samhällets krav och byggherrens krav på lufttätet. Metoden ger detaljerade och kompletterande anvisningar vid bestämning av byggnaders lufttätet enligt provningsstandarden SS-EN ISO 9972:2015.

Syfte

Syftet med branschstandard ByggaL är dels att skapa en gemensam branschöverenskommelse kring tillvägagångssätt vid lufttätetsmätning och luftläckagesökning, dels att tillhandahålla en kvalitetssäkringsmetod för byggande av lufttäta byggnader.

Avsiktsförklaring och arbetsgrupp

Avsikten med branschstandarden är att beskriva ett standardiserat sätt att arbeta med lufttätet i byggprocessen baserat på den redan framtagna metoden *ByggaL – Metod för byggande av lufttäta byggnader* (Sikander 2010). Framtagandet av branschstandarden har finansierats av SBUF, RISE och övriga deltagande företag. Projektledning har skett från RISE genom Thorbjörn Gustavsson och Owe Svensson och initiativ till projektet togs av Eva Sikander, RISE samt Pär Åhman, FoU-Väst, BI. Därutöver har följande personer och företag/organisationer medverkat i framtagningen av branschstandarden. Peter Koskinen NCC, Rolf Jonsson Wäst-Bbygg, Mattias Gunnarsson Peab, Mats Fransson Akademiska Hus, Åke Blomsterberg WSP, Patrik Bengtsson Skanska, Olle Åberg Boverket samt Johan Gunnebo LF Göteborgs Stad. Dessutom har synpunkter lämnats av FoU-Väst, Paula Wahlgren Chalmers, Anders Rosenkilde TMF, Henrik Ödeen Moelven Byggmodul, Lars Tobin Anneling Tobin Consult, Stephen Burke NCC, Martin Modin Dry-IT, Linus Björnlund Conservator och Håkan Nygård CondoConsult.

Användaranvisning

Under varje rubrik i standarden finns kravtext ("ska krav") som måste uppfyllas. Dessutom finns vägledningstext (kursiv stil) som kan förtydliga, förklara eller ge exempel på vad "ska kravet" innebär. Vägledningen kan även innehålla råd. Bilagorna till branschstandarden innehåller råd och anvisningar för kravställning och verifiering av byggnaders lufttätet samt råd för kvalitetssäkringsarbete.

Förslagen till rutiner och checklistor för att nå lufttäta byggnader i denna rapport är generella och inte heltäckande. RISE Research Institutes of Sweden tar ej ansvar för hur förslagen tillämpas för enskilda byggnader. Observera att arbetet med lufttätet enligt ByggaL metoden innebär objektspecifik projektering och planering. Informationen på ByggaLs webbplats kan komma att ändras om nya fakta och erfarenheter kommer fram.

Branschstandard ByggaL är fritt tillgänglig på webbplatsen www.byggal.se

Branschstandard ByggaL – metodgenomgång

1 Programskedet

1.1 Inventering vid ombyggnad

Vid ombyggnad ska befintlig byggnad inventeras med avseende på byggnadens status ur lufttät-hetssynpunkt samt förutsättningar för förbättring av lufttätheten. Byggherren ansvarar för att detta utförs.

Vägledning:

Råd och anvisningar för inventering finns i bilaga 2.

1.2 Byggherrens lufttätetskrav

Byggherren ska besluta om vilka lufttätetskrav som ska ställas i projektet samt formulera dessa i kontraktshandlingar. Kravställningen ska omfatta minst ett prestandakrav (t ex krav på ett lufttätetstal) som ska verifieras.

Vägledning:

Förutom krav på prestanda och verifiering bör krav även ställas på kvalitetssäkring av arbetet med lufttätet. Råd och anvisningar för kravställning inklusive förslag på kravformuleringar finns i bilaga 3.

1.3 Upphandling och kontraktsgenomgång

Byggherren ska genomföra kontraktsgenomgång med avseende på kontroll av att lufttätetskraven har uppfattats korrekt.

1.4 Utse ansvarig för byggherrens uppföljning

Byggherren ska utse en ansvarig person för att följa upp lufttätetskraven och formerna för kontroll och uppföljning (kvalitetssäkringsarbetet) i projekterings- och produktionsskedet.

Vägledning:

Ansvarig person för byggherrens uppföljning kan t ex vara byggherrens fuktsakkunnige eller byggherrens energisamordnare.

Checklistorna för projektering respektive produktion (bilagorna 4 och 5) kan vara till hjälp vid planering av byggherrens uppföljning.

2 Projekteringsskedet

2.1 Genomgång av byggherrens lufttätetskrav och metoder för uppföljning

Byggherren och för lufttätet berörda projektörer ska tillsammans gå igenom projektets lufttätetskrav och stämma av eventuella frågor kring dessa och de metoder som kommer att användas för uppföljning av att kraven följs. Byggherren ansvarar för planering och genomförande av denna aktivitet.

Vägledning:

I samband med genomgång av byggherrens krav är det lämpligt att byggherren informerar om varför kraven ställts och vad konsekvensen blir om kraven inte uppfylls. Det är även lämpligt att byggherren vid detta tillfälle informerar allmänt om projektet och projektets mål och krav samt hur det ska genomföras för att aktörerna ska se helheten i projektet. Syftet är att skapa en gemensam målbild och få alla aktörer att arbeta mot det gemensamma målet.

Det kan också vara lämpligt att kombinera detta tillfälle med en allmän utbildning i lufttätet för att aktörerna ska få en gemensam kunskapsgrund.

2.2 Utse samordningsansvarig för projektering av lufttätet

I samband med upphandling av projekteringsgruppen ska byggherren eller byggherrens representant utse en samordningsansvarig för lufttätetsfrågorna bland projektörerna. Denne leder, samordnar och ansvarar för lufttätetsfrågorna i projekteringen och ansvarar för att projekteringsarbetet följer branschstandard ByggaL.

2.3 Projektering

Projektörerna ska projektera byggnadens lufttätet under ledning av samordningsansvarig projektör. Varje projektör ansvarar för lufttäteten i sina projekterade lösningar. Arbetet ska dokumenteras. Kritiska konstruktionsdetaljer ska identifieras och detaljprojekteras samt redovisas på detaljnivå i form av ritningar och beskrivningar.

Vägledning:

Checklista med förslag på kontrollpunkter vid projektering av lufttätet finns i bilaga 4.

2.4 Uppföljning och granskning av projektering

Projekteringshandlingar ska granskas internt inom projekteringsorganisationen. Granskningen ska dokumenteras och ifall byggherren så önskar redovisas. Samordningsansvarig projektör (se 2.2) leder detta arbete.

Byggherren ska försäkra sig om att lufttätetskraven beaktas vid projektering samt att projekteringen kvalitetssäkras. Byggherren ska beredas insyn i projektörernas kvalitetssäkringsarbete.

Vägledning:

Checklista med förslag på kontrollpunkter vid projektering av lufttätet (bilaga 4) kan även användas vid granskning av projekteringshandlingar.

Byggherren bör följa upp:

- Att byggherrens lufttätetskrav kommunicerats till berörda projektörer.
 - Dokumentation av projektörernas egenkontroll.
 - Dokumentation av lufttätande material och lösningar genom stickprovskontroller.
- Checklista i bilaga 4 kan användas som stöd vid denna uppföljning.*

2.5 Planering inför produktion

Projektörerna ska identifiera och dokumentera grundläggande kritiska produktionsmoment. Arbetet utgör underlag till entreprenörens kontrollprogram för lufttätet.

Vägledning:

Arbetet bör ske i samverkan med vald entreprenör (huvudentreprenör) alternativt med person/-er med produktionsteknisk kompetens. Byggherren bör precisera eventuella krav på omfattning av detta arbete.

Checklista med förslag på kontrollpunkter i produktionsskedet finns i bilaga 5.

2.6 Överlämnande till produktion

Projekteringshandlingar och underlag för kontroll och uppföljning i produktionsskedet ska sammanställas och överlämnas till entreprenören (huvudentreprenören).

Vägledning:

I en utförandeentreprenad ansvarar byggherren för denna aktivitet och i en totalentreprenad är totalentreprenören ansvarig.

3 Produktionsskedet

3.1 Byggherrens lufttätthetskrav och resultat från projektering kommuniceras till produktion

Byggherrens lufttätthetskrav och metoder för uppföljning samt resultat från projektering av lufttätthet ska kommuniceras till berörda entreprenörer. Byggherren (eller byggherrens representant) respektive samordningsansvarig projektör (se 2.2) ansvarar tillsammans för planering och genomförande av denna aktivitet.

Vägledning:

I samband med genomgången av byggherrens krav är det lämpligt att byggherren informerar om varför kraven ställts och vad konsekvensen blir om kraven inte uppfylls. Det är även lämpligt att byggherren vid detta tillfälle informerar allmänt om projektet och projektets mål och krav och hur det ska genomföras för att aktörerna ska se helheten i projektet. Syftet är att skapa en gemensam målbild och få alla aktörer att arbeta mot det gemensamma målet.

Det kan också vara lämpligt att kombinera detta tillfälle med en allmän utbildning i lufttätthet för att aktörerna ska få en gemensam kunskapsgrund.

Projektörerna tar fram relevant information från projekteringen som ska förmedlas till entreprenörer och leverantörer. Berörda projektörer bör vara med och informera entreprenörerna och leverantörerna om hur de tagit hand om byggherrens lufttätthetskrav och resultatet från projekteringen samt motivera de konstruktions- och systemlösningar som valts. Den här informationen kan ske i samband med ett informationsmöte för entreprenörer och leverantörer.

3.2 Utse samordningsansvarig för lufttätthetsfrågorna under produktion

Entreprenören (huvudentreprenören) ska utse en person som är samordningsansvarig för lufttätthetsfrågorna under produktion. Denne leder, samordnar och ansvarar för lufttätthetsfrågorna i produktionen och ansvarar för att produktionsarbetet följer branschstandard ByggaL. Personen ska finnas närvarande på byggarbetsplatsen.

Vägledning:

Arbetet kan med fördel samordnas med fuktsäkerhetsarbetet och rollen fuktsäkerhetsansvarig produktion enligt ByggaF – Metod för fuktsäker byggprocess.

3.3 Produktion

Entreprenören (huvudentreprenören) är ansvarig för att kritiska produktionsmoment identifieras, planeras, samordnas och vid behov arbetsbereds samt att kontrollprogram för lufttätthet upprättas och följs. Kontrollprogram och resultat från egenkontroll, provningar och arbetsberedningar ska vid förfrågan redovisas för byggherren.

Vägledning:

Arbetet med att identifiera produktionskritiska moment/detaljer samt upprättandet av kontrollprogram för lufttätthet bör ske i samverkan med projektör. Se även avsnitt 2.5.

Checklista med förslag på kontrollpunkter i produktionsskedet finns i bilaga 5.

3.4 Uppföljning och kontroll i produktion

Entreprenören (huvudentreprenören) ansvarar för att lufttäthetskraven beaktas under produktion samt att produktionen följer upprättat kontrollprogram för lufttätthet. Dokumentation från uppföljning i produktionsskedet ska vara tillgänglig och vid förfrågan redovisas för byggherren.

Byggherren ska försäkra sig om att lufttäthetskraven beaktas under produktion samt att upprättat kontrollprogram för lufttätthet följs. Byggherren ska beredas insyn i entreprenörernas kvalitets-säkringsarbete.

Vägledning:

Checklista med förslag på kontrollpunkter i produktionsskedet finns i bilaga 5.

Byggherren bör följa upp:

- Att byggherrens lufttäthetskrav kommunicerats till berörda entreprenörer.
- Att entreprenören identifierat och planerat produktionskritiska moment.
- Att kontrollprogram för lufttätthet upprättats och följs.
- Resultat från slutlig lufttäthetsmätning och luftläckagesökning och att lufttäthetskraven uppfylls.

3.5 Täthetsmätning och luftläckagesökning

Projektets lufttätthet ska verifieras enligt byggherrens krav. Verifiering ska ske i tillämpliga delar enligt anvisningar i ByggaL (se bilaga 6-13) såvida inte byggherren angivit något annat. Avsteg från dessa anvisningar ska redovisas av berörd aktör.

Vägledning:

Se anvisningar i bilaga 6-13.

3.6 Överlämnande till förvaltning

Entreprenören (huvudentreprenören) ska sammanställa resultat från kontroll och uppföljning av lufttättheten i produktionsskedet och överlämna till byggherren/förvaltaren.

4 Förvaltningsskedet

Under förvaltningsskedet är det lufttätande skiktet oftast oåtkomligt för underhåll och kontroll. Däremot finns det fogar och byggnadskomponenter som ingår i det lufttätande systemet vilka kan behöva underhåll och åtgärd.

Vid byggnadstekniska arbeten som påverkar byggnadens lufttäthet ska tillämpliga delar i ByggaL tillämpas.

Vägledning

Exempel på kontrollpunkter i rutin för underhåll av lufttäthet:

- *Kontrollera lufttätheten runt genomföringar, t ex vid kanaler till vind.*
- *Kontrollera lufttätheten mellan karm och båge samt dörrblad.*
- *Notera och följ upp klagomål rörande drag och kalla golv. Dessa kan bero på lufttätheter i klimatskärmen.*

5 Bilagor till branschstandard ByggaL

Följande bilagor till *Branschstandard ByggaL– Metod för byggande av lufttäta byggnader* omfattar hjälpmedel i form av checklistor, råd och anvisningar för arbete med lufttäthetsfrågor i byggprocessen enligt ByggaL metoden.

- Bilaga 1: Ordlista
- Bilaga 2: Inventering av befintlig byggnad
- Bilaga 3: Byggherrens kravformulering
- Bilaga 4: Checklista för projektering
- Bilaga 5: Checklista för produktion
- Bilaga 6: Omslutningsarea
- Bilaga 7: Metodval och tätning inför lufttäthetsmätning
- Bilaga 8: Byggnadens färdigställandegrad vid lufttäthetsmätning
- Bilaga 9: Lufttäthetsmätning
- Bilaga 10: Luftläckagesökning och termografering
- Bilaga 11: Lufttäthetsmättningsrapport
- Bilaga 12: Urval av provobjekt vid delprovning av byggnad
- Bilaga 13: Tidig luftläckagesökning

Referenser

Axén, B. & Pettersson, B. (1979). *Termografering – Kontroll av byggnaders värmeisolering och täthet*. Byggeforskningsrådet.

Bankvall, C. (2013). *Luftboken – Luft rörelser och täthet i byggnader*. Studentlitteratur.

Boverket. Boverkets byggregler, BBR. www.boverket.se

CGSB (1996). *CAN/CGSB-149.15-96 Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method Using the Building's Air Handling Systems*. Ottawa, Canadian General Standards Board.

Grimnes, K.H. (2011). *Byggtermografi – En praktisk handbok*.

Nevander, L.E & Elmarsson, B. (1994, rev 2007). *Fukthandbok - Praktik och teori*. Svensk Byggtjänst.

Sikander, E. & Wahlgren, P. (2008). *Alternativa metoder för utvärdering av byggnadsskalets täthet*. SP Rapport 2008:36.

Sikander, E. (2010). *ByggaL – Metod för byggande av lufttäta byggnader*. SP Rapport 2010:73.

SIS (2015). *SS-EN ISO 9972:2015 Byggnaders termiska egenskaper - Bestämning av byggnaders lufttäthet – Tryckprovningmetod (ISO 9972:2015)*. Stockholm, Swedish Standards Institute.

SIS (2000). *SS-EN 13829:2000 Byggnaders termiska egenskaper – Bestämning av byggnaders lufttäthet – Tryckprovningmetod (ISO 9972:1996, modifierad)*. Stockholm, Swedish Standards Institute.

SIS (1999). *SS-EN 13187:1999 Byggnaders termiska egenskaper – Kvalitativ metod för lokalisering av termiska ofullkomligheter i klimatskärmen – Infraröd metod (värmekamera) (ISO 6781:1983 modifierad)*. Stockholm, Swedish Standards Institute.

Sveby (2017). *Sveby PM – Förtydligande av areadefinitioner för tempererad golvarea, köldbryggor och lufttäthetsmätningar*. www.sveby.org

www.byggal.se

Bilaga 1:

Ordlista

Sammanställning och förklaring av viktiga begrepp och definitioner i Branschstandard ByggaL. För övrigt hänvisas till termer och definitioner i lufttäthetsprovningstandaren SS EN ISO 9972:2015 samt gällande version av Boverkets byggregler (BBR).

A_{om}

Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmda delar av bostäder eller lokaler. Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.

(Definition enligt BBR kap 9:12)

Av definitionen förstås att omslutande byggnadsdelar även inkluderar sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot ouppvärmade utrymmen, t ex ouppvärt garage, isolerat ouppvärt uterum och krypgrund. Däremot ingår inte sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot andra uppvärmda delar av bostäder eller lokaler.

Branschstandard ByggaL

Beskriver ett standardiserat sätt att arbeta med lufttäthetsfrågor i byggprocessen inklusive provning och utvärdering av byggnaders lufttäthet.

Byggherre

Byggherre är den som för egen räkning utför eller låter utföra projekterings-, byggnads-, rivnings- eller markarbeten. Byggherren behöver inte vara en fysisk person utan kan även vara en juridisk person som till exempel ett företag, en bostadsrättsförening, en kommun eller en annan myndighet.

Det är byggherren som ska se till att alla bygg-, rivnings- och markåtgärder genomförs enligt de krav som gäller för åtgärden.

Det förekommer att byggherre blandas ihop med beställare – beställare är den person eller företag som beställer arbete. Oftast ett begrepp som används i kontraktssammanhang. Byggherren är beställare gentemot kontrakterade entreprenörer.

Klimatskärm, klimatskal

Omslutande byggnadsdelar enligt BBRs definition av A_{om}, se A_{om}.

Konvektion

Överföring av värme, fukt eller annan substans med luftrörelse.

Luftflödesmätning

Mätning av luftflöde. I detta sammanhang avses mätning av det totala luftflödet (l/s) genom klimatskärmen vid lufttäthetsmätning.

Luftläckagesökning

Sökning efter luftläckage i syfte att lokalisera dess placering. Kan även ge viss information om luftläckagens storlek. Ger svar på frågan var luftläckagen finns lokaliserade.

Lufttäthetsmätning, lufttäthetsprovning

Mätning av en byggnad eller byggnadsdels lufttäthet som resulterar i ett lufttäthetstal (l/sm^2). Ger svar på frågan hur mycket luft en byggnad/byggnadsdel läcker (vid 50 Pa tryckskillnad).

Lufttäthetsprovare

Person som har kompetens och erfarenhet inom lufttäthetsprovning av byggnader. Kan utföra och redovisa lufttäthetsmätningar i enlighet med tryckprovningsmetod SS-EN ISO 9972:2015.

Anm. RISE (tidigare SP) har utvecklat och administrerar utbildningen Diplomerad Lufttäthetsprovare. En diplomerad Lufttäthetsprovare har dokumenterad utbildning samt verifierad kompetens och erfarenhet inom lufttäthetsprovning av byggnader.

Lufttäthetstal, luftläckaget

Genomsnittligt luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad (ofta medelvärdet vid 50 Pa över- och undertryck). Anges i enheten l/sm^2 (andra enheter förekommer) där arean är den yta som lufttäthetskravet är ställt på, vanligtvis klimatskärmen.

Mottryck

Vid lufttäthetsprovning av del av byggnad (t ex en lägenhet) kan angränsande utrymmen genom mottryck försättas i samma trycktillstånd som den provade delen av byggnaden varvid läckage inom byggnaden förhindras. Mottryck skapas med hjälp av fläktar i angränsande utrymmen och kan bli komplicerat att utföra om den provade delen av byggnaden gränsar till många olika utrymmen. Då kan det krävas flera mottrycksfläktar som ska styras och regleras.

Omslutningsarea, omslutningsyta

Areal (ytan) i m^2 som används vid beräkning av lufttäthetstalet, dvs. den area som uppmätt luftflöde divideras med.

När lufttäthetskravet är ställt ur energisynpunkt är utgångspunkten att omslutningsarean = A_{om} (se ovan). Beroende på hur luftläckage har hanterats i energiberäkningen kan dock avvikelser från detta förekomma. Om lufttäthetskravet inte är ställt ur energisynpunkt, utan istället är ställt ur t ex hygiensynpunkt, kan omslutningsarean på andra ytor komma ifråga.

Termisk komfort

Människans upplevelse av det termiska klimatet.

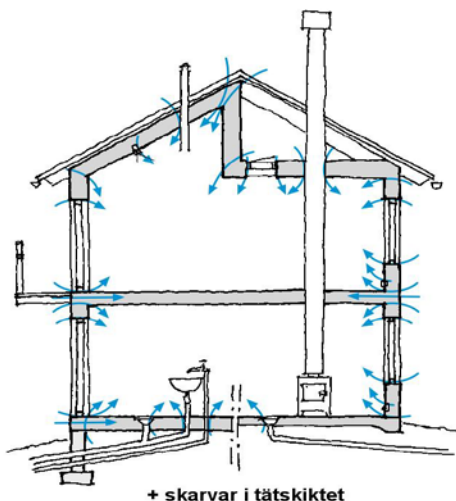
Termografering

Avbildning och bestämning av temperaturfördelning över en yta genom uppmätning av den infraröda strålningen från ytan samt bedömning av mätresultatet. Detta kan användas för att bedöma isoleringsutförande samt identifiera köldbryggor och förekomst av lufttätheter.

Undertryck, övertryck

Skillnad i lufttryck mellan två olika luftvolymmer. Enhet Pascal (Pa).

Bilaga 2: Inventering av befintlig byggnad



Inför en ombyggnad måste den befintliga byggnadens lufttätande lösningar och förbättringspotential kartläggas, förslagsvis genom systematisk inventering (se exempel på kontrollpunkter nedan). Inventeringen ligger till grund för den kommande kravformuleringen och projektörens förslag till förbättringar eller åtgärder för att bibehålla en god lufttätet. Inventering av tätnings-teknik, status och förbättringspotential kan ske okulärt och med hjälp av värmekamera alternativt lufthastighetsmätare vid undertryck i byggnaden, se vidare i bilaga 10 och 13.

Exempel på kritiska punkter ur lufttätetssynpunkt:

- Genomföringar i klimatskärm
 - o Ventilationskanaler
 - o Avslutning kring tilluftsdon
 - o Avloppsluftare
 - o Elrör/eldosor/antennuttag
 - o Avloppsrör
 - o Inkommande el
 - o Inkommande vatten
 - o Avluft från köksfläkt
 - o Rökkanaler/murstockar
 - o Inkommande fjärrvärme
 - o Spotlights
- Luftläckage mellan karm och båg (fönster och dörrar)
- Anslutningar kring dörrar, fönster och vindsluckor
- Anslutning mellan yttervägg och bottenbjälklag
- Anslutning mellan yttervägg och mellanbjälklag
- Anslutning mellan yttervägg och vindsbjälklag
- Anslutningar i samband med stödbensvägg
- Anslutning mellan prefabricerade element
- Anslutning mellan klimatskal och genomföringar av pelare, balkar m m
- Annat?

Även lufttätetmätning kan utföras i samband med inventering av befintlig byggnad. Förutom att få ett mått på lufttätet i syfte att beskriva statusen på befintlig byggnad kan även mätresultatet användas till att jämföra byggnadens lufttätet före och efter åtgärd.

Bilaga 3:

Byggherrens kravformulering

Här följer råd och anvisningar samt ett flertal förslag till hur byggherren kan formulera krav på lufttätthet.

Genomtänkta och väl formulerade lufttätthetskrav är en förutsättning för att lyckas med god lufttätthet. Det handlar dels om att välja rätt nivå på kraven, dels att formulera dem tydligt så att missuppfattningar undviks.

ByggaL ger i första hand förslag på hur lufttätthetskrav kan formuleras och följas upp. När det gäller kravnivån (prestandan) är den kopplad till byggherrens ambition och den tänkta verksamheten i byggnaden. Självklart måste dessutom Boverkets byggregler (BBR) alltid uppfyllas. ByggaL ger förslag på vissa riktlinjer att utgå ifrån vid val av kravnivåer.

Byggherrens ambitionsnivå

Ambitionsnivån hos byggherren ligger till grund för de krav som formuleras för den lufttäta byggnaden. Ambitionsnivån kan variera från byggherre till byggherre samt från ett projekt till ett annat. Avgörande för vilken nivå byggherren väljer kan t ex vara vilken energianvändning som byggherren är beredd att acceptera och vilken termisk komfort eller luftkvalitet som brukarna av byggnaden förväntar sig. Vidare kan entreprenadform och ekonomiska resonemang avgöra valet av ambitionsnivå.

Byggherrens ambitionsnivå återspeglas framförallt i:

- **Eget engagemang.** I vissa projekt kan det vara motiverat att koppla en specialist till projektet som stöd för byggherrens kravställande och uppföljning av lufttätthetsfrågorna.
- **Kravformulering**
- Val av **entreprenadform**
- Vilken **kompetens som handlas upp** vid val av projektörer och entreprenörer. Bland annat kan hänsyn tas till kompetens vid upphandling genom att värdera referensobjekt, rutiner och kvalitetssäkringsarbete vid sidan om pris. För referensobjekt är det viktigt att det framgår att det är samma personal som anlitas i det offererade arbetet som i referensobjektet.
- Att erbjuda **utbildning**/information från byggherrens sida för att uppmärksamma att lufttättheten är en viktig aspekt som kommer att följas upp i projektet (kombineras gärna med fuktsäkert byggande och energieffektiva byggnader).
- Formulerad **konsekvens** om krav inte uppfylls.
- Eventuell **belöning** om kraven uppfylls eller vissa angivna nivåer nås.

Förslag på kravformulering avseende lufttäthet

ByggaLs förslag på kravformulering är indelade efter krav på prestanda, verifiering och kvalitetssäkring.

Krav på prestanda omfattar tekniska krav på lufttäthet. Förutom lufttäthetstalet omfattar det förslag på lufttäthetskrav som kan ställas på fönster, dörrar och portar samt krav på begränsning av punktläckage. Verifieringsdelen omfattar förslag på hur prestandakraven ska verifieras och under avsnitt kvalitetssäkring finns förslag på krav som kan ställas i syfte att kvalitetssäkra arbetet med byggande av lufttäta byggnader.

I tabellen nedan redovisas kravformuleringsförslag. Kompletterande information ges efter tabellen.

Tabell 3.1. Kravformuleringsförslag

1. Prestanda	Lufttäthetstal - Byggnadens klimatskärm ska vara så lufttät att det genomsnittliga luftläckaget ej överstiger $X \cdot l / \text{sm}^2 (A_{om})$ vid $\pm 50 \text{ Pa}$. Areal som avses är A_{om} enligt BBR's definition med förtydligande i branschstandard ByggaL. <i>*Ange lufttäthetstalet med två decimaler.</i> Lufttäthetskrav på fönster, dörrar och portar - Fönster och dörrar ska uppfylla täthetskrav klass 4 avseende lufttäthet enligt SS-EN 14351-1. Klass 4 innebär ett maximalt luftläckage om $3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ vid 100 Pa tryckskillnad. - Dörrar i lägenhetsavskiljande innerväggar (interna luftläckage) ska uppfylla täthetskrav klass 4 avseende lufttäthet enligt prSS-EN 14351-2 (SS-EN 12207). Klass 4 innebär ett maximalt luftläckage om $3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ vid 100 Pa tryckskillnad. - Industriportar, garagedörrar och dylikt ska uppfylla täthetskrav klass 4 avseende lufttäthet enligt SS-EN 13241. Klass 4 innebär ett maximalt luftläckage om $3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ vid 50 Pa tryckskillnad. Begränsning av punktläckage - Större punktläckage i klimatskärmen accepteras ej med hänsyn till risk för fuktkonvektion, försämrad termisk komfort samt spridning av föroreningar och markradon. Bedömningskriterier enligt bilaga 10 i branschstandard ByggaL ska tillämpas.
---------------------	---

2. Verifiering	Lufttäthetsmätning 1. Mätning och rapportering av byggnadens lufttäthet ska utföras enligt SS-EN ISO 9972:2015 metod 2, anpassad efter anvisningar i branschstandard ByggaL. Luftläckagesökning 2. I samband med lufttäthetsmätning ska luftläckagesökning utföras med hjälp av värmekamera och lufthastighetsgivare/rök. Resultatet ska dokumenteras. Kompetenskrav 3. Lufttäthetsmätning och luftläckagesökning ska utföras av Diplomerad Lufttäthetsprovare eller person med likvärdig kompetens. Uppföljning vid garantitidens utgång 4. I syfte att följa upp och utvärdera lufttäthetens beständighet ska lufttätheten kontrolleras i samband med garantitidens utgång. Mätning och rapportering av byggnadens lufttäthet ska utföras enligt SS-EN ISO 9972:2015 metod 2, anpassad efter anvisningar i branschstandard ByggaL. I samband med lufttäthetsmätning ska luftläckagesökning utföras med hjälp av värmekamera och lufthastighetsgivare/rök. Kontrollen ombesörjs och bekostas av byggherren. <i>Byggherren kan överväga att införa villkor för resultatet från denna uppföljning.</i>
-----------------------	--

3. Kvalitetssäkring	Projektering 1. Ansvarig för byggnadens lufttätthet ska utses hos projektören. Denne leder och ansvarar för lufttätthetsfrågorna i projekteringen. 2. Kritiska konstruktionsdetaljer ska identifieras och detaljprojekteras samt redovisas på detaljnivå med hjälp av ritningar och beskrivningar. Produktion 3. Ansvarig för byggnadens lufttätthet ska utses hos entreprenören. Denne leder och ansvarar för lufttätthetsfrågorna under produktion. 4. Kritiska produktionsmoment ska identifieras, planeras och vid behov arbetsberedas. Plan för, och resultat från, egenkontroll och arbetsberedningar ska redovisas för byggherren. Material- och produktval 5. Produkter för lufttätning (t ex folier och tätningsdukar, skarvhjälpmedel, tätningsdetaljer m m) ska ha dokumenterad åldringsbeständighet och vara kompatibla med de material som de monteras mot. Dokumentation (t ex certifikat) som redovisar/bekräftar dessa egenskaper ska redovisas. 6. Dokumentation som redovisar lufttätthetsklass på fönster, dörrar och portar ska redovisas. Tidig luftläckagesökning 7. Lösningar, materialval och utförande ska utvärderas i ett tidigt skede av produktionen av entreprenören genom att det lufttäta skiktet färdigställs i del av byggnad (t ex en lägenhet) varpå luftläckagesökning utförs. Luftläckagesökningen och utvärderingen ska dokumenteras och redovisas för byggherren. Utbildning 8. Personalen på byggarbetsplatsen (bygg-, el-, ventilation-, VVS-personal) ska delta i halvdagsutbildning som tillhandahålls av byggherren och genomförs i samband med att arbetena påbörjas. 9. Personalen på byggarbetsplatsen (bygg-, el-, ventilation-, VVS-personal) ska genomgått utbildningen Energibyggarare (www.energibyggarare.se) med godkänt resultat.
----------------------------	---

1. Prestanda

Lufttätheten påverkar många funktioner i en byggnad. Ofta är det energiperspektivet som  r utgångspunkt vi dimensionering av lufttäthetskravet. Vid kravställning bör dock luftt thetens påverkan på andra funktioner också vägas in och värderas varpå dimensionerande krav på luftt thetens prestanda formuleras.

Exempel på faktorer som kan påverkas av byggnadens lufttäthet  r:

- Energianvändning
 - o Transmissionsförluster
 - o Ventilationsförluster
- Hygien (renrum, t ex operationssal)
 - o Spridning av föroreningar
- Innemiljö
 - o Termisk komfort – drag, kalla golv
 - o Luftkvalitet, styrning av luftflöden (funktion hos ventilationssystem)
 - o Luftkvalitet, spridning av föroreningar (lukter, partiklar, gaser inkl. radon)
 - o Buller – försämrad ljudisolering
- Fuktsäkerhet
 - o Fuktkonvektion
- Annat?

1.1 Lufttäthetstal

Lufttäthetstal $\leq 0,20 \text{ l/sm}^2$ kan generellt anses representera ett ambitiöst lufttäthetskrav. Om lufttätheten inte bedöms vara så viktig kan större luftläckage tillåtas, t ex $\leq 0,50 \text{ l/m}^2\text{s}$. Kravet f r dock aldrig vara sämre än antaget maximalt luftläckage i byggnadens energibalansber kning.

När lufttäthetskravet  r ställt ur energisynpunkt ska enligt branschstandard ByggaL lufttäthetstalet redovisas i enheten l/sm^2 där arean som avses  r A_{om} enligt BBR's definition med förtydligande i branschstandard ByggaL. Andra areadefinitioner eller enheter kan vara motiverade beroende på dimensionerande egenskap/funktion för lufttäthetskravet. Ett exempel på detta kan vara när lufttäthetskravet  r ställt med utgångspunkt ifrån hygienkrav i operationssalar. Väljs en annan areadefinition än A_{om} eller en annan enhet  n l/sm^2 måste byggherren tydligt redovisa och definiera denna i sitt lufttäthetskrav.

Ange lufttäthetskravet med två decimaler för att undvika tolkningsproblem. Matematiskt kan ett uppmätt lufttäthetstal på t ex $0,44 \text{ l/sm}^2$ avrundas till $0,4 \text{ l/sm}^2$. Har kravet på $0,4 \text{ l/sm}^2$ uppfyllts då?

Redovisa hur avvikelser från prestandakrav ska hanteras.

Observera att byggnadens geometri i form av relationen mellan klimatskärmens golv- tak- och ytterv ggsytor påverkar arbetsinsatsen för att nå ett visst lufttäthetstal. Generellt sett brukar det vara lättare att skapa lufttäta golvkonstruktioner jämfört med ytterv ggskonstruktioner eftersom ytterväggarna brukar ha mer skarvar, anslutningar och genomföringar i det lufttätande skiktet (fönster, dörrar, genomföringar för installationer m m). Av detta resonemang följer att det generellt sett är lättare att uppnå god lufttäthet i en stor enplansbyggnad jämfört med en flervåningsbyggnad med samma klimatsk rmsarea eftersom andelen ytterv ggsarea i relation till golv- och takarea  r större i flerv ningsbyggnaden.

1.2-1.4 Lufttäthetskrav på fönster, dörrar och portar

- 1.2 Klass 4 kan generellt anses vara ett lämpligt krav.
- 1.3 Klass 4 kan generellt anses vara ett lämpligt krav där inget särskilt krav på intern lufttäthet för övrigt ställs.
- 1.4 Klass 3 är den på marknaden vanligast förekommande lufttäthetsklassen på industriportar, garagedörrar och dylikt (år 2017). Klass 4 kan anses vara ett rimligt krav där lufttäthetsfrågan prioriteras. Högre lufttäthetsklass kan vara motiverat i byggnader med skarpa lufttäthetskrav. Ett problem är dock att urvalet av produkter som klarar klass 5 eller högre är begränsat i nuläget (år 2017).

1.5 Begränsning av punktläckage

Redovisa eventuella krav kopplat till luftläckagens placering i byggnaden. Med hänsyn till risk för spridning av markradon är lufttätheten mot mark extra viktig. Med hänsyn till risk för fukt-konvektion är lufttätheten i vindsbjälklag/parallelltak samt ytterväggar i övre delar av byggnaden extra viktig. Särskilt i byggnader med verksamhet som genererar stora fukttillskott, t ex badhus. Med hänsyn till termisk komfort så är luftläckage i anslutning till golvvinklar och fönster extra känsliga.

Bedömningskriterier för luftläckage redovisas i bilaga 10.

2. Verifiering

2.1 Lufttäthetsmätning

I provningsstandard SS-EN ISO 9972:2015 finns tre olika metoder för genomförande av lufttäthetsmätningen. Byggherren måste ange enligt vilken av metod 1, 2 eller 3 lufttäthetsmätningen ska utföras. Om metod 3 anges måste byggherren även i klartext detaljerat precisera vilka öppningar i klimatskalet som ska lämnas öppna, stängas respektive tätas vid provningen i enlighet med kapitel 5.2.3 i SS-EN ISO 9972:2015. Denna precisering ska göras i samma handling och på samma ställe som lufttäthetskravet är angivet.

Om byggherren ej angivit någon metod, eller om byggherren angivit metod 3 men ej i bygghandlingarna i klartext preciserar vilka öppningar i klimatskalet som ska lämnas öppna, stängas respektive tätas, väljs istället metod 2.

I bilaga 7 finns ytterligare information om de olika metoderna samt stängnings- och tätningsanvisningar.

Om lufttäthetsstalet verifieras före byggnaden är helt färdigställd, finns det i bilaga 8 en specifikation över lägsta nivå på färdigställandegrad som ska vara uppfylld vid lufttäthetsmätningen, såvida inte byggherren angivit något annat.

Vid verifiering av ett lufttäthetskrav som ställts på en hel byggnads klimatskärm rekommenderar ByggaL att hela byggnadens klimatskärm provas där så är möjligt.

2.2 Luftläckagesökning

Även om lufttäthetsmätningen visar att lufttäthetstalet uppfylls så bör det alltid utföras en luftläckagesökning i syfte att säkerställa att det inte förekommer punktläckage som äventyrar väsentliga funktioner i byggnaden.

Skilj på luftläckagesökning med värmekamera och termografering (luftläckagesökning med värmekamera utgör enbart en del av en fullständig termografering).

2.3 Kompetenskrav

Provning ska utföras av person som har kompetens och erfarenhet inom lufttäthetsprovning av byggnader och kan utföra och redovisa lufttäthetsmätningar i enlighet med tryckprovningssmetod SS-EN ISO 9972:2015.

Anm. RISE (tidigare SP) har utvecklat och administrerar utbildningen Diplomerad Lufttäthetsprovare. En diplomerad Lufttäthetsprovare har dokumenterad utbildning samt verifierad kompetens och erfarenhet inom lufttäthetsprovning av byggnader. Diplomerade Lufttäthetsprovare finns listade på www.byggal.se

2.4 Uppföljning vid garantitidens utgång

Det är komplicerat och svårt att bedöma beständigheten i lösningar och utförande. Uppföljning likt detta förslag kan vara ett sätt att driva utvecklingen framåt. Det innebär också att utvärderingen måste ske med eftertanke och viss försiktighet. Tex måste provningsförhållandena och eventuell påverkan på lufttätheten genom brukande av byggnaden eller vid byggnadstekniska åtgärder beaktas vid jämförelse av provresultat från olika tidpunkter.

3. Kvalitetssäkring

Se även branschstandard ByggaL – metodgenomgång.

Checklista för projektering - Lufttätthet

(förslag på kontrollpunkter)

1 (4)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Godkänd av:

.....
Datum Signatur

Lufttätthetsdetalj:	Att beakta:	Resultat	
		Redovisning:	Krävs uppföljning?
	Exempel på kritiska punkter, viktiga moment m m. Ikryssad ruta innebär att punkten är beaktad.	Kommentar till vald lösning. Hänvisning till dokument där resultat, bedömning m m redovisas.	Om uppföljning krävs ange vad som ska följas upp samt när detta ska ske.
Val av lufttätande material	☐ Det lufttätande materialets lufttätthet ska bidra till att lufttätthetskravet har möjlighet att uppfyllas.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Beständiga lösningar	☐ Välj genomgående lufttätande lösningar som är beständiga under byggnadens livslängd genom val av lösningar, material och materialkombinationer. Vid användning av tejp, tätningsmassor e dyl ska det visas att materialen är dokumenterat beständiga vid applicering mot de material som de monteras mot. Det är även viktigt att vidhäftningen är god vid de betingelser som råder (exempelvis temperatur).	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Skarvar i lufttätande skiktet/materialet	☐ Planera för så få skarvar som möjligt ☐ Val av skarvutförande, bl a med ledning från tillverkarens anvisningar för det lufttätande materialet	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Anslutningar vid fönster, dörrar och vindsluckor	☐ Val av anslutningsutförande mellan karm och väggkonstruktion. Några vanliga anslutningsutföranden är • Bottningslist och fogmassa • Tejp • Svällband ☐ Vid lätta konstruktioner: Val av detaljutförande för lufttätthet i smygen.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?

Checklista för projektering - Lufttätthet

(förslag på kontrollpunkter)

2 (4)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Godkänd av:

.....
Datum Signatur

Lufttätthetsdetalj:	Att beakta:	Resultat	
		Redovisning:	Krävs uppföljning?
	Exempel på kritiska punkter, viktiga moment m m. Ikryssad ruta innebär att punkten är beaktad.	Kommentar till vald lösning. Hänvisning till dokument där resultat, bedömning m m redovisas.	Om uppföljning krävs ange vad som ska följas upp samt när detta ska ske.
Anslutning av mellanbjälklag	☐ Anslutning av mellanbjälklag mot yttervägg konstrueras så att den kan göras lufttätt. Vid lätta konstruktioner: En princip är att dra det lufttätande skiktet hel förbi bjälklagsanslutningen.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Anslutning mellan byggnadsdelar i klimatskalet	☐ Vid lätta konstruktioner: Anslutningen mellan tätskikt i två anslutande byggnadsdelar kan utföras med • omlottläggning och klämning • skarvning med exempelvis tejp eller dubbelhäftande band där beständigheten är säkerställd vid användning tillsammans med det lufttätande skiktet.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Anslutningar mellan lätta konstruktioner och betongkonstruktioner	☐ Val av tätningsmaterial/tätremsa mellan regel/syll/hammarband och betong. Tätningsmaterial som kan ta upp ojämnheter i betongytan ger en tätare lösning. Observera att lösningen i ytter- och innerhörn måste beaktas så att inte läckage uppstår i vinkeln ☐ Infästningen av syll/hammarband har betydelse på så sätt att ju hårdare regeln monteras mot betongen desto tätare blir lösningen ☐ Val av anslutning mellan tätskikt och regel/syll/hammarband	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Lufttätthet i invändiga byggnadsdelar, t ex mellan brandceller	☐ Lufttättheten hos de invändiga konstruktionsdelarna planeras där så är nödvändigt och/eller krävts av byggherren, t ex mellan olika lägenheter/brandceller. Lufttätthet hos mellanbjälklag, mellanväggar, schakt, innerdörrar m m beaktas.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?

Checklista för projektering - Lufttätthet

(förslag på kontrollpunkter)

3 (4)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Godkänd av:

.....
Datum Signatur

Lufttätthetsdetalj:	Att beakta:	Resultat	
		Redovisning:	Krävs uppföljning?
Sällan förekommande konstruktionsdelar	Exempel på kritiska punkter, viktiga moment m m. Ikryssad ruta innebär att punkten är beaktad. ☐ Finns alla konstruktioner där skarvar förekommer redovisade? Även de sällan förekommande är viktiga t ex burspråk, terrasser	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Genomföringar	☐ Täthetsutförande vid genomföringar, t ex vid eldragningar, ventilationskanaler planeras. Vid lätta konstruktioner: läckaget minimeras/undviks om det lufttätande skiktet placeras indraget i väggen. I annat fall planeras elinstallationer så att antalet håltagningar minimeras. Även antalet genomföringar p g a ventilationskanaler och VVS-rör minimeras genom god planering ☐ Genomföringar som inte kan undvikas ska utföras lufttäta. Vanliga lösningar är exempelvis • manschetter och kragar som kan köpas i detaljhandeln eller hos olika leverantörer för att kunna göra lufttäta genomföringar. Kontrollera manschettens anslutning mot det lufttätande skiktet/materialet. • specialtillverkade kragar	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?

Checklista för projektering - Lufttätthet

(förslag på kontrollpunkter)

4 (4)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Godkänd av:

.....
Datum Signatur

Lufttätthetsdetalj:	Att beakta:	Resultat	
		Redovisning:	Krävs uppföljning?
Tillfällig håltagning	☐ Exempel: Om lösull ska installeras i slutna konstruktioner bör det i första hand planeras så att håltagning i det lufttätande skiktet/materialet undviks. Alternativt upprättas mycket noggrann kontroll av att dessa tätas helt lufttätt.	Kommentar:	☐ Ja ☐ Nej
		Hänvisning:	Vad? När?
Anvisningar till byggskedet	☐ Förutom redovisning på ritningar om hur skarvar, anslutningar och genomföringar ska utföras samlas information om kritiska arbetsmoment som överlämnas/diskuteras med byggherren. Det kan exempelvis handla om ordningsföljd för montering av byggnadskomponenter och material, rengöring av underlaget före fogning, tejpning osv ☐ Planera för en tidig täthetsprovning/läckagesökning, eventuellt i en begränsad del av byggnaden (t ex i en lägenhet/brandcell som färdigställs tidigt).	Kommentar:	☐ Ja ☐ Nej
		Hänvisning:	Vad? När?

Checklista för produktion - Lufttätthet

(förslag på kontrollpunkter i kontrollprogram)

1 (3)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Godkänd av:

.....
Datum Signatur

Lufttätthetsdetalj:	Att beakta:	Resultat	
		Redovisning:	Krävs uppföljning?
	Exempel på kritiska punkter, viktiga moment m m. Ikryssad ruta innebär att punkten är beaktad.	Kommentar till vald lösning. Hänvisning till dokument där resultat, bedömning m m redovisas.	Om uppföljning krävs ange vad som ska följas upp samt när detta ska ske.
Skarvar, anslutningar och genomföringar i lufttätande skiktet	☐ Upprätta kontrollpunkter för utförandet av skarvar, anslutningar och genomföringar enligt ritningar och beskrivningar som upprättats av projektör.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej
			Vad? När?
	☐ Planera för så få skarvar som möjligt.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej
			Vad? När?
	☐ Vid användning av tätningsmetodik som bygger på vidhäftning ska lufttätande material vara rent och torrt vid vidhäftningsytor.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej
			Vad? När?
	☐ Vid användning av tätningsmetodik som bygger på klämning med material som har fuktbetingade rörelser (t ex trä) så ska det säkerställas att materialen är så torra så att de vid uttorkning inte krymper ytterligare och därmed riskerar försämra klämeffekten.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej
			Vad? När?

(förslag på kontrollpunkter i kontrollprogram)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Datum Signatur

Lufttäthetsdetalj:	Att beakta: Exempel på kritiska punkter, viktiga moment m m. Ikryssad ruta innebär att punkten är beaktad.	Resultat	
		Redovisning: Kommentar till vald lösning. Hänvisning till dokument där resultat, bedömning m m redovisas.	Krävs uppföljning? Om uppföljning krävs ange vad som ska följas upp samt när detta ska ske.
	☐ Välj genomgående lufttätande lösningar som är beständiga under byggnadens livslängd genom val av lösningar, material och materialkombinationer. Vid användning av tejp, tätningsmassor e dyl ska det visas att materialen är dokumenterat beständiga vid applicering mot de material som de monteras mot. Det är även viktigt att vidhäftningen är god vid de betingelser som råder (exempelvis temperatur).	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
	☐ Vid lätta konstruktioner: Det lufttätande skiktet ska vara monterat så att inga veck eller bubblor uppstår. Detta kan medföra att skarven blir otät.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
	☐ Vid lätta konstruktioner: Vid omlottläggning och klämning är skarvens orientering i relation till reglars orientering viktig för att uppnå klämningseffekt. Skarvens riktning ska vara densamma som regeln som skarven ska klämmas mot.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
	☐ Finns alla konstruktioner där anslutningar förekommer redovisade? Även de sällan förekommande är viktiga, tex burspråk, terrasser. För en dialog med projektör om inte alla detaljer finns redovisade eller om utförandet är oklart.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?

Checklista för produktion - Lufttätthet

(förslag på kontrollpunkter i kontrollprogram)

3 (3)

Projekt:
Ansvarig:
Senast ändrad:

Godkänd av:

.....
Datum Signatur

Lufttätthetsdetalj:	Att beakta:	Resultat	
		Redovisning:	Krävs uppföljning?
	Exempel på kritiska punkter, viktiga moment m m. Ikryssad ruta innebär att punkten är beaktad.	Kommentar till vald lösning. Hänvisning till dokument där resultat, bedömning m m redovisas.	Om uppföljning krävs ange vad som ska följas upp samt när detta ska ske.
Tidig luftläckagesökning	☐ För att detektera luftläckage tidigt kan luftläckagesökning utföras utan att en täthetssiffra erhålls, utan istället för att identifiera förbättringsmöjligheter. Se vidare bilaga 10.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Tidig lufttätthetsprovning	☐ En del av byggnaden färdigställs så snart som möjligt för att utvärdera om lösningar är tillräckligt lufttäta. Lokalisering av läckage sker med värmekamera, luft-hastighetsmätare eller rök. Provningsen görs innan den invändiga skivan monteras och ytskikten färdigställs. Förbättringar och åtgärder vidtas så att lösningar blir lufttäta. De lufttäta lösningarna tillämpas i resten av byggprojektet.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Lufttätthetsprovning med luftläckagesökning	☐ X antal lufttätthetsprovningar med luftläckagesökning genomförs och dokumenteras under projektets gång. Olika etapper ska vara representerade. Möjlighet till förbättringar identifieras och kommuniceras.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?
Allmänt	☐ Försiktighet vidtas så att inte hål och revor i det luft-tätande skiktet uppstår. Skulle sådan uppstå ska om-sorgsfull tätning ske. ☐ Före inbyggnad av det lufttätande skiktet ska en kon-troll göras av att ingen skada eller otäthet uppstått. Gärna fotodokumentation.	Kommentar: Hänvisning:	☐ Ja ☐ Nej Vad? När?

Bilaga 6:

Omslutningsarea

Sammanfattning

ByggaL definierar i detta avsnitt hur omslutningsarean ska beräknas såvida det inte erhålls andra uppgifter i det enskilda projektet. Att rätt omslutningsarea används när lufttätthetsstalet ska beräknas är lika viktigt som att själva luftläckageflödesmätningen sker på ett korrekt sätt. Även om korrekt luftflöde uppmätts, erhålls fel lufttäthestal om luftflödet divideras med felaktig omslutningsarea.

- **Om klimatskalets lufttätthet ska verifieras ska i första hand hela byggnaden mätas.**
- **Uppmätt luftläckageflöde ska fördelas på den area som är relevant utifrån syftet med lufttätthetsmätningen.**
- I de flesta fall är lufttätthetskravet på klimatskärmens lufttätthet i första hand ställt med syfte på energianvändning. ByggaL utgår därför ifrån det såvida byggherren inte tydligt anger något annat.
- **När ett lufttätthetskrav är ställt med syfte på energianvändning är utgångspunkten att de areor som det förekommer energiförluster genom utgör omslutningsarean för lufttätthetsmätningen, det vill säga klimatskalet enligt Boverkets byggreglers (BBR) definition av A_{om} :**
Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmda delar av bostäder eller lokaler. Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.
- **Detta innebär att när ett lufttätthetskrav är ställt med syfte på energianvändning ingår enbart klimatskalets area i omslutningsarean även i sådana fall då enbart delar av byggnader lufttätthetsmäts, t ex enskilda lägenheter.** Hantering av interna läckage som i sådana fall kan påverka resultatet för lufttätthetsmätningen redogörs för under rubrik ”Problematik med omslutningsarea och lufttätthetsmätning vid delprovning av byggnad”. För vissa typer av byggnader, t ex större flerbostadshus med entré via loftgång i kombination med lätta lufttäta lägenhetsskiljande konstruktioner kan klimatskalets lufttätthet i praktiken vara omöjlig att mäta.
- **När ett lufttätthetskrav är ställt med annat syfte än energianvändning kan andra ytor än enbart klimatskalsarea vara aktuella att fördela luftläckaget på.** Detta gäller t ex operationssalar där lufttätthetskrav i första hand ställs ur ett hygienperspektiv.
- **Beskriv alltid tydligt i rapport vilka areor som medräknats i omslutningsarea. Motivera vid tveksamheter.**

Inledning

I de flesta fall är lufttätetskrav (lufttätetstal) i första hand ställt med syfte på energianvändning, varför ByggaL utgår från det. **När lufttätetskrav är ställt med syfte på energianvändning är utgångspunkten att de areor som det förekommer energiförluster genom utgör omslutningsarea för lufttätetsmätningen, det vill säga klimatskalet, enligt Boverkets byggreglers (BBR) definition av omslutningsarea A_{om} :**

Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmda delar av bostäder eller lokaler. Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.

Som hjälpmedel vid areaberäkning finns även ”Sveby PM – Förtydligande av areadefinitioner för tempererad golvarea, köldbryggor och lufttätetsmätningar” (Sveby, 2017) som tagits fram med avsikt att förtydliga BBRs definition. ByggaL ger ytterligare förtydliganden under rubrik ”Beräkning av klimatskalets omslutningsarea” nedan.

Vid lufttätetsmätning av klimatskalets lufttätet är huvudalternativet enligt ByggaL att hela byggnaden provas på en gång. Det är bara uppmätt lufttätetsvärde för hela byggnaden som helt rättvist kan jämföras med den i energiberäkningen antagna lufttäteten för hela byggnaden och framför allt är det bara uppmätt lufttätetsvärde för hela byggnaden som kan användas om energiberäkningen ska uppdateras med verkligt värde för klimatskalets lufttätet. Problematiken med delprovningar redogörs för under rubrik ”Problematik med omslutningsarea och lufttätetsmätning vid delprovning av byggnad” nedan.

Byggherren behöver för tydlighets skull alltid i sitt lufttätetskrav definiera vilka areor som ska ingå i omslutningsarean, t ex genom att hänvisa till BBRs definition. Eventuella undantag ska anges. **Om areadefinition saknas eller är otydlig i lufttätetskravet ska BBRs definition användas.**

Om lufttätetskrav inte är ställt med syfte på energianvändning kan andra areor än enbart klimatskal vara aktuella att medräkna. Ett exempel är lufttätetskrav ställda ur hygienperspektiv för operationssalar. I sådana fall **måste** byggherren i sitt krav också specificera/definiera vilka areor som ska ingå i omslutningsarean.

Inhämtande av uppgift om ställt lufttätetskrav och framtagande av areauppgifter

Det åligger den som utför lufttätetsmätningen att inhämta byggherrens lufttätetskrav. Vanligen anges kraven i rambeskrivning, teknisk beskrivning eller dylikt dokument för byggnationen. I kravformuleringen ska alla för lufttätetsmätningen väsentliga uppgifter framgå, t ex hur omslutningsarean ska definieras, eller att hänvisning där finns till andra dokument som berör lufttätetsmätningen.

Den som ska utföra lufttätetsmätning kan inte i varje enskilt fall veta hur det resoneras i energiberäkningar etc vad gäller areaberäkning och vilka areor som har förutsatts läcka luft (se rubrik ” Olika lufttätet i olika klimatskalsytor i energiberäkning” nedan). ByggaL definierar i denna bilaga hur omslutningsarean ska beräknas såvida det ej erhålls andra uppgifter i det enskilda projektet. Om det utifrån ritningar förekommer tveksamheter om hur arean ska beräknas i det enskilda fallet kan detta även behöva kontrolleras mot energiberäkningen för att där se vilka areor det antagits förekomma luftläckage igenom.

Uppgift om omslutningsarea kan erhållas som uppgift från någon part i projektet eller tas fram genom egen beräkning av den som ska utföra lufttäthetsmätningen. Area kan tas fram genom mätning på plats eller mätas på ritning (även t ex erhållas från en 3D-modell). När lufttäthetskravet är ställt med syfte på energianvändning kan uppgift om omslutningsarea även tas från energiberäkningen, såvida hela byggnaden provas på en gång. Vid nyttjande av uppgift om omslutningsarea från energiberäkning, beakta dock att den kan vara inaktuell om ritningar/byggnad ändrats efter det att energiberäkningen utförts. Energiberäkning kan vara utförd i ett mycket tidigt skede i byggprocessen. Det kan även förekomma att den som utfört energiberäkningen inte beräknat omslutningsarean helt i enlighet med BBRs definition av omslutningsyta klimatskal A_{om} .

Den som utför lufttäthetsmätningen ska alltid kontrollera erhållen eller egen beräknad omslutningsarea, t ex genom egen separat överslagsberäkning med rimlighetsbedömning (det vill säga det är tillåtet att kontrollera sig själv) alternativt att någon annan går igenom beräkningen.

Beräkning av klimatskalets omslutningsarea

Allmänt

Utgå från BBRs definition av A_{om} om ej annan information erhålls i det enskilda fallet som direkt motsäger detta. Som hjälpmedel vid areaberäkning finns även Svebys PM (2017).

Om areaberäkning görs utifrån ritningar, tillse att gällande ritningar används. **Inre färdig yta i färdigställd byggnad avses, och med detta avses den totala inre arean av klimatskalet som omger den trycksatta "volymen".** Även om täthetsmätning utförs i byggskedet med synlig plastfolie, det vill säga innan eventuell inre installationsspalt isolerats och inre skivbeklädnad monterats, räknas omslutningsarea enbart till den inre yta som kommer att finnas i färdig byggnad. Detta för att erhålla samma omslutningsarea oavsett provtillfälle.

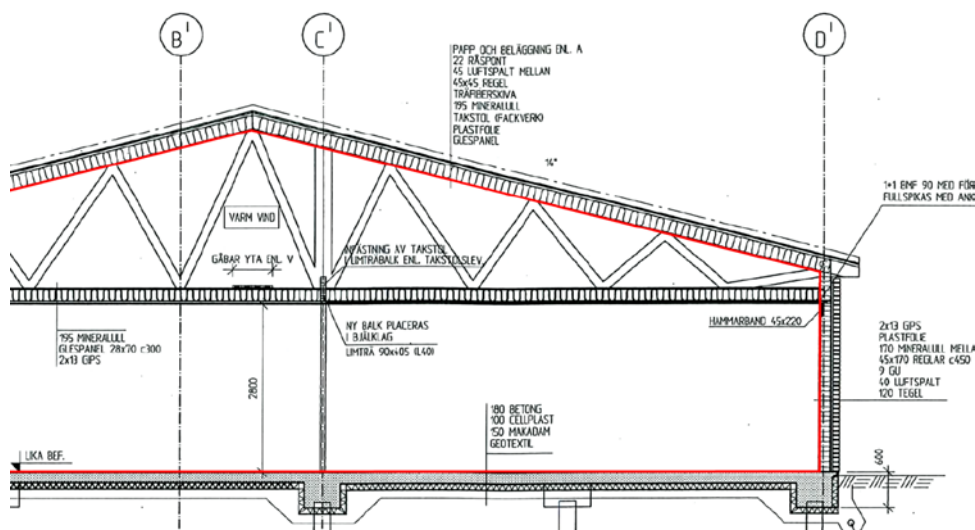
Vägledning med exempel för bestämning av yta för areaberäkning

Det förekommer ibland tveksamheter kring vad som ska betraktas som inre yta vid beräkning av omslutningsarea. Här följer några vägledande exempel som redovisar av hur ByggaL anser att dessa ska hanteras.

1. Lösa och fasta undertak

Lösa eller fasta undertak räknas ej som inre yta (förutsatt att ett fast undertak ej avses utgöra lufttätande skikt varvid det ska räknas som inre yta). I dessa fall räknas yta upp till det egentliga takets inre yta, det vill säga den riktiga klimatskärmens inre yta. Detta gäller även om det lagts en ljudisolering direkt ovanpå undertaket. Figur 6.1 visar ett exempel med varm vind.

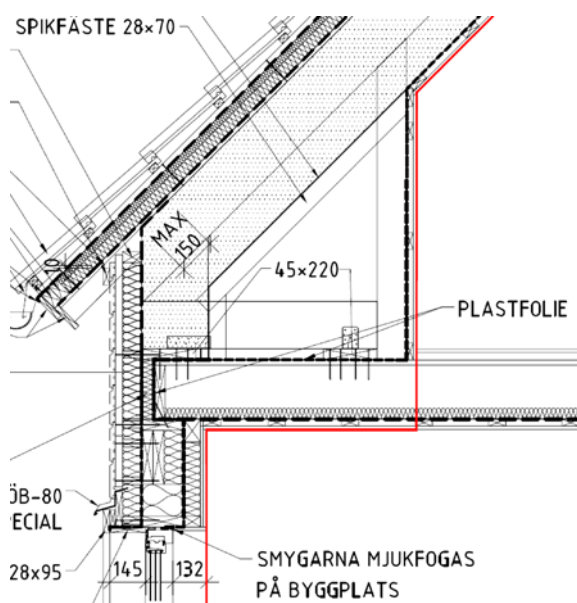
Observera dock att arean aldrig får räknas längre ut i konstruktionen än till plastfoliens placering. Skulle t ex plastfolien ligga direkt ovan undertaket och det sedan ovanför plastfolien finns ett stort installationsutrymme och sedan ovan det värmeisolering, får inte arean räknas längre upp än till plastfolien, eftersom den utgör tryckgräns.



Figur 6.1. Röd linje visar omslutningsyta. I detta fall ligger plastfolien i parallelltaket över en värm vind. Eftersom det inte finns någon beklädnad innanför folien i parallelltaket räknas takarean till folien i detta fall. Observera att vid provning av denna konstruktion måste det säkerställas att det inte uppstår något tryckfall över det nedre bjälklaget, det vill säga vindslucka etc i mellanbjälklaget måste vara öppen.

2. Kattvind

Plastfoliens placering vid kattvindar kan variera. På figur 6.2 är plastfolien dragen i stödbensväggen och isoleringen är placerad i snedtaget varvid arean räknas till inre yta enligt figuren.



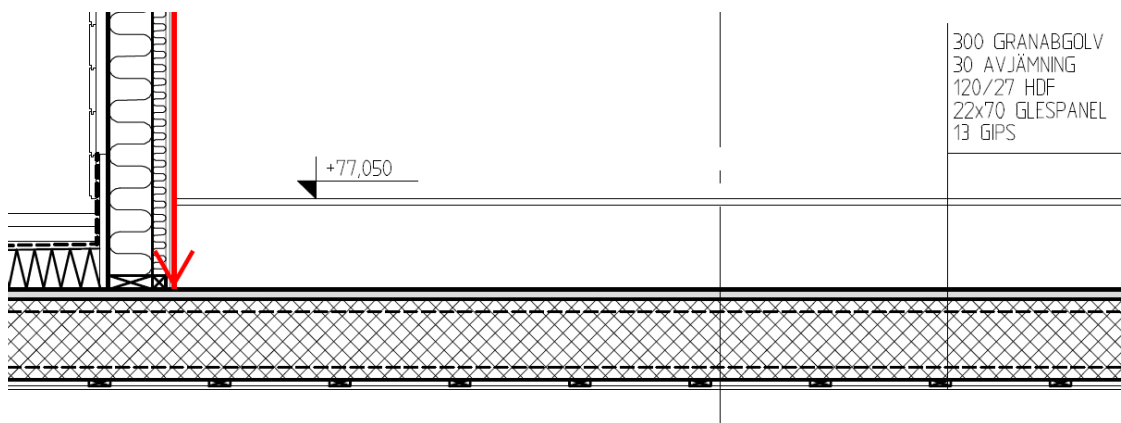
Figur 6.2. I detta fall ligger plastfolien lokalt en bra bit innanför värmeisoleringen. Arean beräknas till inre yta enligt röd linje.

3. Installationsspalt i yttervägg

I ytterväggar ligger ofta plastfolien utanför en installationsspalt. Smala installationsspalter (45 mm) är ibland oisolerade, ibland isolerade. Bredare installationsspalter är vanligen isolerade. Omslutningsarea räknas i samtliga dessa fall endast till insida färdig väggkonstruktion.

4. Installationsgolv

Om installationsgolv förekommer räknas ytterväggens omslutningsyta ner till undergolvet yta enligt figur 6.3 vid provning av enskild lägenhet eller enskilt plan. Om även lägenhet på underliggande planet provas samtidigt, se figur 6.4.



Figur 6.3. Installationsgolv. Ytterväggyta räknas ner till undergolvet (bjälklagsytan under övergolvet). I detta fall avses enskild provning av en lägenhet eller ett plan. Om även lägenhet på underliggande planet provas samtidigt, se figur 6.4.

5. Anslutning av mellanbjälklag/innervägg till yttervägg

Det är den inre ytan av klimatskal som omger den trycksatta "volymen" som ska medräknas. Det innebär att när samma tryck råder på båda sidor av en konstruktion, t ex ett mellanbjälklag eller lägenhetsskiljande vägg, på grund av att lufttäthetsmätning samtidigt utförs i utrymme på båda sidor av dessa, medräknas den klimatskalsarea av ytterväggar, tak på översta plan och golv mot mark som ansluter mot ("täckts av") mellanbjälklag respektive lägenhetsskiljande vägg (se figur 6.4 som visar yttervägg som ansluter mot mellanbjälklag). Detta överensstämmer med "overall internal dimensions" enligt SS-EN ISO 9972:2015 och med Svebys (2017) rekommendation/definition. Med att "lufttäthetsmätning samtidigt utförs på båda sidor" avses antingen att båda utrymmen samtidigt mäts med samma fläkt (det vill säga när det finns interna fria förbindelser mellan utrymmena) eller att mottrycksmätning med samtidig lufttäthetsmätning utförs på båda sidor. För mottrycksmätning med samtidig lufttäthetsmätning räknas då klimatskalsarean för vart utrymme till mitten av den "täckta" avskiljande konstruktionen enligt figur 6.4.

När ett utrymme mäts enskilt, antingen utan några mottryck i angränsande utrymmen, eller med mottryck i angränsande utrymmen men då lufttätheten ej samtidigt mäts i dessa angränsande mottryckta utrymmen, räknas enbart den inre synliga klimatskalsytan, det vill säga yttervägghöjd får ej räknas till mitten av avskiljande bjälklag och golv- eller takyta klimatskal får ej räknas till mitten av avskiljande vägg i detta fall (se figur 6.4).



Figur 6.4. Ytterväggshöjd som får medräknas till omslutningsarea vid lufttätetsmätning av ett respektive flera plan. Figuren är ett vertikalsnitt men principen gäller även horizontalsnitt vid provning av lägenheter.

6. Tak med TRP-plåt

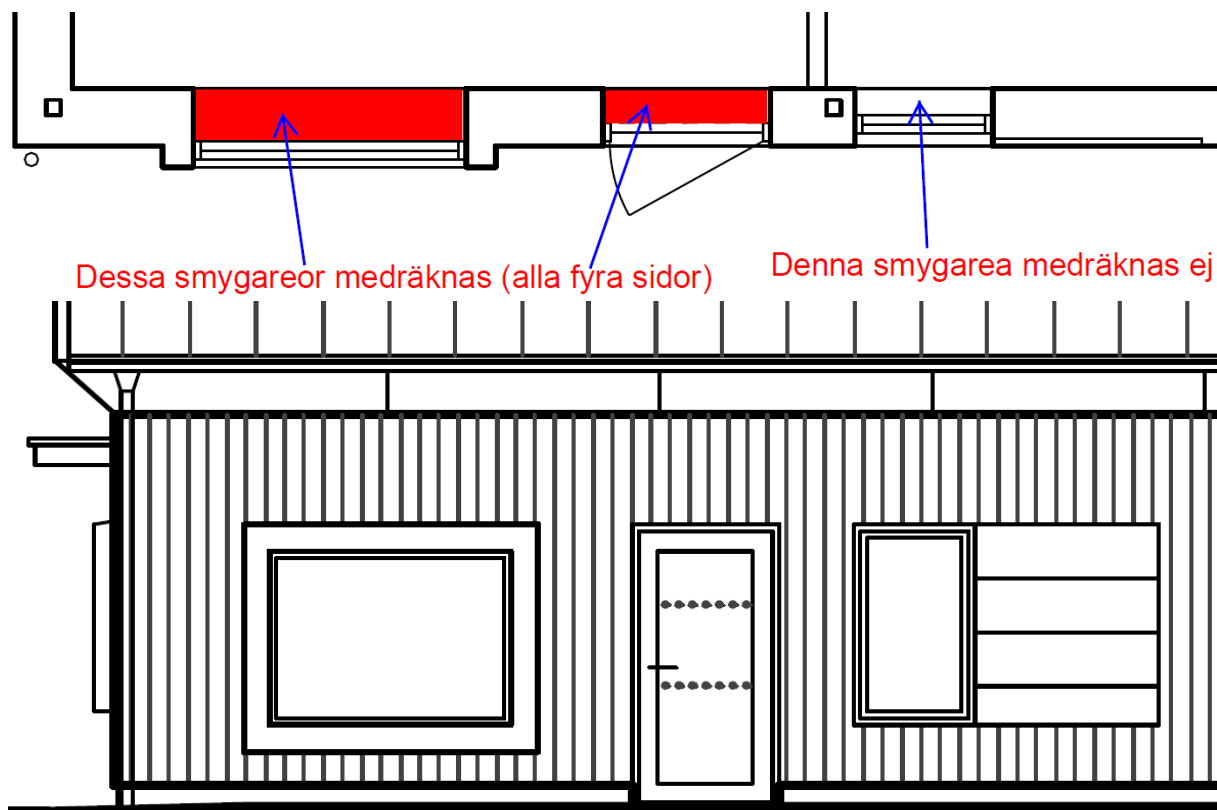
Vanligen finns en plastfolie ovan TRP (direkt ovan eller en liten bit upp i isoleringen). TRP-plåten är vanligen inte lufttät, sett till hela ytan med TRP med skarvar, genomföringar etc (en enskild plåt är dock lufttät såvida den ej är perforerad), därför kan ytterväggshöjd räknas till överkant av TRP om plåtytan är synlig. I sällsynta fall kan plastfolien ligga under TRP, räkna då ytterväggshöjd endast upp till folien. Om TRP är isolerad på undersidan, eller på annat sätt inklädd på undersidan så plåtytan inte syns räknas ytterväggshöjd enbart upp till underkant av inklädnaden.

7. Smygar samt elgropar, hissgröpar etc

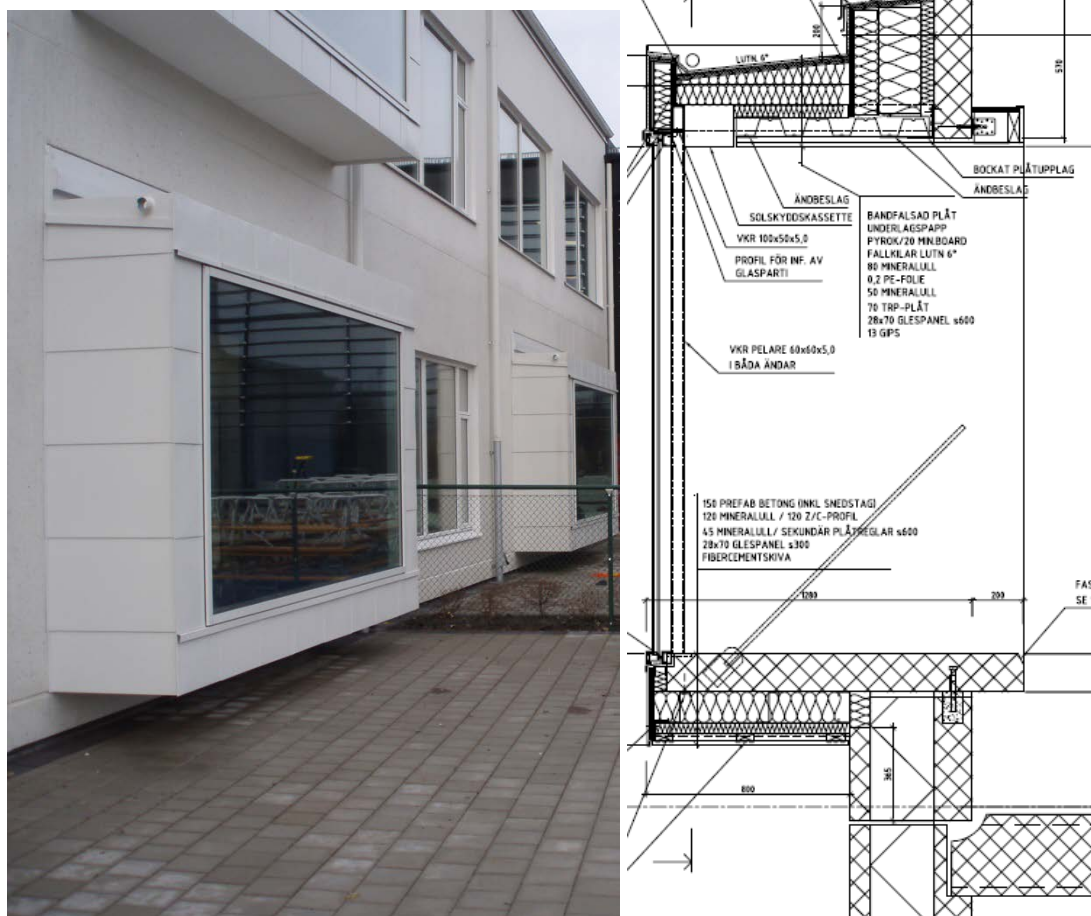
Åtminstone i vissa energiberäkningsprogram finns möjlighet att ange olika lufttätthet för varje enskild konstruktion. Och huruvida det då förutsätts förekomma luftläckage i smygar förefaller variera.

Såvida inte byggherren specificerat huruvida smygar ska ingå i klimatskalets omslutningsarea eller ej, och såvida tillgång ej finns till energiberäkning där detta framgår, behandlas smygar enligt följande, vilket ansluter till Svebys (2017) definition:

Vanliga fönstersmygar som inte utkragar utanför den ordinarie värmeisolerade konstruktionen som omger dem, och som heller inte når ner till golv, medräknas ej. Dörrsmygar och fönstersmygar som når ner till golv (det vill säga som ökar den beträdbara golvytan) får medräknas i sin helhet, det vill säga alla fyra smygtytor får medräknas. För lanterniner, utkragande fönster etc där konstruktionen är djupare än ordinarie omgivande konstruktion får också smygtytan i sin helhet medräknas (kan likställas med hur burspråk hanteras). Detta är rimligt eftersom det där byggts en "extra" konstruktion. Se även figur 6.5-6.7. I likhet med utkragande smyggar får även "ytterväggar" i hissgropar, uppstickade hisschakt och elgropar medräknas i klimatskalets omslutningsarea.



Figur 6.5. Smygarea som får medräknas respektive ej medräknas i klimatskalets omslutningsarea.



Figur 6.6 och 6.7. Tydligt exempel på fönster som krägar ut utanför ordinarie konstruktion (i detta fall i praktiken ett burspråk). Utkragningen kan dock vara betydligt mindre och även gälla betydligt mindre fönsterpartier.

Gränsdragningsproblem vid beräkning av omslutningsarea

Gränsdragningsproblem vid beräkning av omslutningsarea kan förekomma vid t ex värmeisolerad lägenhetsvägg mot ett kallare trapphus vid provning av enskild lägenhet (det vill säga provning exklusive trapphus). Gränsdragningsproblem kan t ex också förekomma för lägenhetsskiljande vägg med luftspalt mellan radhus i de fall där uteluft skulle kunna blåsa in i spalten eftersom sådan spalt i vissa fall har förbindelse med t ex vinden eller ut genom yttervägg, det vill säga lufttätande skikt är ej alltid heldraget i yttervägg och tak förbi lägenhetsskiljande konstruktioner i dessa fall. Ytterligare gränsdragningsproblem kan vara kedjehus med mellanliggande garage/förråd och likaså villor med garage/förråd. Om det inte framgår av byggherrens lufttätetskrav vilka areor som ska medräknas i omslutningsarean och vilka utrymmen som ska ingå i lufttätetsmätningen behöver det kontrolleras i vilka konstruktioner det finns lufttätande skikt och vilka utrymmen som är fullt respektive endast delvis uppvärmda. Kontrollera också i energiberäkningen vilka konstruktioner som har förutsatts ha luftläckage och värmeförluster.

Har skiljande konstruktioner i energiberäkning förutsatts ha luftläckage är utgångspunkten att de ska medräknas i klimatskalets omslutningsarea när trycksättning enbart utförs på den ena sidan av konstruktionen. Är det oklart om de förutsatts ha luftläckage men det framgår att de har förutsatts ha värmeförluster är utgångspunkten också att de får medräknas i omslutningsarean. Konstruktioner som inte förutsatts ha några luftläckage ska inte medräknas i omslutningsarean. Är det oklart hur lägenhetsskiljande konstruktion hanterats i energiberäkningen så medräknas inte lägenhetsskiljande vägg med luftspalt mellan radhus i omslutningsarea. Medräkna generellt

heller ej några ytor mellan olika utrymmen som båda avses värmas till mer än 10°C. Använd mottryck för att med säkerhet utesluta interna luftläckage mellan t ex radhusbostäder vars lägenhetsskiljande vägg ej får medräknas i omslutningsarean.

I BBRs definition av omslutningsarea A_{om} anges att area mot delvis uppvärmda utrymmen ingår i omslutningsarean. Vad som avses med delvis uppvärmt utrymme definieras dock ej uttryckligen avseende A_{om} . Med ett delvis uppvärmt utrymme avser ByggaL generellt ett utrymme som endast värms till lägre än eller lika med 10°C, ett utrymme som avses värmas till mer än 10°C räknas som helt uppvärmt. Detta ansluter till Svebys (2017) definition.

Ett förråd eller källare uppvärmd till mer än 10°C kan ingå i en lufttäthetsmätning av anslutande byggnad när det finns fri förbindelse däremellan varvid klimatskalet för dessa utrymmen inkluderas i omslutningsarea A_{om} . Enligt Svebys definition inkluderas dock inte klimatskalets omslutningsarea A_{om} för ett garage som ansluter mot bostad eller ansluter mot annan lokal än garage, även om garaget är uppvärmt till mer än 10°C. Istället räknas enligt Svebys definition arean mellan bostad och garage med i A_{om} även om garaget är uppvärmt till mer än 10°C. Konsekvensen av det blir att ett helt uppvärmt garage ej ska medtagas i lufttäthetsmätningen när anslutande byggnad täthetsmäts, även om det ställts samma krav på lufttäthet för klimatskalet i garaget som för övrig byggnads klimatskal.

Avseende villor är det dock möjligt att garagets klimatskal byggts med avseende att vara lufttätt men vägg mellan bostad och garage ej byggts med avseende att vara lika lufttätt (utgör ej klimatskalsgräns om garaget är helt uppvärmt, utgör då enbart brandcellgräns, och det är lägre brandkrav på sådan brandcellsgräns än vad det är mellan två bostäder). Det kan ej uteslutas att det i enskilda fall därför kan förefalla mest naturligt att även inkludera sådant garage i lufttäthetsmätningen av byggnaden när det finns fri förbindelse däremellan, och då medräkna även garagets klimatskalsarea i omslutningsarea (då medräknas ej yta mellan garage och bostad). Kontrollera även hur lufttätheten hanterats i energiberäkning och stäm av förfarandet med byggherren.

Beskriv alltid tydligt i rapport vilka areor som medräknats respektive ej medräknats i omslutningsarea samt vilka utrymmen som ingått respektive ej ingått i lufttäthetsmätningen. Motivera vid tveksamheter.

Förenklingar vid beräkning

Det är tillåtet att utföra smärre förenklingar vid beräkning av omslutningsarea om det gäller komplicerade geometrier som enbart omfattar i sammanhanget små ytor och förenklingen ej är så stor att den bedöms kunna ha någon påverkan på lufttäthetstalet. Om någon förenkling gjorts vid beräkningen ska det omnämnas i rapport.

Olika lufttäthet i olika klimatskalsytor i energiberäkning

Det förekommer i vissa fall i energiberäkningar att vissa klimatskalsytor antas helt lufttäta, t ex betonggolv mot mark. Det innebär att om det ställda lufttäthetskravet är ställt med syfte på energianvändning ska i så fall sådana ytor av klimatskal som i energiberäkning har antagits vara helt lufttäta ej heller medräknas i omslutningsarea för lufttäthetsmätning. För att säkerställa att sådan area ej medräknas i omslutningsarean för lufttäthetsmätningen ska byggherren ange detta i sin kravställning. Likaså förekommer i vissa fall i energiberäkningar att olika klimatskalsytor antas ha olika lufttäthet vilket innebär att tillåten lufttäthet för byggnaden som helhet då måste viktas fram. **För att minimera risken för fel avseende areaberäkning och beräkning av tillåtet totalt luftläckageflöde rekommenderas att alla klimatskalsytor tilldelas samma lufttäthetstal i energiberäkning.**

När hel byggnad ska provas är en möjlighet även att byggherren som lufttätetskrav anger det totala luftläckageflödet i l/s vid ± 50 Pa för byggnaden. Detta är en uppgift som redovisas i resultatfil från vissa energiberäkningsprogram.

Problematik med omslutningsarea och lufttätetsmätning vid delprovning av byggnad

Vid verifiering av ett lufttätetskrav som ställts på en hel byggnads klimatskärm rekommenderar ByggaL att hela byggnadens klimatskärm provas där så är möjligt. Utvärdering av lufttätet i enskilda delar av en byggnad, t ex i den/de först lufttätade lägenheterna i ett flerbostadshus, är mycket viktigt med avseende på det fortsatta lufttättningsarbetet men bör främst vara fokuserat på luftläckagesökning.

När det dock av någon anledning inte är möjligt att prova hela byggnadens klimatskärm redogörs nedan för hur omslutningsarean ska beräknas vid delprovning (såvida inte byggherren angivit något annat) och hur interna läckage kan hanteras.

Bestämning av omslutande area vid provning av del av byggnad

Vid lufttätetsmätning av hel byggnad är omslutningsarean oftast relativt entydig. Vid provning av del av byggnad, t ex enskilt våningsplan eller enskild lägenhet, förekommer dock olika uppfattningar om vad som ingår i omslutningsarean.

ByggaL definierar:

Vid lufttätetsmätning av del av byggnad, t ex ett enskilt våningsplan i flervåningshus eller enskild lägenhet, används BBRs definition av omslutningsarea när lufttätetskravet är ställt med syfte på energianvändning. Det innebär att enbart klimatskalsarea medräknas som omslutningsarea, såvida byggherre ej har angivit något annat.

Det har tidigare förekommit stora oklarheter på detta område eftersom den gamla standarden för lufttätetsmätning (SS-EN 13829:2000) definierade omslutningsarea (envelope area A_E) som all area som omger den provade byggnadsdelen även i detta fall, det vill säga motsägelser förekommer här mellan A_{om} i BBR och A_E i standard. Observera dock att A_E bara är en måttdefinition vilken aldrig har haft någon relevans med syfte på energianvändning när enbart delar av byggnaders klimatskal lufttätetsmäts. Detta har tydliggjorts i nya SS-EN ISO 9972:2015 där det nu i klartext också anges att beroende på syftet med lufttätetsmätningen kan även andra måttenheter (än A_E) användas, t ex de omslutningsytor som det förekommer energiförluster genom i byggnadens energiberäkning. **Vilka ytor som medräknats i omslutningsarean ska alltid tydligt anges i lufttätetsmätningsrapporten.**

Att medräkna all omslutande area enligt definition A_E vid provning av del av byggnad medför stor risk för att ett bättre lufttätetsresultat erhålls än den verkliga lufttäteten för klimatskalet. Särskilt stor risk för att erhålla felaktiga (för bra) resultat med A_E råder normalt när klimatskalet utgörs av lätt konstruktion och alla lägenhetsskiljande konstruktioner består av betong vilka normalt är lufttätare än lätta konstruktioner. Men även om alla konstruktioner är tunga eller är lätta går det dock inte att veta exakt hur läckagen är fördelade (noggrann läckagesökning kan ge en uppfattning om läckagens fördelning men det ger inget mätetal för varje konstruktionsdel) och därför finns en uppenbar risk för att klimatskalets lufttätet överskattas om all omslutande area räknas vid prov av del av byggnad.

Det finns dock inget som hindrar att byggföretag, modultillverkare och andra aktörer inom sitt interna kvalitetsarbete även beräknar lufttätetsvärden för t ex en enskilt provad lägenhets hela omslutande area, det vill säga även inklusive de lägenhetsskiljande ytorna, oavsett konstruk-

tionsuppbyggnader, för att på olika sätt använda som egna referensvärden vid jämförelse av olika objekt. Vid redovisning av dessa värden är det dock mycket viktigt att de inte kan misstolkas som klimatskalets lufttäthet.

Lufttäthetsmätning av hel byggnad eller del av byggnad

Mätning av klimatskalets lufttäthet i enbart delar av en byggnad ger aldrig något säkert värde för hela byggnadens klimatskals lufttäthet. I bästa fall kan det ge korrekt värde för de provade klimatskalsdelarnas lufttäthet. Ett problem med att enbart prova klimatskalets lufttäthet i delar av byggnaden är att luftläckage kan förekomma även genom de ytor som angränsar mot ej trycksatt del av byggnaden, det vill säga t ex genom lägenhetsskiljande väggar och bjälklag samt schakt. Sådana luftläckage kommer att medföra att uppmätt lufttäthetsvärde för klimatskalet för den provade byggnadsdelen blir sämre än det verkliga. När alla lägenhetsskiljande konstruktioner består av tung konstruktion (betong) finns normalt åtminstone en chans att de interna läckagen kan vara förhållandevis små så någorlunda relevanta resultat kan uppmätas för provade klimatskalsdelar utan att behöva anlägga mottryck.

Lufttäthetsmätning av klimatskalet i enskilda lägenheter eller andra mindre delar av en byggnad, där avskiljande delar mot övrig byggnad består av lätt konstruktion, kan däremot i de flesta fall inte utföras med något relevant resultat för klimatskalet för dessa delar om ej mottryck anläggs eller såvida ej de avskiljande delarna konstruerats just med avseende på lufttäthetsmätning. Således, lufttätheten för klimatskalet i en enskild lägenhet som har lätt lägenhetsskiljande konstruktion är i de flesta fall ej verifierbar med en enkel lufttäthetsmätning. Om dessutom alla lägenheterna enbart har separat ingång utifrån, det vill säga via loftgång, och gemensamt inre trapphus saknas blir det extremt svårt/ogörligt att anlägga mottryck på grund av att det då kan behövas många fläktar. Mer om detta under rubrik ”Problematik med modulbyggnader med loftgång och liknande speciella fall” nedan.

Även om lägenhetsskiljande konstruktioner består av tung konstruktion kan lätt yttervägg och/eller lätt vindsbjälklag ha en plastfolie som är heldragen förbi lägenhetsskiljande tung konstruktion utan att vara tät ansluten till den tunga konstruktionen. Det är normalt en god lösning sett till hela byggnadens klimatskals lufttäthet, men om enskild sådan lägenhet måste provas separat (t ex när den enbart har ingång via loftgång) innebär det med stor sannolikhet att mottryck måste anläggas i angränsande lägenheter.

Hela byggnadens klimatskal måste lufttäthetsmätas om korrekt lufttäthet för hela byggnadens klimatskal ska kunna erhållas. Detta utförs om möjligt som en mätning av hela byggnaden (hela ”volymen”) på en gång genom att hela byggnaden är fritt invändigt förbunden. När en byggnad har flera separata trapphus eller separata plan utan invändig förbindelse utförs mätningar med mottryck i alla riktningar, antingen som mottrycksmätning med samtidig mätning i hela byggnaden (hela byggnadens läckageflöde mäts samtidigt genom att alla separata volymers läckageflöden mäts exakt samtidigt med var sin utrustning) eller i omgångar (utrustningarna flyttas runt efter hand men totalt sett mäts alla separata volymer och när varje separat volym mäts omges den i sin helhet av mottryck vid mätningen). Mottrycksmätning ökar dock mätosäkerheten, särskilt om inte hela byggnadens läckageflöde mäts samtidigt, eftersom det är svårt att balansera in exakt lika tryck över klimatskalet i alla separata utrymmen samtidigt. Schakt etc som går igenom många plan i byggnaden kan också bidra till interna läckage om inte alla dessa plan är mottrycksatta samtidigt. Mottryck tas även upp i bilaga 9.

Det är bara lufttäthetsresultat uppmätta för hela byggnadens klimatskal, när inga interna läckage förekommer, som rättvist kan jämföras mot det ställda lufttäthetskravet för hela byggnadens klimatskal/antagen lufttäthet i energiberäkning för hela byggnadens klimatskal och det är framför allt enbart sådana resultat som kan användas om energiberäkningen ska uppdateras med uppmätt lufttäthet.

Resultat från lufttätetsmätning av enbart vissa delar av en byggnads klimatskal, med eller utan mottryck i angränsande/övriga delar av byggnaden, kan i varierande grad enbart ses som indikationsvärden för en hel byggnads klimatskals lufttätet. En mätning av en enda enskild lägenhets klimatskal i ett flerbostadshus med t ex 20 lägenheter säger inte med någon säkerhet någonting om hela byggnadens klimatskals lufttätet. Om delmätningar av klimatskal dock utförs på ett tillräckligt omfattande och systematiskt sätt (se bilaga 12) kan dock resultaten användas för att med viss säkerhet bedöma om byggnadens klimatskal som helhet förefaller kunna uppfylla det ställda lufttätetskravet för klimatskalet (det vill säga när uppmätta resultat för klimatskalet ej är sämre än det ställda kravvärdet för klimatskalet). ”Exakt” lufttätetsvärde för hela byggnaden erhålls dock ej och resultaten kan därför inte användas för att uppdatera energiberäkningen med verkligt lufttätetsvärde.

Vid lufttätetsmätning av klimatskalets lufttätet är huvudalternativet enligt ByggaL att hela byggnadens klimatskal provas. Om detta dock inte är möjligt rekommenderar ByggaL följande alternativ:

- Enskilda delar av byggnaden (viss omfattning) lufttätetsmäts separat och mottryck anläggs i alla angränsande utrymmen eller åtminstone i de utrymmen mot vilka interna läckage annars skulle vara stora, vilket förhindrar luftläckage mot dessa utrymmen vid provningen (att utföra mätningar med mottryck kan i många fall dock vara svårt att utföra i praktiken, det beror på omständigheterna).
- Enskilda delar av byggnaden (viss omfattning) lufttätetsmäts separat utan mottryck. När interna luftläckage förekommer accepteras att uppmätta lufttätetsvärden för klimatskalet för de provade delarna av byggnaden är sämre än de verkliga värdena, såvida uppmätta värden inte är sämre än det ställda kravvärdet för klimatskalet (detta är i praktiken den normala utgångspunkten vid lufttätetsmätning av klimatskalet i enskild del av byggnad). Se rubrik ”Resultat på säkra sidan” nedan.
- Provning utförs enligt föregående punkt och resonemang men i den utsträckning det är möjligt utförs även tillfälliga eller än hellre permanenta tätningar av interna luftläckage före provningen.
- När det inte är mättekniskt möjligt att erhålla något relevant lufttätetsvärde för klimatskalet är ett alternativ att inte utföra någon lufttätetsmätning av klimatskalet utan istället enbart utföra luftläckagesökning av klimatskalet, se rubrik ”Problematik med modulbyggnader med loftgång och liknande speciella fall” nedan.

Observera att även intern lufttätet inom en byggnad, t ex mellan olika lägenheter, är mycket viktig bl a med syfte på brandspridning samt ljud- och luktöverföring. Således bör även interna luftläckage tätas permanent. Hittills har det dock inte varit vanligt att specificera något kravvärde (det vill säga ett specifikt täthetstal) för intern lufttätet.

Resultat på ”säkra sidan”

Om det inte förekommer några interna läckage vid en delprovning kommer delprovningen att ge ett rättvisande lufttätetsresultat för den provade **byggnadsdelens** klimatskärm. Om det förekommer interna läckage mellan provad och ej provade delar kommer ett resultat erhållas som är sämre än det verkliga för den provade byggnadsdelens klimatskärm. **I inget av dessa fall erhålls ett lufttätetsvärde för hela byggnadens klimatskärm.** Om de provade delarna är någorlunda många/stora samt utvalda på ett representativt sätt (se bilaga 12) torde de dock tillsammans ge en uppfattning om lufttäteten för hela byggnadens klimatskärm, förutsatt att de interna läckagen vid mätningarna endast har varit förhållandevis små. Därmed kan i bästa fall svar erhållas angående om det förefaller troligt att ett visst ställt kravvärde på lufttätet för en hel byggnad ej överskrids. Som nämnts ovan kan det helt korrekta lufttätetsvärdet för hela

byggnaden dock bara erhållas om hela byggnaden provas och provas på sådant sätt att inga interna läckage förekommer.

I de flesta fall är det allra viktigast att verifiera att ett visst ställt kravvärde för lufttätethet för en byggnads klimatskärm ej överskrids. Att mäta upp den ”exakta” lufttätetheten är alltid av intresse, men avseende kontraktsförhållande mellan byggherre och entreprenör torde det i de flesta fall vara allra viktigast att verifiera att lufttätetheten inte är sämre än det ställda kravet. Om byggherren godtar delmätningar, det vill säga lufttätethetsmätning av t ex ett visst antal enskilda lägenheter var för sig, som ett sätt att verifiera ett ställt lufttätethetskrav för klimatskärmen, innebär det att hela byggnadens exakta lufttätethetsvärde ej kommer att erhållas. Om var lägenhet lufttätethetsmäts separat utan mottryck kommer uppmätta lufttätethetsvärden för var lägenhet i varierande omfattning dessutom i stort sett alltid att vara sämre än klimatskalets verkliga lufttätethet i var lägenhet eftersom det i stort sett alltid i någon mån förekommer interna läckage vid delprovningar. För var lägenhet erhålls därmed ett resultat på ”säkra sidan”. Såvida detta uppmätta värde, som är sämre än det verkliga, ändock inte är sämre än det ställda kravet för byggnadens klimatskärm, har det därigenom visats att lufttätethetskravet för den provade lägenhetens klimatskärm är uppfyllt.

Problematik med modulbyggnader med loftgång och liknande speciella fall

Flerbostadshus med många lägenheter, där byggnaden består av lätt konstruktion och där ingång till var lägenhet enbart finns direkt utifrån, det vill säga loftgångshus, är en mycket svår byggnadskonstruktion med avseende på att lufttätethetsmäta klimatskalet på ett rättvisande sätt. Det går inte att trycksätta hela byggnaden samtidigt med en enda fläktutrustning på grund av avsaknad av fri invändig förbindelse. Vid trycksättning av enskild lägenhet utan mottryck är luftläckaget genom de lätta lägenhetsskiljande konstruktionerna i allmänhet så stort att det ger ett orimligt dåligt (ej relevant) lufttätethetsvärde för lägenhetens klimatskal när uppmätt luftflöde divideras med klimatskalets area, det vill säga det lufttätethetsvärdet kan ej ens användas som indikationsvärde för lägenhetens klimatskal. För att förhindra interna läckage vid lufttätethetsmätning av enskild lägenhets klimatskal behöver mottryck användas när så är möjligt.

För lätta byggnader som består av prefabricerade moduler blir detta mycket komplext. Eftersom modulerna kan sägas sitta i ett ”raster” kan luft ha möjlighet att läcka i många riktningar varvid det inte är säkert att det räcker att anlägga mottryck i de lägenheter som finns i direkt anslutning till den lägenhet som ska lufttätethetsmätas, det kan behöva anläggas mottryck i alla lägenheter i hela byggnaden för att helt förhindra interna läckage, det vill säga en separat fläkt i varje enskild lägenhet samtidigt i hela byggnaden. Att anlägga mottryck med en fläkt i varje lägenhet i mer än ett fåtal lägenheter samtidigt blir praktiskt ogörligt att hantera. Klimatskalets lufttätethet i en sådan byggnad kan i praktiken således vara i stort sett omöjlig att mäta.

För prefabricerade moduler skulle ett alternativ kunna vara att försöka ta fram ett samband mellan lufttätetheten i en moduls klimatskal och modulens totala lufttätethet. Därigenom skulle det kunna vara möjligt att åtminstone ta fram grova indikationsvärden för klimatskalets lufttätethet i modulbyggnader med loftgång. Modulerna är prefabricerade varför olika exemplar av samma typ av modul från en och samma tillverkare bör ha likvärdiga lufttätethetsegenskaper. Kan tillverkaren genom lufttätethetsmätningar visa att det finns ett visst samband mellan en viss typ av enskild moduls lufttätethet avseende hela modulens omslutande area och klimatskalets lufttätethet i en hel modulbyggnad bestående av denna typ av moduler skulle i så fall sådant påvisat samband kunna användas vid utvärdering av lufttätethet i modulbyggnader som består av den utvärderade modultypen ifråga i de fall det inte är möjligt att mäta hela byggnadens lufttätethet på en gång eller använda mottryck. Sambandet ifråga skulle troligtvis t ex kunna tas fram genom att i modulbyggnader bestående av samma typ av moduler men som har invändiga trapphus utföra mätning både av hela byggnaden och av flera enskilda moduler.

Ett annat sätt att ta fram ett samband skulle troligen t ex kunna vara genom labbprovningar där enskilda moduler provas både utan och med mottryck mot de ytor som ska vara lägenhetsskiljande.

Det finns även fall med lätta lägenhetsskiljande konstruktioner där det inte går eller inte är relevant att lufttäthetsmäta hela byggnaden, även när det finns invändiga trapphus. Detta gäller när nya lägenhetsplan byggs upp på befintliga byggnader (lufttäthetskravet ställs vanligen bara på det nya klimatskalet). På grund av hisschakt, trapphus och installationsschakt går det ofta inte att avgränsa de nya planen tillräckligt från övrig byggnad för att med någon relevans kunna mäta klimatskalets lufttäthet för de nya planen.

För byggnader där det inte med någon relevans är möjligt att mäta klimatskalets lufttäthet är ett alternativ att enbart utföra luftläckagesökning (utförs enligt bilaga 10). Inget mätetal tas således fram för klimatskalets lufttäthet men luftläckagesökning utförs för att verifiera att det inte finns några större/olämpliga luftläckage i klimatskalet (även lägenhetsskiljande ytor bör läckagesökas för att verifiera att det inte heller finns några större/olämpliga läckage i dessa).

Bilaga 7:

Metodval och tätning inför lufttätetsmätning

Sammanfattning

SS-EN ISO 9972:2015 anger tre olika metoder för lufttätetsmätning; metod 1, 2 och 3. Metoderna skiljer sig åt angående vilka öppningar som ska stängas, tätas respektive lämnas öppna under lufttätetsmätning, de olika metoderna ger därmed olika mätresultat och denna skillnad blir större för vissa byggnader än andra. Metod 1 och 2 motsvarar närmast tidigare metod A respektive B enligt SS-EN 13829:2000. Metod 3 är en ny metod där det för det specifika objektet måste specificeras exakt vilka öppningar i klimatskalet som ska stängas, tätas respektive lämnas öppna.

Byggherren ska i sin kravställning ange enligt vilken av metod 1, 2 eller 3 lufttätetsmätningen ska utföras. Val av metod utförs utgående från syftet med mätningen. Om byggherren dock ej anger metod, eller väljer metod 3 men ej specificerar den, väljs istället metod 2 vilket är den metod (inkluderat tidigare metod B i EN 13829) som lufttätetsmätningar i Sverige hittills vanligen utförts enligt.

Metod 1 avser en byggnad ”i användning” (dock ej i drift) och inkluderar vissa läckage i installationer och kan ur vissa perspektiv därmed vara mer relevant med avseende på energianvändning än vad metod 2 är, beroende på vilken hänsyn som redan är tagen eller ej är tagen till läckage genom installationer i energiberäkningen. Metodval behöver utföras utifrån hur energiberäkningen är utförd.

Metod 2 avser bara läckage genom själva klimatskalet.

Branschstandard ByggaL redogör nedan för skillnaderna mellan de olika metoderna samt ger en mer utförlig tabell över vilka öppningar som ska stängas, tätas respektive lämnas öppna, gentemot den tabell som finns i SS-EN ISO 9972:2015. För vissa typer av tätningar ges också mer utförlig information utöver tabellen.

Information ges även angående tillfällig tätning för sektionering av byggnad vid lufttätetsmätning av klimatskal. Observera att verklig lufttätet för en byggnad efter tillbyggnad är beroende av hur lufttätande skikt i befintlig byggnad och tillbyggnad ansluts till varandra men att det i praktiken inte är säkert att den anslutningen kommer att ingå i lufttätetsmätningen om bara tillbyggnaden lufttätetsmäts.

Metod 1

Metod 1 avser en byggnad i användning (dock ej i drift). Mekanisk ventilation, airconditioning-anläggningar etc ska stängas av varav sådant som normalt är i kontinuerlig drift ska tätas. Sådant som används intermittent, t ex köksfläktar, torktumlare, centralsugare m m som utgör någon form av ventilation och har separat avluft genom klimatskalet ska ha stängda men ej tätade öppningar förutsatt att sådana finns (t ex spjäll som kan stängas), annars lämnas de öppna. Uteluftventiler (spaltventiler etc) stängs såvida de går att stänga, annars lämnas de öppna. Dörrar, fönster, vindsluckor etc stängs. Andra öppningar i klimatskalet stängs såvida de går att stänga, annars lämnas de öppna. Brandluckor, rökevakueringsluckor etc i klimatskalet som normalt är stängda ska vara stängda, är de däremot normalt öppna ska de vara öppna även under lufttätetsmätningen. Vattenlås fylls eller tätas. Det är således bara mekanisk ventilation och airconditioning-anläggningar etc som normalt är i permanent drift, samt avlopp, som ska tätas enligt metod 1. Inget annat får tätas, enbart stängas. Det som saknar stängnings- eller

låsanordningar får ej tillfälligt spärras eller tätas för att på så sätt åstadkomma stängning, vilket således även gäller fönster och dörrar om de saknar stängnings- eller låsanordningar.

Vid mätning enligt metod 1 i Sverige utförs stängning respektive tätning enligt ByggaLs anvisningar vilka redovisas i tabell 7.1 nedan.

SS-EN ISO 9972:2015 anger att metod 1 kan användas t ex för provning av renrum. I Sverige bör för vissa byggnader metod 1 även kunna användas för att utföra lufttäthetsmätning på ett ur energiberäkningssynpunkt korrekt sätt. För t ex ett flerbostadshus som bara har mekanisk från- och tilluftsventilation samt separata köksfläktar med utlopp till utomhus innebär det att FT-ventilationen stängs av och tätas. Köksfläkt stängs bara av varvid kallrasspjället automatiskt stängs. Inga ytterligare tätningsåtgärder vidtas för köksfläkten eller imkanalen. Detta torde ur energisynpunkt vara en rättvisande lufttäthetsmätning om det läckage som kan förekomma genom stängt kallrasspjäll på avstängd köksfläkt ej medtagits på annat sätt i energiberäkning.

För en frånluftsventilerad byggnad med tillförsel av uteluft via ej stängningsbara ventiler bakom radiatorer torde dock lufttäthetsmätning enligt metod 1 ur energiberäkningssynpunkt bli en felaktig lufttäthetsmätning eftersom ventilationsflödet genom de öppna ventilerna redan ska vara medräknat som ventilationsförlust i energiberäkningen. Likaså torde det bli fel ur energisynpunkt om läckage i stängda (otäta) spaltventiler är av betydande storlek, eftersom det likväl är ett ventilationsflöde som redan ska vara medräknat som ventilationsförlust i energiberäkningen.

Metod 2

Metod 2 avser lufttäthetsmätning av själva klimatskalet, när alla avsiktliga öppningar stängts respektive tätats. Metoden anger att alla avsiktliga öppningar ska tätas förutom dörrar, fönster, vindsluckor etc. som enbart stängs, ej tätas. Metod 2 torde kunna ge ett något bättre lufttäthetsresultat än vad som är korrekt ur energiberäkningssynpunkt bl a genom att all intermittent ventilation ska tätas, vilket t ex innebär att läckage genom kallrasspjäll i köksfläktar utesluts. Om då läckage genom kallrasspjäll i köksfläktar heller ej har tagits hänsyn till i energiberäkning innebär det att det finns läckage som ej är inkluderat varken som energiförlust i beräkning eller som läckageflöde i lufttäthetsmätning.

Vid mätning enligt metod 2 i Sverige utförs stängning respektive tätning enligt ByggaLs anvisningar vilka redovisas i tabell 7.1 nedan.

Metod 3

Syftet med metod 3 är att den helt kan anpassas till ett specifikt syfte. T ex skulle den kunna anpassas helt till hur byggnadens energiberäkning är utförd, så att sådana luftläckage som ingår på annat sätt i energiberäkningen därför tillfälligt tätas vid lufttäthetsmätningen medan sådana luftläckage som ej ingår på annat sätt i energiberäkningen ej tätas tillfälligt vid lufttäthetsmätningen. Därmed varken missas eller dubbelräknas några luftläckage.

Ett exempel på detta skulle kunna vara om det i energiberäkningen på något sätt speciellt lagts till en energiförlust för t ex luftflöde genom ett större entréparti i en lokal. Både avseende energiförlust på grund av luftflöde när den öppnas och att den på grund av sin konstruktion i sig själv också är relativt lufttät i normalt stängt tillstånd. I sådant fall skulle det vara korrekt att vid lufttäthetsmätningen tillfälligt täta hela entrépartiet eftersom luftläckage genom detta då redan är separat medräknat i energiberäkningen. Enligt metod 1 och 2 ska alla former av ytterdörrar däremot enbart vara stängda, ej extra tillfälligt tätade.

Ett annat exempel skulle kunna vara att det finns önskan om att egentligen prova enligt metod 1 men att det finns uteluftsventiler bakom radiatorer som ej kan stängas, vilka då enligt metod 1 ska lämnas öppna. Metod 3 skulle då kunna specificeras som att metod 1 ska följas förutom för uteluftsventiler bakom radiatorer vilka ska tätas. Således, ett enkelt sätt att specificera en metod 3 är att hänvisa till metod 1 eller 2 men med specificerade undantag.

Hade det funnits en tydligt definierad metod för energiberäkning i Sverige hade det kunnat tas fram en till den anpassad metod för lufttäthetsmätning, som överensstämmer helt med hur de olika luftläckagen hanteras i energiberäkningen. Dock förefaller energiberäkningar utföras något olika varför det i dagsläget knappast går att generellt definiera en sådan anpassad metod för lufttäthetsmätning.

Byggherrens val av metod

Byggherren ska ange enligt vilken av metod 1, 2 eller 3 lufttäthetsmätningen ska utföras. Val av metod utförs utgående från syftet med mätningen.

För FTX-ventilerade byggnader kan i allmänhet ur energisynpunkt metod 1 väljas för lufttäthetsmätning. För självdragsventilerade och mekaniskt frånluftsventilerade byggnader kan metod 3 behöva väljas ur energisynpunkt, som då således måste specificeras för det enskilda fallet. Metod 2 innebär att enbart läckage i själva klimatskalets konstruktion inkluderas, läckage genom installationer ingår ej, oavsett om det i energiberäkning tagits hänsyn till dem eller ej.

Om metod 3 anges måste byggherren i klartext detaljerat precisera vilka öppningar i klimatskalet som ska lämnas öppna, stängas respektive tätas vid provningen i enlighet med tabell 7.1 nedan. Denna precisering ska göras i samma handling och på samma ställe som lufttäthetskravet är angivet. Det kan inte begäras att den som ska utföra lufttäthetsmätningen t ex ska försöka tolka ut detta ur en energiberäkning (som dessutom kanske ej är tillgänglig).

Om byggherren ej angivit någon metod, eller om byggherren angivit metod 3 men ej i bygghandlingarna i klartext preciserar vilka öppningar i klimatskalet som ska lämnas öppna, stängas respektive tätas vid lufttäthetsmätning, väljs istället metod 2, vilket är den metod (inkluderat tidigare metod B i EN 13829) som lufttäthetsmätningar i Sverige hittills vanligen utförts enligt.

Tillfällig tätning inför lufttäthetsmätning enligt ByggaL-metoden

Nedan avses enbart **tillfälliga** tätningar inför lufttäthetsmätning. Permanenta tätningar av läckage i klimatskal eller av interna läckage mellan lägenheter etc görs med fördel innan lufttäthetsmätning, men detta avsnitt behandlar ej permanenta tätningar.

I tabell 7.1 nedan anges tätningsförfarande vid tillfällig tätning inför lufttäthetsmätning enligt ByggaL, beroende på vald metod för lufttäthetsmätning. Tabellen utgår från motsvarande tabell i SS-EN ISO 9972:2015 men har utökats och anpassats. Tabellen avser konstruktioner och installationer som är helt färdigställda om inget annat anges i tabellen. Därefter följer även fördjupad information kring detta. Avseende tätning av ej färdigställda öppningar vid lufttäthetsmätning i byggskedet, se ByggaL bilaga 8.

Observera att alla tillfälliga tätningar ska vara hållbart utförda. De ska dels klara att utsättas för 50 Pa undertryck under läckagesökning, vilket beroende på objektets storlek och täthet kan ta lång tid i anspråk, och de ska dels klara att utsättas för allra minst 50 Pa undertryck och övertryck under mätningen (helst uppåt 70-80 Pa). 50 Pa motsvarar ungefär 5 kg/m². Således behöver stora tätningar mycket starkare förankring än små tätningar.

Allt vad som tillfälligt stängts, tätats eller lämnats öppet i klimatskalet, inklusive framför allt för mekanisk ventilation angivelse om var tätningarna utförts (i don, i fläktaggregat, i intagsgaller, huruvida stängda spjäll har utgjort tätning, etc) ska anges i rapport.

Tabell 7.1 Tillfälliga tätningar enligt ByggaL. Tabellen avser färdigställda konstruktioner och installationer såvida inget annat anges i tabellen.

Öppning (i/genom klimatskal avses om inget annat anges)	Metod 1	Metod 2	Metod 3
Öppningar för självdragsventilation (friskluftsventiler etc. samt självdragskanaler)	Stängs om de kan stängas, annars lämnas öppna	Tätas (om de blir helt täta genom enbart stängning behöver ej ytterligare tätning utföras)	Specificeras av byggherren
Mekanisk ventilation och air conditioning i permanent drift	Stängs av och tätas (om de blir helt täta genom enbart stängning behöver ej ytterligare tätning utföras)	Stängs av och tätas (om de blir helt täta genom enbart stängning behöver ej ytterligare tätning utföras)	Specificeras av byggherren
Intermittent mekanisk ventilation med separat avluft (köksfläktar, torktumlare, centraldamm-sugare m m som ej är i kontinuerlig drift)	Stängs av och stängs om de kan stängas, annars lämnas öppna	Stängs av och tätas (om de blir helt täta genom enbart stängning behöver ej ytterligare tätning utföras)	Specificeras av byggherren
Luftläckage mellan ventilationsdon och byggnadskonstruktion	Ingen åtgärd om det gäller självdragsventiler eller intermittent ventilation. För ventilation i permanent drift, se metod 2->	Tätas om läckaget härrör från ventilationen i sig, tätas ej om läckaget härrör från otät genomföring i byggnadskonstruktionen	Specificeras av byggherren (om läckaget härrör från ventilationen i sig behandlas det som den typen av ventilation behandlas i övrigt)
Fönster, dörrar, vindluckor	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Specificeras av byggherren
Brandluckor, rökevakueringsluckor etc	Lämnas i normal position (de som normalt är stängda ska vara stängda, de som normalt är öppna ska vara öppna)	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Specificeras av byggherren
Inspektionsluckor etc	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Specificeras av byggherren
Nyckelinkast, brevinkast, kattluckor i ytterdörr, etc.	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Stängs om de kan stängas, annars lämnas "öppna"*	Specificeras av byggherren
Röckanal, eldstad och till dessa alla tillhörande luckor (vedinkastlucka, dragluckor, sot- och askluckor etc) samt eventuellt separat uteluftintag direktkopplad till eldstad	Spjäll stängs. Igenhållande (ej helt tätande) tejping etc utförs för att förhindra indrag av aska och sot till innemiljön vid luckor som saknar låsning. Om ytterligare tätning behövs vid invändigt undertryck för att undvika indrag av aska och sot, ska det noggrant dokumenteras och motiveras.	Alla läckage genom dessa tätas. Förekommer inget läckage behöver dock inte tätning utföras.	Specificeras av byggherren
Avlopp, otäthet genom vattenlås (eller genom öppna avloppsrör i byggskede)	Fylls eller tätas	Fylls eller tätas	Specificeras av byggherren
Genomföringar för el- och telerör etc samt vattenrör,	Ingen åtgärd	Ingen åtgärd	Specificeras av byggherren

Öppning (i/genom klimatskal avses om inget annat anges)	Metod 1	Metod 2	Metod 3
värmerör, där otätheter finns i skyddsör			
Andra typer av öppningar i klimatskalet	Stängs om de kan stängas, annars lämnas öppna. Dokumenteras och motiveras särskilt.	Tätas om det gäller installationer och otätheten ej kan anses höra till klimatskalet i sig. Om otäthet kan anses höra till klimatskalet och ej kan stängas, lämnas den öppen. Dokumenteras och motiveras särskilt.	Specificeras av byggherren
Luftläckage i klimatskalet, det vill säga otätheter i byggnadskonstruktionen	Ingen åtgärd	Ingen åtgärd	Specificeras av byggherren
Luftläckage mot angränsande utrymmen, det vill säga inom byggnad interna läckage, vid lufttätetsprovning av <u>klimatskalet</u> i en del av en byggnad	Får tillfälligt tätas om det är troligt att läckaget verkligen är internt läckage inom byggnad	Får tillfälligt tätas om det är troligt att läckaget verkligen är internt läckage inom byggnad	Specificeras av byggherren

Fönster, dörrar, vindsluckor och andra typer av luckor och inkast*

Alla former av luckor i klimatskalet, det vill säga t ex brandluckor och rökluckor, inspektionsluckor, kattluckor i ytterdörr ska likställas med dörrar och vindsluckor och får därför enbart stängas, ej tätas ytterligare. I tabell 7.1 ovan anges att dessa stängs om de kan stängas, annars lämnas de ”öppna”. Att lämnas öppna avser de fall låsning helt saknas och avses vara så utförd, t ex lucka som enbart hålls igen av egentygnd eller dörr som enbart hålls igen av dörrstängare och varaktigt helt saknar någon form av annat lås. Dessa får ej tejpas eller på annat sätt spärras i stängt läge. Dessa ska placeras i stängt läge inför lufttätetsmätningen men av trycket vid tätetsmätningen kommer de att i viss grad öppna sig i åtminstone en riktning. Observera att dörrstängare heller ej får manipuleras för att åstadkomma större tröghet än den har vid dörrrens normala användning.

Ytterdörrar helt utan låsning, som enbart hålls igen av dörrstängare, är lufttätetsmässigt mycket olämpligt och bör ej förekomma. Likväl kan de förekomma som dörr i klimatskal, t ex när det finns ett vindfång (lufttätt eller lufttotätt) utanför klimatskalet vilket i sin tur har en låsbar dörr mot det fria. De kan också förekomma t ex mellan ett varmt trapphus och en kall loftgång. Att dörrar som helt saknar låsning kommer att orsaka ett dåligt lufttätetsresultat är ofrånkomligt. Vid sådana tillfällen kan det vara lämpligt att påvisa hur stort läckaget genom dörrarna är, genom att utföra mätning både utan och med tejping/spärrning av dessa, men observera att giltigt värde för hela byggnadens lufttätet är värde som uppmäts utan tejping/spärrning. Ytterdörrar som har lås men som bara är låsta under delar av dygnet och där dörr i ej låst tillstånd enbart hålls igen av dörrstängare (t ex entrépartier till skolor etc), provas med låset i låst tillstånd när så behövs för att förhindra att dörren öppnar sig vid lufttätetsmätningen.

Ventilation

För ventilation som enligt tabell 7.1 ska tätas är det dock enligt ByggaL tillåtet att den enbart stängs utan att tätas på ytterligare sätt **om** den därigenom ändå blir helt lufttät eller åtminstone så lufttät att läckaget genom den ej bedöms medföra någon risk för påverkan på lufttätetsresultatet (täthetsstalet l/sm²). Det innebär t ex att i de fall ventilation avses tätas centralt i venti-

lationsaggregat och spjäll i ventilationsaggregat har god täthet kan det räcka med att spjäll stängs, ytterligare tätning krävs ej. **Observera dock att det är vanligt förekommande att spjäll ej har god täthet**, t ex är brandspjäll sällan lufttäta. Om spjäll nyttjas för tätning ska de läckagesökas.

Observera också att tätning av ventilationsaggregat med roterande värmeväxlare alltid ska utföras på samma sida växlaren när så över huvud taget är möjligt, det vill säga **antingen** i uteluft och avluft **eller** i till- och frånluft, för att undvika läckage genom växlaren, varför det ändå ej är säkert att spjäll alltid kan nyttjas för tätningsändamål.

Vid tätning av ventilationshuvar på tak ska tillses att tätning utförs i kanalmynningar. Att försöka täta utanpå en huv kan innebära att luft kan smita emellan plåtar och vidare ner i kanalsystemet. Viss risk för att luft smiter emellan kan även finnas vid tätning på utsida av intagsgaller.

Luftläckage mellan byggnadskonstruktion och ventilationsdon vid metod 2

Läckage mellan byggnadskonstruktion och ventilationsdon får enbart tätas om läckaget härrör från ventilationen i sig (det vill säga om det är luft från ventilationskanal som smiter mellan don och byggnadskonstruktion), läckaget får ej tätas om läckaget beror på bristfälligt utförd genomföring i byggnadskonstruktionen. Vid osäkerhet, täta ej.

Rökkanal och eldstad

För metod 1 tillåts som utgångspunkt enbart stängning av spjäll samt igenhållande tejpnings eller på annat sätt igenhållande tätning av luckor som saknar låsning (t ex dragluckor) i den utsträckning som behövs för att hindra indrag av sot och aska till inommiljön vid provning vid invändigt undertryck. Denna igenhållande tätning ska vara utförd för att hålla igen lucka men ej i övrigt åstadkomma förbättring av luckans täthet. Separat uteluftkanal som ansluter direkt till eldstad tätas ej. För ett system med separat uteluft ska det normalt räcka att se till att vedinkastluckan är stängd vid provningen. Det är dock alltid tillåtet att utföra så mycket extra tätning som behövs för att undvika att förorena inommiljön med sot, aska och större mängd röklukt vid lufttäthetsmätning vid invändigt undertryck (observera att eldning **måste** vara avslutad så långt före provning att det ej finns risk att dra in rök till inommiljön). Sådan extra tätning ska noggrant dokumenteras och motiveras. Denna tätning avlägsnas vid mätning vid invändigt övertryck.

För metod 2 tätas allt som kan bidra med läckage från dessa system. Förekommer inget läckage måste dock inte tätning utföras. Vid läckage/risk för läckage:

För eldstäder som använder inomhusluft, täta antingen rökkanalen eller alla eldstadsluckor, inklusive dragluckor och askluckor mm, inklusive eventuell asklucka på rökkanal (täta alla luckor och anslutningar som inte annars gör helt tätt). För eldstäder som är kopplade till uteluftkanal, täta antingen rökkanal och uteluftkanal, eller täta förekommande luckor och anslutningar.

Avlopp

Normalt fylls vattenlås. Gäller det byggskedet varvid det finns öppna avloppsrör, tejpas rören. I byggskedet kan det i vissa fall dock vara lättare att tätas ett centralt utlopp från byggnaden än att tätas alla enskilda avloppsrör var för sig. I så fall **måste** dock även alla avloppsluftare som är dragna ut genom klimatskalet tätas.

Observer att det är vanligt att vattenlås i golvbrunnar ej är korrekt monterade eller i vissa fall saknas. Det är vanligast i byggskedet men även efter färdigställande är det vanligt att vattenlåsen ej är ordentligt nertryckta. God rutin är att därför även kontrollera detta i samband med att golvbrunn fylls.

Interna luftläckage

Luftläckage mot angränsande ej trycksatta utrymmen, det vill säga inom byggnad interna läckage som förekommer genom yta som ej tillhör omslutningsyta klimatskal, får vid metod 1 och 2 tillfälligt tätas när lufttätetsprovning utförs av **klimatskalet** i en del av en byggnad, under förutsättning att det är troligt att läckaget verkligen är internt läckage inom byggnad. Detta för att undvika läckageflöde som ej tillhör klimatskalet. **Observera att om läckaget kan härröra från klimatskalet, t ex att det från en lägenhetsskiljande vägg nära yttervägg läcker in kall luft är det inte troligt att läckaget härrör från angränsande uppvärmda lägenhet och ska därför inte tillfälligt tätas.** Luftläckage ur dräneringshål i HD/F-bjälklag är ur denna aspekt särskilt problematiska eftersom de dels kan medföra stora interna läckage men även utgöra en stor källa till läckage genom klimatskalet genom bristfällig tätning av bjälklagskant i yttervägg. För att tillfälligt få tätas dräneringshålen behöver således säkerställas att läckage genom dessa inte härrör till klimatskalet.

Om det gäller en lufttätetsmätning där även interna läckage ska beaktas vid provningen, det vill säga där täthetskrav är ställt på hela omslutande ytan, t ex för en operationssal, får naturligtvis inga tillfälliga tätningsåtgärder vidtas för interna läckage mot angränsande ej trycksatta utrymmen.

Tillfällig tätning för sektionering av byggnad vid lufttätetsmätning av klimatskal

Ovanstående text om interna läckage avser främst de fall då det finns naturliga avskiljande konstruktioner, t ex lägenhetsskiljande väggar. Andra fall förekommer dock, t ex avseende att avskilja större delar av byggnader från varandra. För sådana avskiljningar nyttjas också gärna de naturliga avskiljningar som finns, t ex brandväggar om sådana finns på lämpliga ställen. Handlar det om att avskilja olika delar av en ny konstruktion från varandra i tidigt skede, för att tidigt kunna lufttätetsmäta en mindre del av byggnad, uppförs en tillfällig lufttät vägg för ändamålet. Alla inom byggnaden interna avskiljande konstruktioner får tätas tillfälligt så de blir helt lufttäta för att möjliggöra lufttätetsmätning av klimatskalet i del av byggnad.

Ett speciellt fall är dock när en befintlig byggnad byggs till och enbart tillbyggnaden avses lufttätetsmätas. I sådana fall utförs ofta en tillfällig tätning med plastfolie mot den gamla väggen som tidigare utgjorde yttervägg i den befintliga byggnaden men nu utgör avskiljande innervägg mellan gammal byggnad och tillbyggnad. Tätning utförs vanligen på sida som vetter mot tillbyggnad, det vill säga gamla ”utsidan” eftersom det i praktiken oftast är det enda ställe där det går att utföra denna tätning. Den tillfälliga plastfolien ansluts till lufttätande skikt i tillbyggnadens klimatskalkonstruktion.

Om konstruktionsanslutning mellan tillbyggnad och befintlig byggnad är korrekt projekterad och korrekt utförd så att befintlig byggnads tätskikt och tillbyggnads tätskikt är lufttätt anslutna med varandra kommer ett rättvisande lufttätetsvärde för tillbyggnadens klimatskal att erhållas när tillfällig tätning utförs mot befintlig byggnad enligt ovan. Den tillfälliga plastfolien utgör då

enbart en mätteknisk avgränsning. Om konstruktionsanslutning mellan befintlig byggnad och tillbyggnad däremot ej är lufttätt utförd genom att de lufttätande skikten ej är sammanbundna är det stor risk att det i verkligheten medför en stor otäthet i denna anslutning. Eftersom den tillfälliga tätningen vid lufttäthetsmätningen dock ansluter mot tillbyggnadens tätskikt kommer otätheten mellan befintlig byggnad och tillbyggnad ej att inkluderas vid lufttäthetsmätningen. Mätningen ger måhända rent definitionsmässigt, beroende på entreprenadgränser etc, ändå ”korrekt” lufttäthetsvärde för den nya tillbyggnaden klimatskal i sig. Men på grund av otäthet i anslutning mellan befintlig och ny klimatskalskonstruktion finns risk för att hela byggnadens totala klimatskal på detta sätt i slutändan har sämre lufttäthet än den gamla byggnadens klimatskal hade före tillbyggnad.

Ett alternativ skulle i vissa fall kunna vara att lufttäthetsmäta den gamla byggnaden före tillbyggnaden startar. Utifrån det resultatet ställs sedan ett rimligt viktat täthetskrav för hela byggnaden efter tillbyggnad. Till sist mäts hela byggnadens lufttäthet inför/vid färdigställande för att verifiera detta.

Bilaga 8:

Byggnadens färdigställandegrad vid lufttätets-mätning

SS-EN ISO 9972:2015 anger att lufttätetsmätning endast kan utföras när byggnad färdigställts men att preliminär lufttätetsmätning kan utföras av det lufttätande skiktet under byggskedet med den fördelen att det då är enklare att täta eventuella läckage.

I Sverige är det dock i praktiken relativt vanligt att lufttätetsmätning endast utförs i byggskedet vilket sedan av byggherren även godtas som ”slutligt värde”, det vill säga verifierande lufttätetsmätning utförs ej alltid i helt färdig byggnad.

ByggaL rekommenderar att lufttätetsprovning utförs både i byggskedet och i färdigställd byggnad. I byggskedet, när lufttätande skikt är synligt, är det ofta förhållandevis enkelt att utföra eventuella kompletterande tätningar. Lufttätetsprovning utförs även i färdigställd byggnad när alla arbeten som kan påverka byggnadens lufttätet är slutfört varvid slutligt resultat erhålls. Med färdigställd byggnad avses i praktiken antingen väldigt sent i byggskedet eller i helt färdigställd byggnad. Dock kan det i vissa fall vara betydligt enklare att utföra lufttätetsmätning i ett tidigt skede än i färdig byggnad, varav typexempel är en byggnad som under byggskedet är helt invärtes fritt förbunden men som färdigställd utgör flera olika utrymmen som ej fritt kan förbindas invändigt. Det kan t ex gälla flerbostadshus med ingång till varje lägenhet enbart direkt utifrån via loftgång eller dylikt, men där det i byggskedet finns stora invändiga installationsöppningar eller gångöppningar mellan lägenheterna, eller innan lägenhetsskiljande konstruktioner över huvud taget är uppförda (det förutsätter att klimatskalet är projekterat för kontinuerlig täthet förbi dessa konstruktioner). Dels är tidsåtgången och kostnaden för att prova varje enskilt utrymme separat, om många eller alla utrymmen ska provas, i allmänhet betydligt högre än kostnaden för att prova hela byggnaden som en enda provning (tidsåtgången för att lufttätetsmäta ett eller två enskilda mindre utrymmen, t ex separata lägenheter, kan i princip vara densamma som för att prova en hel byggnad som en volym). Dels finns alltid risk för interna läckage mot angränsande ej trycksatta utrymmen vid provning av enskild del av byggnad, vilket kan innebära att mottrycksmätning måste användas för att klara kravvärdet för klimatskalet, vilket fördyrar provningen. ByggaL rekommenderar därför i dessa fall att mätning främst eller enbart utförs i ett så pass tidigt skede att hela byggnaden kan trycksättas som en enda volym. Mätning ska dock ej utföras förrän klimatskalet är så pass färdigställt att resultatet som erhålls vid mätningen har förutsättning att kunna vara likt resultatet i färdig byggnad, vilket innebär att det allra mesta som kan påverka lufttäteten i klimatskalet behöver vara utfört. Vid lufttätt skikt av plastfolie finns alltid en risk att denna punkteras eller skadas efter att en tidig lufttätetsmätning utförts. Risk finns även att senare upptagna genomföringar/installationer ej tätats på bra sätt.

Byggherren behöver definiera vid vilken färdigställandegrad på byggnaden som lufttätetsmätningen tidigast får utföras för att resultatet ska få räknas som ”slutligt” värde. Detta definierar byggherren antingen genom en egen specifikation eller genom att hänvisa till ”Lägsta nivå på färdigställandegrad för klimatskal enligt branschstandard ByggaL” (se specifikation nedan) eller genom att ange att byggnaden (även) ska lufttätetsmätas vid färdigställande (antingen helt färdigställd för inflyttning eller att det avser ett mycket sent skede i byggskedet). Om byggherren ej anger färdigställandegrad för ”slutlig” provning används ByggaLs specifikation enligt nedan.

Lägsta nivå på färdigställandegrad för klimatskal enligt branschstandard ByggaL

ByggaL har definierat en lägsta acceptabel nivå på färdigställandegrad för klimatskal vid lufttäthetsmätning för att uppmätt lufttäthet ska få räknas som ”slutligt värde” vilket redovisas i punktform nedan. Definitionen omfattar även godtagbara undantag vilka redovisas i nästa stycke

- Lufttätande skikt i klimatskal ska vara permanent applicerat vilket även inkluderar att glespanel och inre regelstommar ska vara monterade i sådan omfattning att lufttätande skikt har tillräckligt mothåll åt båda håll för att kunna utsättas för trycksättning till allra minst 50 Pa under- och övertryck utan att ta skada.
- Lösullssprutning som kräver håltagningar i lufttätande skikt ska alltid vara utfört, inga undantag medges.
- Genomföringar för ventilation ska vara utförda i lufttätande skikt. Det innebär att kanaler alltid ska vara monterade genom lufttätande skikt. Detta gäller även kanaler som omges av sarg vid takgenomföring, det vill säga det är inte tillräckligt att enbart sarg är monterad och hål för saknad kanal är tillfälligt tätat.
- Eldragningar ska vara utförda genom lufttätande skikt.
- Vatten- och fjärrvärmerör, avlopp och avloppsluftarrör etc. ska vara monterade genom lufttätande skikt.
- Ytterdörrar, fönster, vindsluckor, brandluckor, krypgrundslucka i krypgrundsbjälklag, etc ska vara slutmonterade (det vill säga även drevning och fogning etc ska vara utförd mellan karm och byggnadskonstruktion, tätningslister ska vara monterade och lås monterade och injusterade så att stängning/låsning kan ske utan tillfälliga hjälpmedel).

Godtagbara undantag

Lås ska vara på plats, men dörrhandtag, fönsterhandtag och låsvreden behöver ej vara generellt monterade, öppningar för dessa kan tillfälligt tätas i större omfattning eftersom de sällan efter montage bidrar med något luftläckage av någon betydelse.

I byggskede kan finnas anledningar till att inte alla ovanstående punkter helt kan uppfyllas. Enstaka undantag behöver i praktiken tillåtas. Ofta saknas något ytterdörrsparti eller en del av en yttervägg på grund av byggtransportöppning. Stölder, skadegörelse, felaktiga eller sena leveranser m m kan medföra att någon ytterdörr eller fönster etc. saknas, och vars öppning då tillfälligt tätats. Även någon tillkommande håltagning kan behöva utföras genom klimatskalet i sent skede. Mindre avsteg tillåts därför från punktlista enligt ovan. Det ska enbart vara enstaka avsteg i liten omfattning, t ex att enstaka dörr saknas. Det får ej vara avsteg av större omfattning, eftersom det alltid finns risk att tillfälliga tätningar är tätare än vad färdig konstruktion blir, vilket alldeles särskilt gäller t ex ytterdörrspartier och vindsluckor. Resultat av lufttäthetsmätning före sprutning av lösull genom lufttätande skikt ska aldrig räknas som ”slutligt” värde.

Utifrån inkommande elrör etc i installationsgropar och dylika platser ska alltid vara permanent tätade i färdig byggnad (förutom luftläckaget i sig finns stor risk för att markradon och dålig lukt mm tillförs inommiljön via dessa). Vid lufttäthetsmätning i byggskedet är det dock ofrånkomligt att dessa normalt endast är tillfälligt tätade (antingen att rören tillfälligt tätats, eller att hela gropen tillfälligt tätats), eftersom kabeldragningar mycket ofta utförs sent i byggskedet.

Byggnadens färdigställandegrad ska anges i lufttäthetsmätningsrapporten och alla kända avvikelser enligt ovan ska tydligt anges i rapporten, dels för att byggherren ska kunna bedöma

huruvida dennes ställda krav på färdigställandegrad vid täthetsmätningen är uppfyllda, och dels för att få underlag till vad som i ett senare skede är lämpligt att kontrollera på annat sätt. Byggherre bör vid färdigställande av byggnaden särskilt låta kontrollera, t ex genom okulär kontroll, att dörrparti som ej var monterat vid lufttäthetsmätning ej har synliga lufttättheter (glapp och/eller skevhet mellan dörrblad och karm, saknade eller för korta/för tunna/defekta tätningslister) och att rör i installationsgropar har lufttätats permanent (och att det inte finns synliga otätheter i betong jämte rör om hela installationsgropen var tillfälligt tätad vid lufttäthetsmätningen). För håltagningar utförda i klimatskalet efter lufttäthetsprovning bör byggherren ställa krav på fotodokumentation från entreprenören som visar hur lufttätning åstadkoms (byggherre bör även föreskriva att sådana genomföringar ej får utföras rakt igenom en färdig lätt konstruktion, utan ska i sådana fall utföras genom att först frilägga det lufttätande skiktet med marginal så att tätning kan utföras på rätt sätt vid genomföringen).

Ej tillåtna tätningsåtgärder

Observera att det ej är tillåtet att genom olika typer av tillfällig tätning vid lufttäthetsmätning åstadkomma ytterligare, tillfällig, förbättring av lufttäthet av sådana klimatskalkonstruktioner som redan avses vara helt färdigställda, t ex tejpling av färdigställda men lufttöta ytterdörrpartier, eller tejpling av t ex eluttag och spotlights i klimatskalet. Ett resultat uppmätt med sådana tillfälliga tätningar utgör aldrig ett giltigt resultat för byggnadens lufttäthet, ett sådant resultat kan enbart användas i samband med utvärdering av specifika läckage. Det vill säga om mätning utförs både utan och med sådana tätningar kan läckagemängden bestämmas för de specifika otätheterna. Det är rekommendabelt att utföra sådana jämförande mätningar om läckage har identifierats som kan misstänkas vara stora, för att visa på förbättringsmöjligheten av att åtgärda dessa läckage, särskilt i sådana fall när det ställda kravet på lufttäthetsvärde ej uppfylls. Observera dock att den giltiga mätningen, som visar byggnadens lufttäthet vid måttillfället, är den mätning som utförs utan dessa tillfälliga tätningar.

Bilaga 9:

Lufttäthetsmätning

I stort hänvisas till SS-EN ISO 9972:2015 för utförandet av mätningen. Nedan ges förtydliganden och kompletteringar enligt branschstandard ByggaL. För förberedelser i byggnaden avseende tillfälliga tätningar etc se bilaga 7 och 8. För beräkning/ bestämning av omslutningsyta samt problematik kopplat till delprovning av byggnad, se bilaga 6.

Sammanfattning

Urval av viktiga punkter:

- Utrustning ska ha giltig kalibrering
- Otätheter i t ex en ytterdörröppning som blir uteslutna från lufttäthetsmätning genom att mätutrustningen placeras i dörröppningen ska redovisas i rapport
- Utvändig slang för mätning av tryckskillnad över klimatskalet ska alltid vara försedd med någon form av vinddämpare, t ex en perforerad låda eller som minimum en T-koppling
- Invändig slang för mätning av tryckskillnad över klimatskalet, som ska mynna i ett för byggnaden representativt utrymme (ej för nära mätfläkten), ska alltid användas när någon som helst risk föreligger för att felavläsning kan uppstå om tryckmätarens anslutning för denna slang lämnas tom
- I SS-EN ISO 9972:2015 anges lägsta tryckskillnad över klimatskalet vid mätserie vid lufttäthetsmätning som det största av $10 \text{ Pa} \pm 3 \text{ Pa}$ respektive fem gånger nollflödes-tryckskillnad $\pm 3 \text{ Pa}$. Denna angivelse utgör enligt branschstandard ByggaL enbart en minimumnivå, lägsta tryckskillnad över klimatskalet vid mätserie vid lufttäthetsmätning måste inte vara så låg
- Enligt ByggaL ska varje mätserie utföras vid totalt minst fem olika tryckpunkter och med som mest ca 10 Pa tryckskillnad mellan varje tryckpunkt
- 50 Pa tryckskillnad över klimatskalet ska normalt alltid finnas inom varje mätseries mätområde, det vill säga mätning ska normalt utföras upp till minst 50 Pa tryckskillnad över klimatskalet. Extrapolering till 50 Pa från lägre trycknivå, såvida minst 25 Pa uppnåtts, accepteras enbart för:
 - o stora nybyggnader med minst $10\,000 \text{ m}^2$ omslutningsyta klimatskal
 - o äldre otäta byggnader oavsett storlek
 - o nya byggnader som ej uppfyller ställt täthetskrav (utgör ej slutmätning)
- Lufttäthetsmätning utförs vid både invändigt undertryck och vid invändigt övertryck. Mätning som ska räknas som ”slutlig” mätning ska alltid utföras vid båda tryckförhållandena om inte alldeles särskilda omständigheter föreligger. Avvikelse ska motiveras i rapport
- Enligt ByggaL ska giltiga lufttäthetsmätningar av hela höga byggnader kunna utföras även under temperaturförhållanden då nollflödestrycket på grund av termisk drivkraft överskrider 5 Pa , se rubrik ”Höga byggnader”. Förutsättning är bl a att mätning utförs både vid under- och övertryck samt att byggnaden ej är vindpåverkad
- När invändigt fri förbunden byggnad är trycksatt till 50 Pa men ett mindre utrymme innanför klimatskärmen som endast har separat ingång utifrån samtidigt är trycksatt till

minst 25 Pa får enligt ByggaL det mindre utrymmets halva omslutningsyta av klimatskal medräknas vid provning. Vid lägre tryck än 25 Pa får ingen area medräknas. Vid trycksättning mellan 25 och 50 Pa får det medräknas omslutningsyta klimatskärm i motsvarande grad procentuellt mellan 50 % och 100 %

Mätutrustning

Allmänt

Utrustning som behövs för själva lufttäthetsmätningen är en fläkt med mätrör/strypring för luftflöde, reglerutrustning för fläktens varvtal, tryckmätare (manometer) för mätning av tryckskillnad över klimatskalet (mellan inomhusluft och utomhusluft) och tryckmätare till fläkt (mäter tryck i/över mätrör/strypring), instrument för mätning av lufttemperatur ute och inne, barometer för eventuell mätning av atmosfärstryck samt anemometer (lufthastighetsgivare) för eventuell mätning av vindhastighet utomhus. Fläkten för mätning av byggnadens lufttäthet monteras i en tät skiva/duk som vanligen sätts i en ytterdörrsöppning eller en fönsteröppning.

Kalibrering

Mätutrustning med minst den mätnoggrannhet som standarden anger, ska användas. Utrustning ska regelbundet kalibreras, vilket innefattar all mätutrustning vars mätresultat ligger till grund för uppmätt luftflöde, vilket minst innefattar mätrör (fläkt inklusive olika strypringar), tryckmätare och temperaturmätare samt eventuell absoluttrycksmätare (barometer).

Kalibrering ska utföras med intervall enligt tillverkarens anvisning eller oftare (det mätande företagets eget kvalitetsystem kan innefatta sådana krav). Vid val av kalibreringsintervall ska även hänsyn tas till användningsfrekvens och de miljöer som den specifika utrustningen vistas i och används i, samt tidigare kännedom om den specifika utrustningens långtidsstabilitet (drift mellan kalibreringar). Vid misstanke om skador eller andra fel på utrustningen ska den omgående kalibreras. All kalibrering ska vara spårbar.

Lufttäthetsmätning med byggnadens egna ventilationssystem

Vid lufttäthetsmätning av stora byggnader kan flera fläktar samtidigt monteras i klimatskalet. Ett annat alternativ kan i vissa fall vara att mäta byggnadens lufttäthet med hjälp av byggnadens egna ventilationssystem, vilket även SS-EN ISO 9972:2015 anger som en möjlighet. Metod för att mäta med ventilationssystemet finns beskrivet i den kanadensiska standarden CAN/CGSB-149.15-96 (upphävd år 2016). Det hindrar dock inte att mätningen med ventilationssystemet anpassas till SS-EN ISO 9972:2015. För att kunna mäta med hjälp av ventilationssystemet krävs bl a att dess fläktar kan styras så att önskvärda tryckförhållanden skapas över klimatskalet (möjlighet att köra frånluftsfläkt på valfri hastighet 0-100 % medan tilluftsfläkt är avstängd och tätad, och vice versa) och att luftflödet kan mätas med önskvärd noggrannhet. I vissa fall har de inbyggda luftflödesmätarna i aggregaten åtminstone från början god noggrannhet, men det är dock inte säkert att de kalibreras regelbundet. SS-EN ISO 9972:2015 anger möjligheten att använda spårgas vid mätning med ventilationssystemet.

Speciella förutsättningar för att mäta lufttätheten med byggnadens egna ventilationssystem tas i övrigt ej upp i ByggaL. ByggaL är skriven med utgångspunkten att lufttäthetsmätning utförs med externa fläktar eftersom det är det vanligaste förfarandet i Sverige.

Tidiga förberedelser

Den som ska utföra lufttätetsmätningen ska i god tid begära in de handlingar som behövs för att kunna utföra uppdraget. Handlingar innefattar främst ritningar A, K, V i den omfattning som behövs samt den kravformulering som finns för lufttätet i projektet, vilket inkluderar ställt krav på lufttätet och vilka krav det finns på utförande av lufttätetsmätning och luftläckagesökning och/eller termografering. Den sistnämnda handlingen kan dock hänvisa till ytterligare handlingar som behandlar detta.

Den som ska utföra lufttätetsmätningen ska också före mätningen ha erhållit/tagit fram uppgift om omslutningsyta (med undantag för de komplicerade fall omslutningsyta även behöver mätas och beräknas på plats). Även om omslutningsyta behöver mätas och beräknas på plats måste den som ska utföra lufttätetsmätningen ha gjort överslagsberäkning för ytan så att tillräcklig fläktkapacitet medtages för lufttätetsmätningen.

För stora och komplexa byggnader rekommenderas förbesök före provningen oavsett om det gäller provning i byggskedet eller färdig byggnad, för att kartlägga eventuella problem samt planera genomförandet.

Montage av mätutrustning

Fläkt

Vanligen placeras fläktutrustningen i ytterdörr- eller fönsteröppning. Placering ska väljas utifrån mätteknisk bästa plats med avseende på möjlighet att trycksätta hela byggnaden likvärdigt, undvika vindpåverkan (särskilt anblåsning rakt mot utrustningen, men även läsida med stort sug eller hörn med turbulens kan vara problematiskt), undvika andra störningar (pågående aktiviteter i och utanför byggnaden) samt undvika trånga passager nära fläkt som kan påverka flödesförhållandena och därmed tryckförhållandena kring fläkten vilket kan ge felaktig mätning. Trånga passager, både med avseende på att kunna trycksätta hela byggnaden likvärdigt och med avseende på utrymmet där fläkten placeras, har större betydelse ju större totalt luftflöde som måste passera passagerna.

Om en ytterdörr eller fönster saknas vid mätning i byggskede (eller om det finns annan tillfällig öppning) monteras gärna mätutrustningen där istället för att behöva tät öppningen tillfälligt på annat sätt.

Om det finns flera lämpliga placeringar att välja på bör den dörröppning etc väljas som förefaller vara lufttätast. Monteras istället utrustningen i en öppning som har en mycket otät dörr utesluts det läckaget därigenom från provningen vilket medför att uppmätt lufttätetsvärde blir bättre än det verkliga. Visuellt observerade otätheter (glapp, skevhet, defekta tätningslister etc) i en sådan öppning som på detta sätt blir utesluten från mätning, ska dokumenteras i rapport. Att mätutrustningen verkligen är helt lufttätt ansluten till byggnadskonstruktionen är alltid viktigt, men allra viktigast är det när det gäller att mäta extremt små totala luftflöden, t ex i små och lufttäta lägenheter, varvid även små läckage genom utrustningen riskerar att ge stor påverkan på resultatet.

Fläktutrustning ska om möjligt placeras i öppning i klimatskalet. Vid lufttätetsmätning av enskilda lägenheter i byggskede är dock ofta lägenhetsdörr mot trapphus ej monterad varvid antingen denna öppning behöver tätas tillfälligt eller monteras fläktutrustningen istället i dess öppning. Om fläktutrustning monteras i dörröppning mot trapphus **ska** trapphuset fritt förbindas med uteluften på detta våningsplan så att ingen tryckskillnad här finns eller uppstår mellan trapphuset och uteluften. Trapphuset förbinds med uteluften genom att eventuellt trapphusföns-

ter samt balkongdörrar och fönster i övriga lägenheter på aktuellt våningsplan öppnas i erforderlig omfattning och att dessa lägenheter är öppna mot trapphuset. Vid vindpåverkan på byggnaden ska fönster och balkongdörrar öppnas i lika omfattning i två motstående riktningar så att ”genomblåsning” kan ske så att vindpåverkan ej ger upphov till stor tryckupbyggnad inomhus i trapphuset. Att utrymmet utanför fläkten ska vara fritt förbundet med uteluften gäller även i de fall fläkten placeras i klimatskalsöppning mellan byggnad och garage eller mellan byggnad och inglasad balkong eller mellan byggnad och vindfång etc

Fläktutrustningens placering ska alltid framgå i rapport. I de fall utrustningen inte placeras direkt i klimatskalsöppning mot det fria ska alltid omständigheterna kring detta beskrivas (främst hur det tillsågs att utrymme utanför fläkten tryckmässigt jämfördes med det fria, och var utomhusslang mynnade).

Utvändig slang för mätning av tryckskillnad över klimatskalet

Slang som dras till utomhus för mätning av tryckskillnad över klimatskal ska förläggas så den påverkas så lite som möjligt av vind vilket vanligen innebär en bit bort från byggnaden, ej för nära andra hinder. Vid pågående verksamhet utanför byggnaden kan det dock vara omöjligt att dra iväg slangen bort från byggnaden. Det kan behöva provas fram vilken slangplacering som påverkas så lite som möjligt av tryckfluktuationer från vind. Slangen ska alltid mynna så den ej påverkas av luftflödet från fläktutrustningen. Vid fläktplacering i balkongdörr mot en liten balkong kan det innebära att utomhusslangen behöver dras vidare till en grannlägenhets balkong.

Slangänden **ska alltid** vara försedd med någon form av vinddämpare, t ex en perforerad låda eller som minimum en T-koppling, för att ej utsättas för dynamiskt tryck (ej utsättas för blåst direkt mot slangänden). Den ska ej utsättas för stora temperaturskillnader (solljus) och ej mynna vertikalt. Även när fläktutrustning placerats i lägenhetsdörr mot trapphus eller likvärdigt, ska utomhusslang mynna utomhus, t ex på en grannlägenhets balkong. Eftersom placeringsmöjligheterna på balkong är begränsade kan det dock på grund av vindpåverkan innebära att slangen i vissa fall ändå måste låtas mynna inomhus i grannlägenhet eller trapphus. För sådana fall är det extremt viktigt att ingen tryckskillnad förekommer mellan utomhusluften och det utrymme där slangen mynnar.

Invändig slang för mätning av tryckskillnad över klimatskalet

Förutsatt att tryckmätaren som används för tryckmätning över klimatskal är placerad inne i det trycksatta utrymmet kan visserligen tryckmätarens anslutningsnippel för inomhusslang lämnas tom om det bedöms att det ej finns någon risk för störande påverkan. Men även en inomhusslang bör vid mätning alltid kopplas till tryckmätaren för ökad säkerhet om att störande påverkan undviks. Beroende på strypring på fläkten kan luften vid fläktmynningen i vissa fall ”sprutas ut” i 90° vinkel varvid risk finns att det träffar tryckmätarens tomma nippel när byggnaden mäts med övertryck. Om fläktutrustning varit tvungen att placeras mot ett begränsat utrymme, t ex ytterdörr mot en smal passage, eller att den placerats i en lägenhets balkongdörr vid mätning av ett helt flerbostadshus (sådana placeringar ska om möjligt alltid undvikas, placera om möjligt fläkt i t ex huvudentré som ofta har större öppen förbindelse mot trapphuset) varvid i stort sett hela luftflödet också måste passera genom dörröppning mellan lägenhet och trapphus, finns också risk för att någon tryckskillnad kan förekomma mellan det utrymme där fläkten är placerad och resterande del av byggnaden. I sådana fall ska **alltid** inomhusslang användas, och ska mynna inne i ett för byggnaden tryckmässigt representativt utrymme. För detta exempel med mätning av hela flerbostadshuset innebär det att slangen behöver mynna en bit ut i trapphuset (ej för nära lägenhetsdörrens öppning mot trapphuset så den påverkas av luftflödet genom denna) eller mynna i annan lägenhet.

Fri invändig förbindelse av byggnad

SS-EN ISO9972:2015 anger att hela byggnaden (eller de utrymmen som provas tillsammans) ska vara invärtes förbundna så att de trycksätts som en zon, det vill säga det provade området ("volymen") ska överallt bli lika trycksatt. Detta åstadkoms genom att öppna alla innerdörrar etc

Om det finns kattvindar och andra blindutrymmen innanför klimatskalet (innanför det lufttätande skiktet) och luckor finns mot dessa ska de öppnas. Det gäller även t ex luckor i mellanbjälklag mot "vindsutrymmen" belägna innanför det lufttätande skiktet enligt figur 6.1 i bilaga 6. Ju större utrymme, ju viktigare att det öppnas till dessa för att de verkligen ska bli helt trycksatta.

Om byggnaden har god täthet i klimatskalet kan det dock räcka med att betydligt mindre invändiga öppningar än dörröppningar finns mot en del mindre utrymmen för att dessa ska bli helt trycksatta. Det kan räcka med ursparningar för installationsdragningar, eller enbart otätheter i dessa avskiljande konstruktioner. Ju mindre luftflöde som måste passera en öppning av en viss storlek, ju mindre risk för tryckfall över öppningen. Om öppningarna endast är små eller om det inte finns några egentliga öppningar, endast otätheter, måste tryckskillnaderna över klimatskalet kontrolleras och dokumenteras för dessa utrymmen för att de ska få medräknas som inkluderade i provningen. Villkor både för de utrymmen som blir helt trycksatta och för de utrymmen som enbart blir delvis trycksatta genom detta förfarande anges under rubrik "Delvis trycksatta utrymmen" nedan.

Utvändigt anslutande konstruktioner

Som nämnts ovan ska inglasade balkonger, vindfång, garage och andra utvändiga konstruktioner som ansluter mot byggnadens klimatskal fritt förbindas med uteluften i de fall fläktutrustningen placeras i klimatskalsöppning mellan byggnad och dessa utrymmen (eller om en mät-slang för utetryck av någon anledning skulle mynna i ett sådant utrymme). Om däremot inte mätutrustning är placerad mot dessa utrymmen måste mindre sådana utrymmen dock enligt ByggaL inte fritt förbindas med uteluften, förutsatt att det utvändigt anslutande utrymmet utgörs av permanenta konstruktioner och förutsatt att det inte finns några ventilationsanläggningar eller annat i drift i det utrymmet som kan påverka tryckskillnaden över klimatskalet mot den byggnad som ska provas. Vid tveksamhet ska tryckskillnaden över klimatskalet mellan den byggnad som ska provas och det anslutande utvändiga utrymmet mätas när det i den byggnad som ska provas råder 0 Pa och 50 Pa tryckskillnad över klimatskalet mot fri utomhusluft. Om tryckskillnaden då inte även är 0 respektive 50 Pa mellan den byggnad som ska provas och det anslutande utvändiga utrymmet ska det utvändiga utrymmet fritt förbindas med uteluften.

Ett exempel på utvändigt anslutande utrymme som ska förbindas fritt med uteluften är ett parkeringsgarage under en byggnad. Dels kan ett sådant garage ha ett ventilationssystem som påverkar tryckförhållandena i garaget, dels kan ett sådant garage även ha förbindelse med annan byggnad som också påverkar tryckförhållandena i garaget.

Övrig förberedelse av byggnad

Avstängning, stängning och tätning av byggnadens klimatskal och installationer inför lufttät-hetsmätning utförs enligt ByggaL bilaga 7 för respektive metod 1, 2 eller 3. Avseende tillfälliga tätningar av sådant som ännu ej är färdigställt i klimatskalet, se bilaga 8.

Invändiga värmebläktar i byggnaden (t ex byggfläktar) ska också vara avstängda vid själva lufttäthetsmätningen. Dessa ska stängas av så långt i förväg att eventuella effekter av densitetsförändringar och därmed volymförändringar och därmed tryckförändringar som detta kan ge

upphov till för luften i byggnaden har hunnit utjämnas innan nollflödestrycket mäts vid start av lufttätetsmätningen.

Lufttätetsmätning utförs lämpligen när så lite folk som möjligt vistas i byggnaden, för att undvika alla mänskliga störningar på mätningen. I en stor byggnad är det omöjligt att ha kontroll över vad människor som ej är involverade i mätningen tar sig för, t ex öppnar fönster, stänger innerdörrar, trampar på/klämmer tryckslangar, etc

Inledande preliminär mätning samt luftläckagesökning

Före den riktiga lufttätetsmätningen startas trycksatts byggnaden med 50 Pa invändigt undertryck och en ungefärlig avläsning av luftflödet utförs och jämförs med det ställda kravet. Är luftflödet för stort görs då en luftläckagesökning för att utreda orsaken. När luftläckagesökning från början ingår i uppdraget utförs den också alltid före den riktiga lufttätetsmätningen, även när en ungefärlig avläsning ger att täthetskravet uppfylls. Det kan t ex finnas tillfälliga tätningar som släppt. Om läckagesökningen utförs efter lufttätetsmätningen och det då förekommer defekta tillfälliga tätningar måste tid läggas på att göra om mätningen.

Men även om läckagesökning ej ingår i uppdraget och även om täthetskravet direkt uppfylls behöver läckagekontroll alltid göras av tillfälliga tätningar mm. vid trycksatt byggnad före lufttätetsmätningen. Kontrollera om det förekommer större läckage, tillfälliga tätningar som läcker, vattenlås som ej fungerar, något fönster eller dörr i klimatskalet som ej helt stängts, m m. Åtgärda vid behov, dokumentera avvikelser. Gör motsvarande kontroll även efter mätning om någon risk finns att någon tillfällig tätning etc kan ha gett med sig under mätning. Gör motsvarande kontroller inför och efter mätning vid invändigt övertryck om tillfällig tätning etc kan misstänkas släppa vid detta tryckförhållande. Om stor skillnad erhålls i resultat mellan under- och övertrycksmätning är det t ex möjligt att det orsakas av tillfällig tätning som släppt, eller fönster eller dörr som ej varit helt korrekt stängt och därför på något sätt öppnat sig vid den ena mätningen. Det kan dock även finnas naturliga orsaker i form av tätningslister i fönster och ytterdörrar som sluter tätt vid det ena tryckförhållandet men ej vid det omvända tryckförhållandet.

Mätning

Lufttemperatur

Lufttemperatur inom- och utomhus mäts direkt före själva lufttätetsmätningen, för att kunna densitetskorrigera luftflödet (densitetskorrigeringen i sig utförs sedan vanligen av programvaran till mätutrustningen). Om skillnader i lufttemperaturer föreligger mellan olika mätserier ska lufttemperaturerna mätas före varje mätserie. Observera att om mätutrustning är monterad i lägenhetsdörr mot trapphus är det vid lufttätetsmätning vid invändigt övertryck i lägenheten trapphusluften som trycks genom fläkten in i lägenheten varför trapphusets lufttemperatur utanför fläkten i detta fall ska användas som "utetemperatur" vid övertrycksmätningen, såvida inte trapphusets lufttemperatur är exakt densamma som den egentliga utomhusluftens temperatur. Vid undertrycksmätning används den egentliga utomhusluftens temperatur som utetemperatur.

När luft värms expanderar den. Densitetskorrigeringen bygger på att utomhusluft tas in genom otätheter (undertrycksmätning) respektive genom fläkten (övertrycksmätning) och att den inkomna luftens temperatur övergår från utomhustemperatur till inomhustemperatur när den väl kommit in till inneluften, och således ändras den intagna luftens volym efter att den kommit in till inneluften. Förutsatt att det är lägre lufttemperatur utomhus än inomhus är vid lufttätetsmätning vid invändigt undertryck den volym luft som passerar in genom otätheterna i klimatskalet mindre än den volym luft som passerar ut genom fläkten. Vid mätning vid invändigt

övertryck är då den volym luft som passerar ut genom otätheterna större än den volym luft som passerar in genom fläkten. Syftet med densitetskorrigeringen är bl a att räkna om det uppmätta luftflödet genom fläkten till det flöde som samtidigt förekommer genom otätheterna i byggnadskonstruktionen (i ytterligare ett senare steg beräknas sedan även vad flödet blir genom otätheterna vid 20°C och standardatmosfärstryck).

En felkälla i sammanhanget är att uteluften vid mätning vid invändigt undertryck redan kan ha intagit innetemperatur innan den passerar in genom en invändig plastfolie (eller annat "inre" lufttätande skikt) om luften färdats en sträcka innanför värmeisoleringen innan den passerar in genom plastfolien. Likaledes innebär eventuella interna läckage från eventuella angränsande ej trycksatta utrymmen att det är redan innetempererad luft som läcker in från dessa utrymmen vid undertrycksmätningen. Under förutsättning att det är lägre lufttemperatur utomhus än inomhus är det verkliga luftläckageflödet genom dessa otätheter vid undertrycksmätningen då större än det beräknade luftläckageflödet. Det kan vara en av förklaringarna till att läckageflödet vid undertrycksmätningen ibland utan uppenbar orsak är något lägre än vid övertrycksmätningen.

Atmosfärstryck

ByggaL rekommenderar att även atmosfärstrycket (barometertrycket) mäts, för mer exakt densitetskorrigering av luftflödet. Det är enligt SS-EN ISO 9972:2015 valfritt om atmosfärstrycket mäts eller om standardatmosfärstryck 101325 Pa används, eller om standardatmosfärstrycket men med höjdkorrigering för nivå över havsnivå används. Exakt atmosfärstryck har oftast enbart försumbar påverkan på luftdensiteten och därmed luftflödet, men särskilt om provobjektet befinner sig högt över havsnivå och/eller om det råder kraftigt högtryck eller lågtryck kommer det att påverka mätresultatet något jämfört mot om standardatmosfärstrycket används.

Vind

Vindförhållandena utomhus uppskattas med hjälp av Beaufortskalan eller så mäts lufthastigheten. Om vindhastigheten nära marknivå överskrider 3 m/s eller den meteorologiska vindhastigheten (10 meters höjd över marknivå) överskrider 6 m/s eller vindhastigheten når 3 på Beaufortskalan är det enligt SS-EN ISO 9972:2015 osannolikt att det råder tillfredsställande nollflödestryckskillnad, det vill säga då kommer det troligen vara mer än 5 Pa nollflödestryck, och därmed ska lufttäthetsmätningen ej utföras. I praktiken går det dock inte alltid att flytta fram en mätning till ett tillfälle med mindre vindpåverkan. Ju större vindpåverkan på byggnaden ju svårare är det dock att mäta lufttätheten och mätosäkerheten ökar. Blåser det allt för mycket erhålls mycket osäkra resultat. Se även rubrik "Nollflödestryck" och "Vindpåverkan" nedan. SS-EN 9972:2015 anger att total mätosäkerhet kan uppgå till $\pm 20\%$ vid blåsiga förhållanden.

Nollflödestryck

Nollflödestryck är de tryckskillnader som uppmäts med stängd/tätad byggnad, inklusive täckt fläkt, före och efter trycksättning av byggnaden. Dessa används för att korrigera de vid trycksatt byggnad uppmätta tryckskillnaderna över klimatskalet. I ett idealt fall är nollflödestrycket 0 Pa. Främst på grund av vindpåverkan och termisk drivkraft är dock nollflödestrycket ofta ej 0 Pa.

Vid mätning av nollflödestryck efter mätserie är det mycket viktigt att först låta byggnaden tryckutjämnas ordentligt, så att det inte finns något kvarvarande uppbyggt tryck från mätserien när nollflödestrycket mäts. För otäta byggnader sker sådan utjämning relativt momentant så fort mätfläkten stängs av. För mycket täta byggnader kan tryckutjämningen dock ta lång tid. Det kan vara nödvändigt att öppna ett fönster en stund så att trycket släpper, sedan stänga det igen och avvakta något, varefter nollflödestrycket mäts. Titta och känn på eventuell synlig plastfolie samt

duken som omger fläkten för att se när tryckuppbyggnaden från mätningen helt släppt (jämför med hur slappa dessa var före mätserien).

SS-EN ISO 9972:2015 anger att om medelvärde av negativt eller positivt nollflödestryck före eller efter mätning överskrider 5 Pa, ska mätningen ej utföras/ej anses giltig. Om mätningen ändå redovisas ska i rapport tydligt anges att standardens krav ej uppfyllts.

En avsikt med gräns på 5 Pa torde vara att det inte ska finnas något egentligt luftflöde genom byggnadens otätheter redan innan mätserien startar. Luftströmning genom otätheter är i stort sett aldrig en linjär funktion av tryckskillnaden. Det tillkommande luftflödet genom en otäthet blir större om tryckskillnaden över otätheten ökar från t ex 5 Pa till 55 Pa än om den ökar från t ex 20 Pa till 70 Pa trots att ökningen är 50 Pa i båda fallen, varför inte nollflödestryckkompenseringen som alltid görs, i sig helt hjälper för att kompensera mätningen för alla effekter av stort nollflödestryck.

Nollflödestrycket mäts med minst 10 avläsningar under minst 30 sekunder före och efter mätserie (före byggnaden trycksätts och efter att byggnaden slutat trycksättas). Medelvärde av alla avläsningar samt medelvärde av positiva och negativa avläsningar beräknas (utförs vanligen av programvaran till mätutrustningen). Nollflödestrycket kan mätas under längre tid och med fler avläsningar för att erhålla säkrare värden när fluktuationer förekommer. Nollflödestrycket mäts före och efter mätserien eftersom det inte kan mätas under själva mätserien då ju andra tryckskillnader skapas. Men det som egentligen är av intresse är det nollflödestryck som skulle ha funnits under tiden själva mätserien pågår, om inte mätserien då hade pågått. Uppmätta tryckskillnader över klimatskalet under mätserien kompenseras därför för medelvärdet av nollflödestrycket före och efter mätserien. För att detta ska bli helt korrekt behöver således nollflödestrycket vara stabilt, så att det är sannolikt att det nollflödestryck som mätserien kompenseras för också är det nollflödestryck som skulle ha förekommit under tiden för mätserien om mätserien då ej utförts.

Vindpåverkan

Vid stor vindpåverkan, särskilt byig vind, kan nollflödestrycket variera väldigt mycket från stund till stund, varför det inte alls är säkert att nollflödestrycket före och efter mätserie och medelvärdet av dessa är representativt för förhållandena under den tid mätserien pågår. Om nollflödestrycket före och efter mätserie är mycket olika kan förutsättas att det är stor osäkerhet i mätserien även om nollflödestrycken inte överskrider ± 5 Pa. Det vill säga det kan t ex vara +4,7 Pa före mätserien och -5,0 Pa efter mätserien och då är skillnaden mellan dessa hela 9,7 Pa men det utgör ändå inte en avvikelse från SS-EN ISO 9972:2015. Men även om nollflödestrycket före och efter mätserie är relativt lika även vid vindpåverkan betyder det ändå inte att det garanterat är ett representativt värde för förhållandena under tiden mätserien pågick. Stor vindpåverkan ska därför undvikas vid lufttäthetsmätning eftersom det kan öka mätosäkerheten högst betydligt. Mätning ska alltid utföras vid både undertryck och övertryck.

Byig vind är mest problematisk på grund av tryckfluktuationerna, men även stabila vindförhållanden, det vill säga en konstant vindhastighet som ger ett någorlunda konstant nollflödestryck, medför ökad mätosäkerhet eftersom vinden också påverkar byggnaden på ungefär samma sätt som termisk drivkraft gör, det vill säga det blir olika tryckskillnad över olika delar av klimatskalet vid lufttäthetsmätningen.

Termisk drivkraft

Vid lufttäthetsmätning av en hel hög byggnad vintertid medför termisk drivkraft att det är sannolikt att nollflödestrycket blir större än 5 Pa längst ner och längst upp i byggnaden. Ungefärlig beräkning av den totala tryckskillnad som uppstår på grund av termisk drivkraft kan enligt *Fukthandbok* (Nevander & Elmarsson, 2007) beräknas med formel $0,043 \cdot \Delta t \cdot h$, där Δt är temperaturskillnaden mellan inne och ute (°C) och h är byggnadens invändiga höjd (m) från överkant av golv mot mark till underkant av vindsbjälklaget när byggnaden är fritt invändigt förbunden i höjddled. Vid jämt fördelade otätheter i klimatskalet blir tryckskillnaden över klimatskalet längst upp och längst ner i byggnaden hälften av det tryck som erhålls med formeln eftersom det neutrala lagret hamnar på mitten av byggnadens höjd. Ytterligare information om termisk drivkraft och tryckbilderna över klimatskalet i en byggnad finns bl a i *Luftboken* av Claes Bankvall (Bankvall, 2013).

Kravet på max 5 Pa nollflödestryck innebär i praktiken att enligt SS-EN ISO 9972:2015 kan hela höga byggnader enbart lufttäthetsmätas under den varma årstiden. Enligt branschstandard ByggaL ska dock giltiga lufttäthetsmätningar av hela höga byggnader kunna utföras även under temperaturförhållanden då nollflödestrycket på grund av termisk drivkraft överskrider 5 Pa. Se rubrik ”Höga byggnader” för vidare information angående lufttäthetsmätning av hela höga byggnader.

Mätserie

Vindpåverkan kan, förutom att påverka nollflödestrycket samt trycket över klimatskalet under mätserie och därigenom luftflödet genom otätheterna i klimatskalet, även påverka mätutrustningen i sig, främst genom anblåsning, eftersom det oftast är ett tryck som mäts även i flödesmätutrustningen (fläkt eller mätrör) vilket sedan räknas om till ett flöde. Speciellt när fläkttrycket är lågt blir det mycket känsligt för vindpåverkan. Mätning ska därför om möjligt alltid utföras vid så höga fläkttryck som möjligt (så liten fläktöppning/litet mätrör och höga varv på fläkten som möjligt) varvid vindpåverkan får procentuellt mindre inverkan.

Ytterligare sätt att öka tillförlitligheten i mätningarna vid vindpåverkan är att mäta nollflödestryck under förhållandevis lång tid före och efter mätserie (som nämnts ovan), och likaså låta varje trycknivå i mätserien mätas under förhållandevis lång tid. Mätserier kan även upprepas flera gånger och medelvärden av dessa beräknas. Mätning ska alltid utföras vid både under- och övertryck.

Tryckpunkter

Lufttäthetsmätning bör vid vindpåverkan också utföras vid så höga tryckskillnader över klimatskalet som möjligt. SS-EN ISO 9972:2015 anger att alltid minst 50 Pa tryckskillnad ska skapas över klimatskalet vid mätning (se dock även rubrik ”Mätning med extrapolering i stora byggnader”) men rekommenderar att mäta vid upp till 100 Pa tryckskillnad. Standardens rekommendation kan i många fall dock vara olämplig. I praktiken bör åtminstone tryckskillnad över ca 80 Pa undvikas. Viss mätutrustning är egentligen ej avsedd att användas för större tryckskillnad än 80 Pa över klimatskalet (fläktkalibrering kan påverkas). Risk finns också att skada framför allt stora tillfälliga tätningar redan under 80 Pa och risk finns även för att skada permanenta tätningar i form av t ex plastfolie om det är täthetsmätning i byggskedet och det t ex fattas en och annan glespanel i tak eller regel i inre installationsspalt i vägg. Ur dessa hänseenden kan det i byggskedet i vissa fall därför vara olämpligt att lufttäthetsmäta vid högre tryckskillnad över klimatskalet än ca 55 Pa.

SS-EN ISO 9972:2015 anger minsta tryckskillnad över klimatskalet under mätning till det högsta av (med tillåten avvikelse ± 3 Pa) ca 10 Pa eller fem gånger nollflödestryckskillnad. Det vill säga allra lägsta tillåtna tryck är 7 Pa och det förutsätter också att inte nollflödestrycket är

större än 1,4 Pa. Är nollflödestrycket t ex 4,5 Pa är lägsta tillåtna tryck under mätserien 22,5 Pa. Är nollflödestrycket t ex 20 Pa (vilket i och för sig är stor avvikelse från SS-EN ISO 9972:2015 som anger max 5 Pa, men det kan inträffa i hög byggnad vintertid) innebär det att lägsta åstadkomna tryckskillnaden över klimatskalet vid mätserien ska vara 100 Pa! Det är dock orimligt, men mätpunkterna ska tas vid så höga tryck som möjligt.

SS-EN ISO 9972:2015 kan tolkas olika avseende lägsta tillåtna tryckskillnad. Den kan tolkas som att den lägsta tryckpunkten mätserien måste tas vid är $10 \text{ Pa} \pm 3 \text{ Pa}$ om ej nollflödestrycket avgör att högre tryck krävs, och att om nollflödestrycket avgör att högre tryck krävs måste lägsta tryckpunkt tas vid fem gånger nollflödestryckskillnad $\pm 3 \text{ Pa}$. Den kan istället tolkas som att $10 \text{ Pa} \pm 3 \text{ Pa}$ eller fem gånger nollflödestryckskillnad $\pm 3 \text{ Pa}$ bara är angivelse om lägsta tillåtna tryckskillnad, men att det alltid är tillåtet att ha ett betydligt högre tryck som lägsta tryckskillnad i mätserien. Enligt tidigare standard SS-EN 13829:2000 var 10 Pa eller fem gånger nollflödestrycket bara minimumvärden.

Tolkning enligt branschstandard ByggaL är att $10 \text{ Pa} \pm 3 \text{ Pa}$ respektive fem gånger nollflödestryckskillnad $\pm 3 \text{ Pa}$ enbart utgör minimumnivå och att mätning aldrig måste utföras ner till så låga trycknivåer.

SS-EN ISO 9972:2015 anger att för varje test ska åtminstone fem ungefär jämnt fördelade tryckpunkter tas mellan den lägsta och högsta tryckskillnaden och att det inte ska vara mer än ungefär 10 Pa mellan tryckpunkterna.

Tolkning enligt branschstandard ByggaL är att detta innebär att en mätserie ska utföras vid totalt minst 5 tryckpunkter. Det innebär att enligt ByggaL kan en mätserie t ex utföras vid 70, 60, 50, 40 och 30 Pa tryckskillnad över klimatskalet, likväl som en mätserie t ex kan utföras vid 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15 och 10 Pa tryckskillnad över klimatskalet (förutsatt att nollflödestrycket ej utgör nedre begränsning i något fall).

Mätning av tryck och luftflöde ska i varje trycksteg utföras vid stabil tryckskillnad och stabilt luftflöde över klimatskalet. Vid otäta byggnader går det ofta fort att nå stabila tryckskillnader, men för mycket täta byggnader, särskilt i byggskedet med synlig plastfolie som något rör sig när trycket ändras (det skapas i praktiken då en liten volymförändring på byggnaden vid varje trycksteg), kan det ta lång tid att ställa in ett helt stabilt tryckförhållande över klimatskalet. Vindpåverkan medför också problem med att ställa in stabila tryckförhållanden.

Utvärdering av mätserie

Utvärdering ska utföras av tillförlitligheten för varje mätserie. Dels avseende mätkurvans utseende, dels avseende nollflödestryck. Mätkurva ska enligt SS-EN ISO 9972:2015 ha korrelationskoefficient $r^2 \geq 0,98$ (observera att vissa mätprogramvaror redovisar r istället för r^2 , r ska då vara $\geq 0,99$) vilket beskriver mätpunkterna inpassning på kurva. Ligger alla punkter helt på mätkurvan blir r^2 och r 1,0. En ekvation erhålls även från mätprogrammet (eller måste beräknas om det inte finns något mätprogram till utrustningen, se SS-EN ISO 9972:2015 kapitel 6.2) som ger byggnadens läckageflöde. Ekvationen har formen $C_L \cdot p^n$ och utgör byggnadens läckagekurva, varav C_L är en koefficient, p är tryckskillnaden över klimatskalet och n är en exponent som ska ha värde mellan 0,5 och 1,0, annars är det något fel (0,5 innebär helt turbulent flöde, 1,0 innebär helt laminärt flöde i otätheterna).

Även om mätkurvans utseende är korrekt betyder det inte att mätserien är tillförlitlig. Särskilt om nollflödestrycken är väsentligt olika före och efter mätserie kan, som ovan nämnts, hela mätserien vara grovt felkompenserad för nollflödestryck.

Provning vid undertryck och övertryck

SS-EN ISO 9972:2015 rekommenderar att lufttäthetsmätning utförs vid både invändigt undertryck och vid invändigt övertryck men att det är tillåtet att bara mäta vid endera. Enligt bransch-

standard ByggaL ska lufttätetsmätning alltid utföras vid både invändigt undertryck och vid invändigt övertryck när så är möjligt. Undantag kan främst vara vid en tidig provning i byggskedet med stora tillfälliga tätningar som ger med sig åt det ena hållet och ej utan stora svårigheter kan åtgärdas. Mätning som ska räknas som ”slutlig” mätning ska alltid utföras vid båda tryckförhållandena om inte alldeles särskilda omständigheter föreligger. Sådana omständigheter ska redogöras för i rapport. Det är upp till byggherren att acceptera att provning enbart utförts vid det ena tryckförhållandet.

Normalt kan förväntas relativt lika lufttätetsresultat vid både undertrycksmätning och övertrycksmätning, men skillnader kan förekomma, t ex på grund av fönster och ytterdörrar eller annat som något ger med sig i en riktning men har god lufttätet i andra riktningen. Särskilt ytterdörrsblad som glappar mot tätningslist/karm kan ge stora skillnader i resultat mellan under- och övertrycksmätning.

Vid vindpåverkan på byggnaden och/eller stora initiala tryckskillnader (nollflödestryck) på grund av vindpåverkan eller termisk drivkraft finns också möjlighet att resultatet vid vardera mätning ej blir detsamma som det skulle ha blivit om byggnaden ej var påverkad av vind eller termisk drivkraft. Dessa fel kan dock i viss utsträckning ta ut varandra när medelvärdet av flödet vid ± 50 Pa beräknas. Därför är det av största vikt att mätning både vid under- och övertryck utförs när sådana förhållanden råder.

Mätning med mottryck

Mottryck brukar tas till som sista utväg för att utesluta interna läckage när det gäller lufttätetsmätning av en del av byggnad som ej klarar ställt lufttätetskrav för klimatskalet på grund av interna läckage som ”straffar” täthetstalet.

Mottrycksmätningar kan utföras i olika omfattning. Antingen anläggs mottryck mot alla de lägenhetsskiljande ytor som omger den lägenhet som ska lufttätetsmätas, eller anläggs mottryck enbart mot de lägenhetsskiljande ytor som är otätast. I bästa fall kan det räcka med en mottrycksfläkt, men det kan krävas många mottrycksfläktar om inte de angränsande utrymmena i sig är fritt förbundna med varandra varvid det är tvunget att använda en separat fläkt i varje utrymme. Det är inte alltid praktiskt möjligt att utföra mottrycksmätningar, åtminstone inte i så stor omfattning som skulle behövas för att utesluta interna läckage i alla riktningar, och även när det är möjligt så är det mycket tidskrävande, särskilt om mer än två fläktar används samtidigt. För byggnader som är invärtes helt fritt förbundna och där en mätning av en enskild del misslyckas på grund av interna läckage är förstahandsalternativet att mäta hela byggnaden på en gång istället för att behöva använda mottryck.

Om det finns otäta vertikala schakt mellan lägenheterna kan det för att möjliggöra lufttätetsmätning av klimatskalet i en lägenhet vara tvunget att anlägga mottryck i samtliga lägenheter som angränsar mot schaktet. I sådant fall kan även alla de trycksatta lägenheterna lufttätetsmätas samtidigt (mottryck med samtidig mätning, det vill säga alla lägenheterna mäts individuellt men exakt samtidigt). Alternativt mäts lufttäteten enbart i en av lägenheterna samtidigt som mottryck hålls i de övriga lägenheterna. Oavsett om alla lägenheterna lufttätetsmäts samtidigt eller om bara en lägenhet lufttätetsmäts måste alla fläktarna styras individuellt för att balansera in samma tryck i alla lägenheterna samtidigt vilket medför att en praktisk begränsning åtminstone för en ensam person torde vara 4-5 fläktar. För att över huvud taget ha en möjlighet att balansera mer än ett par mottryck lika behöver det vara i stort sett helt vindstilla utomhus. Gäller det mottryck i höjddled bör byggnaden heller ej vara påverkad av termisk drivkraft vid mättillfället.

Delvis trycksatta utrymmen

SS-EN ISO9972:2015 anger att hela byggnaden (eller de utrymmen som provas tillsammans) ska vara invärtes förbundna så att de trycksätts som en zon, det vill säga det provade området ska överallt bli lika trycksatt. SS-EN ISO9972:2015 anger ingen uppgift angående huruvida någon avvikelse från detta kan tillåtas, till skillnad från föregående standard SS-EN 13829:2000 som angav en tillåten avvikelse på upp till 10 % av tryckskillnaden över klimatskalet.

Utrymmen som saknar fri invändig förbindelse med övrig byggnad

När byggnaden till stor del är trycksatt till 50 Pa men ett mindre utrymme som endast har separat ingång utifrån samtidigt är trycksatt till minst 25 Pa får enligt branschstandard ByggaL det mindre utrymmets halva omslutningsyta av klimatskal medräknas vid provning. Vid lägre tryck än 25 Pa får ingen area medräknas. Vid trycksättning mellan 25 och 50 Pa får det medräknas omslutningsyta klimatskärm i motsvarande grad procentuellt mellan 50 % och 100 %. Tryckskillnad i de mindre utrymmena kontrolleras både när det råder 50 Pa undertryck och 50 Pa övertryck i övrig byggnad. Om det dock vid det första av dessa tryckförhållanden (det vill säga antingen vid 50 Pa under- eller övertryck) ej förekommer något tryckfall alls i det mindre utrymmet, det vill säga 50 Pa över klimatskalet råder även där, kan förutsättas att det gäller även vid det andra tryckförhållandet. Uppmätta tryckskillnader ska dokumenteras i rapport. Avsikten med detta förfarande är att i täthetsmätningen kunna inkludera mindre utrymmen i form av separata rum som saknar egentlig fri invändig förbindelse med övriga byggnaden men som via otätheter i de däremellan avskiljande konstruktionerna eller genom att ventilationskanaler inom byggnad hålls öppna ändå blir delvis trycksatta vid lufttäthetsmätningen. Typiska utrymmen som avses är fläktrum och teknikrum etc som är helt integrerade i byggnaden men ofta enbart har separat ingång direkt utifrån. Om det däremot gäller stora separata utrymmen ska separat fläktutrustning användas för dessa utrymmen.

Avlägsna utrymmen med fri invändig förbindelse

Detta stycke avser främst utbredda men låga byggnader. När en byggnad är stor och har komplicerad geometri kan finnas risk för att avlägsna delar som är fritt invärtes förbundna endast via trånga passager ej blir lika trycksatta som de utrymmen som finns nära täthetsmättningsfläkten, det vill säga det uppstår ett tryckfall inom byggnaden även när det hela vägen finns fria invändiga förbindelser t ex i form av dörröppningar. Antingen dokumenteras tryckskillnaderna över klimatskalet även i den avlägsna delen under hela täthetsmätningen och de tryckskillnaderna används sedan som tryckskillnad över klimatskalet för hela täthetsmätningen vilket kommer att ge ett något sämre lufttäthetsresultat än det verkliga (att istället kompensera för medelvärden kan vara vanskligt i detta fall såvida det ej är klarlagt att tryckskillnaden är jämt avtagande inom byggnaden). Alternativt utförs mätningen med flera fläktar samtidigt, placerade på olika platser i byggnaden för att undvika tryckfall inom byggnaden. Mätförfaranden ska alltid beskrivas i rapport.

Höga byggnader

Tryckskillnad som uppstår i en byggnad på grund av termisk drivkraft när hela byggnaden är fritt invärtes förbunden i höjddled nämns under rubrik ”Termisk drivkraft” ovan.

Kravet på max 5 Pa nollflödestryck innebär i praktiken att enligt SS-EN ISO 9972:2015 kan höga byggnader enbart lufttäthetsmätas under den varma årstiden. Med hänsyn till att Sverige kan ha lång vinter behöver lufttäthetsmätning av hela höga byggnader dock kunna utföras även

vintertid. En anledning är att lufttätetsmätning ofta önskas utförd före slutbesiktning. En annan anledning är att det i praktiken kan vara mycket svårt eller omöjligt att få tillgång till att fritt invändigt förbinda en hel hög byggnad efter att byggnaden är inflyttad med många olika hyresgäster. Enligt branschstandard ByggaL ska giltiga lufttätetsmätningar av hela höga byggnader kunna utföras även under temperaturförhållanden då nollflödestrycket på grund av termisk drivkraft överskrider 5 Pa.

Tryckskillnad som orsakas av termisk drivkraft är en stabil tryckskillnad. Förutsatt att det är relativt vindstilla utomhus kommer nollflödestrycket vara stabilt och således kan mätning ändå genomföras med relativt god noggrannhet även för en hög byggnad. Mättekniskt är det därför att föredra att utföra lufttätetsmätning av en hel hög byggnad när det är kallt och vindstilla jämfört med varmare men blåsigare väder. Idealt är dock varmt och vindstilla.

Ett absolut villkor är att mätningen utförs vid både undertryck och övertryck, varvid medelvärdet vid ± 50 Pa torde kunna ta ut det mesta av de flödesfel som eventuellt kan uppstå på grund av att trycket över klimatskalet inte är lika i hela byggnaden. Ett villkor är också att det är relativt vindstilla utomhus, så att mätningen inte dessutom är påverkat av vind. Det ska dock ändå räknas med något större mätosäkerhet för mätningen när nollflödestrycket är stort.

I en hög byggnad ska vid lufttätetsmätning alltid tryckskillnaden över klimatskalet mätas både på nedersta och översta planet i byggnaden för att dokumentera tryckskillnad på grund av termisk drivkraft och vindpåverkan (lufttätetsmätning ska inte utföras om en hög byggnad är vindpåverkad). Därmed dokumenteras vilka verkliga tryckskillnader som skapas vid lufttätetsmätningen och det kan upptäckas huruvida tryckfall uppstår vid lufttätetsmätningen.

Vanligen monteras fläktutrustningen inklusive tillhörande tryckmätare genom yttervägg på nedersta plan i byggnaden och tryckskillnaden över klimatskalet mäts på denna nivå, vilket innebär att tryckskillnaden över klimatskalet längst ner i byggnaden blir registrerad. En extra tryckmätare placeras på översta plan för att registrera tryckskillnad över klimatskalet på översta plan. Om fläktutrustning med tillhörande tryckmätare istället monteras genom yttervägg i höjdnivå med neutrala lagret (vanligen ungefär mitt på byggnadens höjd) kommer inte någon tryckskillnad orsakad av termisk drivkraft att registreras med denna tryckmätare. Tryckskillnad över klimatskalet både på nedersta och på översta plan måste ändå registreras och redovisas varför i sådant fall två extra tryckmätare måste användas, en som registrerar tryckskillnad över klimatskalet på nedersta plan och en som registrerar tryckskillnad över klimatskalet på översta plan.

Det är viktigt att säkerställa att det med god marginal faktiskt råder undertryck i hela byggnaden vid undertrycksmätningen respektive råder övertryck i hela byggnaden vid övertrycksmätningen. Tabell 9.1 nedan visar ett exempel på sådan mätning (vindpåverkan förekom ej vid den mätningen). Beroende på den termiska drivkraften kommer det naturligt att bli helt olika tryckskillnad över klimatskalet på nedre och övre plan. Vid högre lufttemperatur inomhus än utomhus blir det ett invändigt undertryck i nedre del av byggnad och ett invändigt övertryck i övre del av byggnad. Det är viktigt att trycket förändras lika mycket både längst ner och längst upp i byggnaden vid täthetsmätningen. Om det inte förändras lika mycket förekommer ett tryckfall inom byggnaden vilket behöver kompenseras. T ex förekommer i tabell 9.1 nedan vid undertrycksserien genomsnittligen ca 2 Pa tryckfall mellan nedre och övre plan i byggnaden gentemot förhållandet vid nollflödestrycksmätningen före och efter undertrycksserien. Sådant tryckfall kan uppstå även om byggnaden ej har några speciellt trånga invändiga passager. För att kompensera mätserien för detta kan i det givna exemplet varje mätpunkt kompenseras med 1 Pa (det vill säga t ex byt ut 93,8 Pa mot 92,8 Pa, 83,4 Pa mot 82,4 Pa osv vid inmatning i mätprogramvara). Vid osäkerhet använd istället enbart den minsta skapade tryckskillnaden (det vill säga t ex byt ut 93,8 Pa mot 91,8 Pa osv, i exemplet vid inmatning i mätprogramvara) vilket kommer att ge ett något sämre lufttätetsresultat. Mätförfaranden och uppmätta tryckskillnader ska redovisas i rapport.

Tabell 9.1. Exempeltabell, uppmätta tryckskillnader över klimatskalet på övre och nedre plan i en hög byggnad.

	Undertryckserie (Pa)			Övertryckserie (Pa)		
	Plan 1	Plan 12	Skillnad	Plan 1	Plan 12	Skillnad
0-tryck före	-19,7	10,5	30,2	-17,8	12,9	30,7
	-93,8	-61,4	32,4	59,9	88,0	28,1
	-83,4	-50,9	32,5	49,4	77,2	27,8
	-74,8	-41,7	33,1	43,1	72,2	29,1
	-62,3	-29,7	32,6	33,5	63,1	29,6
	-52,8	-20,2	32,6	24,6	54,6	30,0
0-tryck efter	-18,7	12,6	31,3	-17,9	14,4	32,3

Observera att det inte går att mäta tryckskillnaden som orsakas av termisk drivkraft inom en byggnad genom att inom byggnaden dra en slang från nedre till övre plan eftersom luftpelaren i och utanför slangen väger lika mycket så länge det finns fri invändig förbindelse mellan planen både utanför och i slangen. Det som går att se vid en sådan mätning är endast om det uppstår tryckskillnad mellan planen av annan orsak, det vill säga att trycket inte fortplantar sig likvärdigt när byggnaden trycksätts på grund av att den fria invändiga förbindelsen inte är helt tillräcklig. För att även mäta tryckskillnad som orsakas av termisk drivkraft måste tryckskillnaden över klimatskalet mätas med en tryckmätare placerad på nedre plan och med en tryckmätare placerad på övre plan som mäter tryckskillnaden över klimatskalet på respektive plan. Som påpekats ska lufttäthetsmätningen ej utföras om byggnaden är vindpåverkad, det ska enligt branschstandard ByggaL vara i stort sett vindstilla utomhus vid lufttäthetsmätning av en hög byggnad. Är byggnaden ej vindpåverkad räcker det med att mäta tryckskillnaden på ett ställe över klimatskalet på vardera nedre och övre plan. Är byggnaden trots allt vindpåverkad behöver tryckskillnaden över klimatskalet mätas på fler ställen (i flera väderstreck på var plan, både på nedre och övre och mittenplan i byggnaden).

Mätning med extrapolering i stora byggnader

I tidigare standard EN 13829 fanns en definition av vad som räknades som så stor byggnad att det var tillåtet, om än utgjorde en avvikelse från standarden, att extrapolera resultatet till 50 Pa tryckskillnad utifrån en lufttäthetsmätning där en maximal tryckskillnad på minst 25 Pa uppnåddes över klimatskalet. En byggnad med större volym än ca 4 000 m³ definierades som stor byggnad. SS-EN ISO 9972:2015 tillåter också extrapolering om minst 25 Pa uppnås vid lufttäthetsmätningen, men anger ingen storleksbegränsning för byggnaden.

Branschstandard ByggaL definierar en stor byggnad som en byggnad med minst 10 000 m² omslutningsyta klimatskal. Definitionen gäller nybyggnader. Äldre befintliga byggnader kan vara extremt otäta varför det vid lufttäthetsmätning av sådan byggnad tillåts att extrapolera resultatet även för mindre byggnader, såvida minst 25 Pa tryckskillnad uppnås. Mätning av äldre befintliga byggnader utförs främst för statusbestämning före ombyggnad, ej för kontroll av att ett visst kravvärde på lufttäthet vid 50 Pa uppfylls.

En nybyggnad som är otätare än uppställt lufttäthetskrav kan, även om den har mindre än 10 000 m² omslutningsyta klimatskal, provas med den medtagna fläktkapacitet som skulle ha behövts för att uppnå minst 50 Pa tryckskillnad om byggnaden uppfyllt det ställda lufttäthetskravet. En sådan mätning utgör dock ej slutmätning.

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 iakttas 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 lufttätthet bör iakttas vid ökad isolering av vindsbjälklaget.”

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

BBR Avsnitt 9:26 Klimatskärmens lufttätthet. ”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 soprum, 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 förslagda 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 fläkttrum 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 temperaturlstånd och att den avsedda konstruktionsupbyggnaden 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 temperaturlstånd 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 temperaturlstånd vilket försvårar termograferingen. SS-EN 13187 anger provningsföresättningar för skandinaviska förhållanden för att stationära temperaturlstånd 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 temperaturlförhållanden råder, är ofta den förväntade yttemperaturen 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 yttemperaturen på en konstruktions insida och lufttemperaturen inomhus). Det innebär att det behövs stora temperaturskillnader över klimatskalet för att erhålla så stor skillnad i yttemperatur 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 avkylning och luftläckagesökning med värmekamera kan därför utföras under större del av året. Det behöver vara allra minst 5°C skillnad över klimatskalet men eftersträvarnsvärt 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 betonggolv 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 avkylningar 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 solsken 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 byggentreprenören 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 lufttätheten 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.

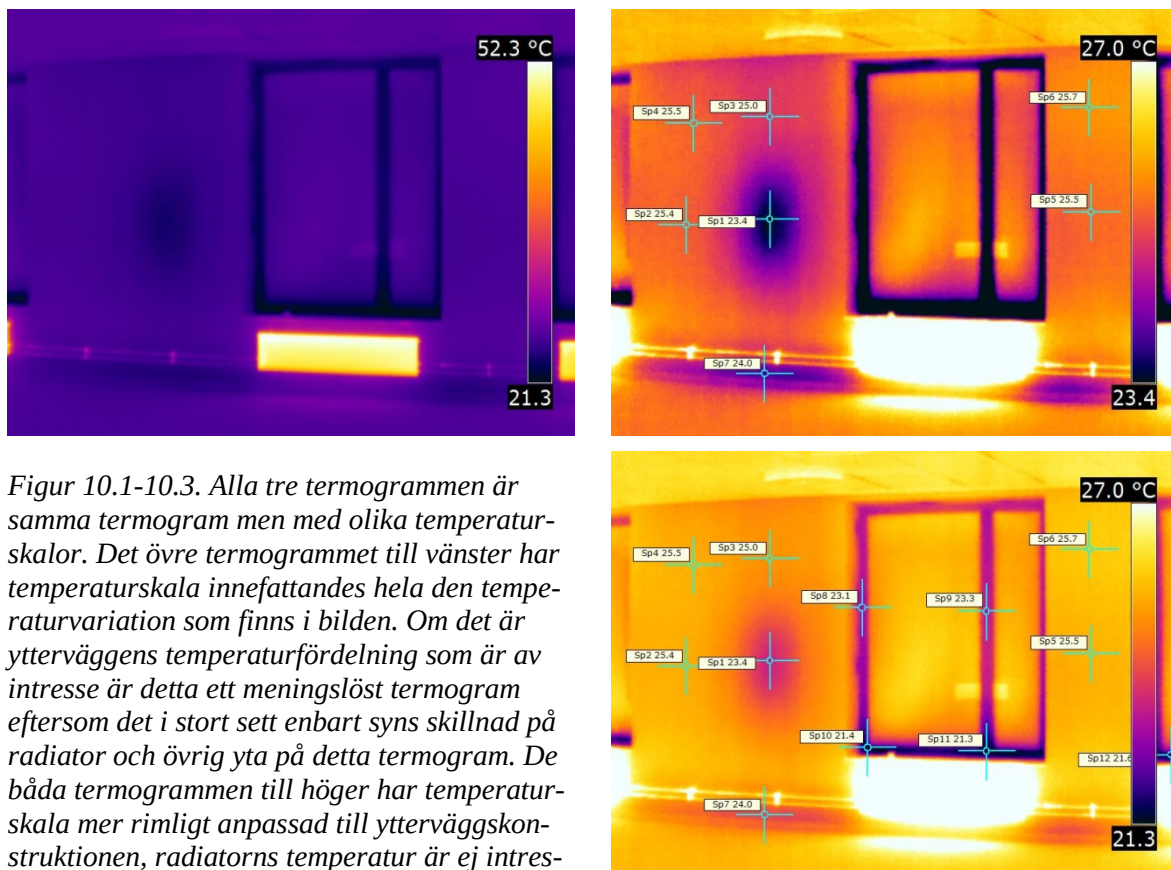
Om läckagesökningen inte ska ligga till grund för vidare tätningsåtgärder kan läckagesökningen redovisas mer översiktligt i form av kort sammanfattning och med något/några termogram med exempel på luftläckage inklusive kommentarer om vad de visar.

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 temperaturskalor. Det övre termogrammet till vänster har temperaturskala innefattandes hela den temperaturvariation som finns i bilden. Om det är ytterväggs 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 ytemperatur än förväntat som finns till vänster i bilden medan fönsterkarmen som har än lägre ytemperatur också ligger utanför temperaturskalan. På termogrammet längst ner till höger är även fönsterkarmens ytemperatur 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 ytemperatur 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 åtgärdsföremål 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 lufttätethet utifrån luftläckagesökning

Problematiken med att mäta verklig lufttätethet i klimatskalet för en enskild lägenhet har medfört att det ibland förekommer att lägenheter beroende på resultat av luftläckagesökning bedöms klara ett ställt lufttätetskrav för klimatskalet även om det uppmätta lufttätetsvärdet ej uppfyller det ställda lufttätetskravet. **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.

Bilaga 11:

Lufttäthetsmätningsrapport

Detta avsnitt utgår ifrån de krav SS-EN ISO 9972 ställer på rapport. Provobjektets volym och lufttäthet uttryckt som omsättningstal (oms/h) måste dock varken redovisas eller beräknas förutom i sådana fall då byggherren ställer sitt lufttäthetskrav uttryckt med dessa enheter.

All information som är väsentligt för den aktuella mätningen ska redovisas i rapport. Alla väsentliga avvikelser från standarden och/eller från ByggaL ska redovisas.

En rapport ska vara så detaljerad och tydlig att någon annan kan återupprepa provningen exakt likadant. Det innebär särskilt att sådana omständigheter som är "utöver det vanliga" behöver vara noggrant dokumenterade.

När lufttätheten ej når upp till ställda krav, var extra detaljerad i rapporten, både angående förfarandet vid provningen, resultat av läckagespårning, och vad som ingått i uppdrag att utföra respektive inte utföra.

Rapport, exempel på disposition

Om rapporten är lång kan det även vara lämpligt med en sammanfattning först i rapporten.

Allmänna uppgifter

- Objektets benämning och adress (eller fastighetsbeteckning om provning avser nybyggnad med ännu ej exakt fastslagen adress) och ytterligare preciseringar, t ex lägenhetsnummer om enbart del av hel byggnad provats (unik identifiering av provade delar) anges på rapportens framsida/första sida
- Rapportdatum, det vill säga vilken dag rapporten skrevs, samt även eventuellt revideringsdatum, anges på rapportens framsida/första sida
- Rapportförfattare. Även underskrift av rapportförfattare och eventuell granskare
- Rapportförfattarens/provningsföretagets kontaktuppgifter (postadress, mailadress och telefonnummer)
- Vem som är uppdragsgivare
- Översiktlig beskrivning av byggnadskonstruktion och färdigställandegrad
- Byggnadens ålder
- Eventuella speciella omständigheter

Utfört

- Provningsdatum och vem som utfört provningen

Tätning inför lufttäthetsmätning

- Allt vad som tillfälligt stängts, tätats eller lämnats öppet i klimatskalet, inklusive framför allt för mekanisk ventilation angivelse om var tätningarna utförts (i don, i fläktaggregat, i intagsgaller, huruvida stängda spjäll har utgjort tätning, etc) ska anges
- Om sådant tätats som normalt inte ska tätas tillfälligt inför provning ska speciell motivering ges (t ex att en ytterdörr tillfälligt tätats på grund av att det var en byggdörr, permanent dörr var ännu ej monterad, eller att utifrån inkommande elrör i en elgrop tillfäl-

ligt tätats eftersom permanent tätning ännu saknades på grund av att all kabeldragning ännu ej var utförd)

- Vem som utfört tätningarna (om annan än den som utfört provningen)
- Eventuella speciella omständigheter

Mätmetod

- Hänvisning till standard och metod, t ex SS-EN ISO 9972:2015 metod 2 men med anpassning till anvisningar i svensk branschstandard ByggaL
- Eventuella avvikelser från standard och metod
- Var mätutrustningen monterades ska anges (exakt vilken dörr- eller fönsteröppning etc) samt ska anges visuellt observerade eventuella förekommande otätheter (glapp, skevhet, defekta tätningslister etc) som egentligen förekommer i den dörr etc som på detta sätt blir uteslutet från mätningen
- Om fläkt ej monterats direkt i klimatskalsöppning ska redogöras för hur utrymmet utanför fläkten samt ”utetryckslang” var fritt förbundna med uteluften
- Angivelse om mätning utförts vid både under- och övertryck eller enbart endera. Observera att ByggaL föreskriver att ”slutlig” mätning alltid ska utföras vid både under- och övertryck. Avvikelse från detta måste motiveras
- Redogörelse för eventuella utrymmen som ej var helt fritt förbundna med övriga utrymmen men som ändå blev tillräckligt trycksatta för att få medräknas till minst 50 % vid provningen, inklusive uppgift om uppmätta tryckskillnader
- Redogörelse för tryckmätning i höga byggnader inklusive uppgift om uppmätta tryckskillnader över klimatskalet på nedre och övre plan samt förväntad tryckskillnad mellan nedre och övre plan orsakat av termisk drivkraft. Om nollflödestrycket orsakat av termisk drivkraft är större än 5 Pa, ange att det utgör avvikelse från SS-EN ISO 9972:2015 men är tillåtet enligt ByggaL

Mätutrustning

- Fabrikat och/eller modell samt unik identifiering (serienummer eller intern numrering) för alla mätinstrument som använts vid lufttäthetsprovningen (vanligen fläkt, tryckmätare, temperaturmätare, eventuell barometer och lufthastighetsmätare etc)

Metod vid luftläckagesökning (om läckagesökning ingått i uppdraget)

- Tryckskillnad över klimatskalet
- Temperaturskillnad över klimatskalet (om det är samma temperaturer som vid lufttäthetsmätningen behövs inte separat temperaturredovisning för läckagesökningen)
- Använd utrustning
- Eventuella speciella omständigheter (t ex att värmekamera använts trots små temperaturskillnader, solpåverkan på byggnaden, utrymmen som ej ingått i läckagesökning, om läckagesökning utförts noggrant eller mer översiktligt, etc)

Resultat av lufttätetsmätning

- Tabell med uppgift om omslutningsyta klimatskal, uppmätta luftflöden vid 50 Pa under- och övertryck, medelvärde av luftflöde vid ± 50 Pa samt medelvärde av lufttätet vid ± 50 Pa (se exempeltabell 11.1 nedan)

Tabell 11.1. Exempeltabell, lufttätetsresultat.

Lägenhet nr	Omslutningsyta m ²	Luftflöde vid 50 Pa undertryck l/s	Luftflöde vid 50 Pa övertryck l/s	Luftflöde vid ± 50 Pa l/s	Lufttätet vid ± 50 Pa l/sm ²
212	22,4	3,7	3,9	3,8	0,17
515	267	109	95	102	0,38

- Hänvisning till mätbilaga
- Uppskattad mätosäkerhet (antingen för total mätosäkerhet vilket avses nedan, eller för mätosäkerhet avseende allt utom omslutningsyta)
 - I brist på egen beräkning kan hänvisning göras till standardens angivna osäkerhet såvida standardens krav i övrigt är uppfyllda bl a avseende krav på utrustning (kalibrerad utrustning som har minst den noggrannhet standarden kräver) och väderleksförhållanden. Det vill säga vid lugna förhållanden kan hänvisning göras till de i standarden angivna ± 10 %. Vid blåsiga förhållanden men då ändå en kurva samt nollflödestryck som följer standardens krav erhålls, kan hänvisning göras till de i standarden angivna ± 20 %
 - Om bättre mätosäkerhet än ± 10 % anges för lugna väderleksförhållanden eller bättre mätosäkerhet än ± 20 % anges för blåsiga förhållanden ska det finnas en egen beräkning till grund för det
- **Tydlig angivelse av vilka ytor som medräknats i omslutningsytan** (normalt ytterväggar, golv mot mark, samt vindsbjälklag/takbjälklag, det vill säga klimatskal) och hur dessa tagits fram (t ex egen beräkning utifrån mätning på plats eller mätning på ritning, erhållit från energiberäkning eller från annan person)
 - Uppskattad mätosäkerhet för omslutningsytan
 - Beräkningsunderlag behöver ej bifogas i rapport men ska finnas sparat
- Om provning utförts i byggskedet: Kommentar om att den uppmätta lufttäteten ej gäller för helt färdigställd byggnad
- Eventuella övriga kommentarer/förklaringar till resultatet

Mätbilaga

- Ska vara bifogad till rapport, utgörs vanligen av en utskrift från den till mätutrustningen tillhörande programvaran
- Med uppgift om temperaturer, vindförhållande, barometertryck, omslutningsyta, nollflödestryck, tabell med alla uppmätta tryck och tillhörande luftflöden, flödeskoefficienter (C_{env} och C_L) och exponenter (n), korrelationskoefficienter, diagram som visar grafer (kurvor) för luftläckageflöde vid undertryck- och övertrycksmätning, lufttätetsresultat

Resultat av luftläckagesökning

- Om luftläckagesökning utförts redovisas det så utförligt som behövs med hänsyn till uppdraget och omständigheterna. Främst redovisas åtgärdsmissiga läckage (angivelse om vilka läckage som bör åtgärdas samt vad som ligger till grund för bedömningen ska ges) men även acceptabla läckage kan vara relevanta att redovisa
- Om luftläckagesökningen ska ligga till grund för senare åtgärder måste den utföras och redovisas tillräckligt noggrant så det entydigt framgår var läckagen finns. Om det är omfattande redovisning, lägg det i bilaga och ha en kort sammanfattning i själva rapporten. Redovisning kan innefatta en, flera eller alla av nedanstående punkter:
 - Sammanfattande text
 - Termogram och foton där det tydligt framgår/förklaras vad 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

Bilaga 12:

Urval av provobjekt vid delprovning av byggnad

Allmänt

Ju större del av en byggnad som kan lufttätthetsmätas samtidigt, ju säkrare är det i allmänhet att ett rättvisande lufttätthetsvärde erhålls. Att lufttätthetsmäta en hel byggnad på en gång är det säkraste alternativet för att erhålla ett helt rättvist lufttätthetsvärde, utan påverkan av interna läckage. Om det är en stor byggnad går det dock ofta inte att utföra sådan provning förrän i ett relativt sent skede i byggprocessen varför det kan vara önskvärt att mäta mindre delar i ett tidigare skede. Byggnader kan vara sektionerade med olika trapphus som medför att hela byggnaden ändå inte kan mätas som en gemensam volym. I värsta fall har alla lägenheter enbart ingång via loftgång och då finns ofta inte någon annan möjlighet än att prova enskilda lägenheter.

Att prova enskilda lägenheter eller prova ett trapphus med alla anslutande lägenheter är vanligt. Att prova ett enskilt plan i en byggnad kan vara genomförbart men det är stor risk för interna läckage mot anslutande plan bl.a. via installationsschakt och hissar och trapphus varför i så fall mycket omfattande tillfälliga tätningar kan behöva utföras och/eller mätning utföras med mottryck på angränsande plan. Mellan olika trapphus finns däremot oftast väldigt få installationsgenomföringar (dock kan ett och samma ventilationsaggregat betjäna flera olika trapphus).

Att ställa krav på att ett stort antal lägenheter ska provas enskilt är ett kostsamt alternativ, särskilt om mottryck behöver användas. Lämpligen provas några enskilda lägenheter tidigt i byggskedet för att säkerställa att arbetet med lufttätningen utförs på bra sätt. Sedan provas hela byggnaden eller ett eller flera trapphus vid färdigställande.

När det är möjligt att mäta hela byggnaden på en gång utgör det huvudalternativet för verifiering av klimatskalets lufttätthet. Följande anvisningar avser sådana fall då det inte är möjligt att mäta hela byggnaden på en gång, främst gällande byggnader med loftgångslägenheter.

Representativt urval

Vid provning av enskilda lägenheter eller andra begränsade delar av en byggnad behöver sådana utrymmen väljas som är representativa för byggnaden. Om en flervåningsbyggnad (tre plan eller fler) har ett klimatskal som består av betongkonstruktion både i golv mot mark och vindsbjälklag är det inte representativt att enbart välja att prova lägenheter på nedersta och översta plan eftersom de lägenheterna har oproportionerligt stor förväntad lufttät klimatskalsyta jämfört med övriga lägenheter i byggnaden som enbart har ytterväggar som klimatskal. En procentuellt rättvis fördelning av de provade lägenheterna ska eftersträvas.

Om ett större antal lägenheter ska provas enskilt i ett flerbostadshus bör ett urval utföras representativt med procentuell fördelning efter hur många lägenheter som finns på respektive position i byggnaden. Nedan exempel förutsätter att alla lägenheter i byggnaden har två eller tre ytterväggar varav den tredje väggen är en gavelvägg samt att det inte förekommer allt för många olika storlekskombinationer på lägenheterna. Exemplet förutsätter också att det är samma klimatskalkonstruktion i alla olika lägenheter, det vill säga att alla ytterväggar består av samma konstruktion, alla vindsbjälklag består av samma konstruktion respektive att alla golv mot mark består av samma konstruktion i alla lägenheter.

Exempel, alla lägenheter i byggnaden tillhör någon av följande kategorier:

- Lägenhet med bottenplatta mot mark och två ytterväggar
- Lägenhet med bottenplatta mot mark och tre ytterväggar varav en är gavelvägg
- Lägenhet med två ytterväggar
- Lägenhet med tre ytterväggar varav en är gavelvägg
- Lägenhet med vindsbjälklag och två ytterväggar
- Lägenhet med vindsbjälklag och tre ytterväggar varav en är gavelvägg

Räkna hur många lägenheter det finns inom varje kategori. Fördela sedan procentuellt så rättvist som möjligt ut antalet lägenheter som ska provas för varje kategori. Därmed kan, när alla dessa lägenheter provats, även ett medelvärde beräknas för alla de provade lägenheterna (summa totalt flöde i l/s vid ± 50 Pa dividerat med summa total omslutningsyta klimatskal för de provade lägenheterna). Om det på detta sätt kan visas att medelvärdet för de provade lägenheterna uppfyller det ställda lufttäthetskravet även om några enskilda lägenheter har en uppmätt lufttäthet som är något sämre än det ställda kravet, bör det bedömmas som att det ställda kravet för byggnaden totalt sett uppnås, i vart fall såvida det ställda kravet bara avser hela byggnaden, ej varje enskild lägenhet. Att ställa ett visst täthetskrav på varje enskild lägenhet är i praktiken hårdare än att ställa samma täthetskrav på hela byggnaden eftersom det, när kravet är ställt på enskild lägenhet, inte går att tillgodogöra sig att vissa lägenheter klarar ställt krav med marginal.

Om det också finns olika klimatskalskonstruktioner, det vill säga framför allt olika ytterväggskonstruktioner och olika vindsbjälklagskonstruktioner, behöver de lägenheter som ska provas också fördelas med hänsyn till det. Det är inte helt säkert att den/de lägenheter som synes ha bäst förutsättningar att klara ett täthetskrav enkom på grund av mycket stor klimatskalsyta verkligen har de bästa förutsättningarna. Terrasslägenhet på översta plan har ofta stor klimatskalsyta men som i huvudsak ofta utgörs av lätt konstruktion och lägenheterna kan vara uppförda på någon typ av fyllning för att komma upp i nivå med terrasserna. Enskilda sådana lägenheter kan ha stora läckage både internt mot övrig byggnad och genom klimatskalet. Lägenhet med från övrig byggnad avvikande konstruktion bör om möjligt också alltid provas.

Bilaga 13:

Tidig luftläckagesökning

Följande är hämtat ur ”Alternativa metoder för utvärdering av byggnadsskalets täthet”
[Sikander, Wahlgren 2008, SP Rapport 2008:36].

Syfte med luftläckagesökningen

Luftläckagesökningen utförs för att tidigt i byggprocessen hitta och åtgärda brister i byggnadsskalets lufttäthet. Denna instruktion är inte avsedd att ge ett mätvärde på lufttätheten.

Metod

En byggnad, eller en del av en byggnad, sätts i undertryck. Den luft som läcker in genom klimatskärmen spåras med ett eller flera av följande instrument: lufthastighetsgivare, rökflaska och värmekamera. De funna luftläckagen åtgärdas.

Val av testutrymme

Välj utrymme som ska sättas i undertryck för att kontrollera klimatskärmens lufttäthet. Utrymmet kan utgöras av ett helt hus (beroende på storlek och flätkapacitet), en lägenhet eller ett enskilt rum. Det lufttäta skiktet ska vara färdigställt. I väggar och vindsbjälklag är detta vanligtvis plastfolien. Fönster och dörrar i klimatskärmen ska vara monterade. Saknas dörr till trapphus kan dörröppningen plastas.

Utrustning

- Plastfolie
- Tejp
- Fläkt med reglerbart flöde. Erforderlig flätkapacitet beror av storleken på byggnaden/utrymmet och hur otätt det är. Exempelvis bör en flätkapacitet om 400 l/s vara tillräckligt för ett utrymme med 100 m² golvyta. Fläktar kan hyras på uthyrningsföretag.
- Tryckmätare/Manometer med plastslang
- Rökflaskor/rökpenna*
- Lufthastighetsmätare*
- Värmekamera*

*En eller flera metoder för läckagesökning väljs

För information om var utrustningen kan hyras/köpas, sök i ”Gula sidorna” på ”mätinstrument, testutrustningar” samt ”bygg-, arbetsmaskiner”.

Tidsåtgång

Tiden för en person att genomföra den tidiga läckagesökningen kan för en lägenhet om cirka 70 m² golvyta uppgå till 2 h för etablering och avetablering, 1-2 h för spårning av läckage och förbättringar, 1 h för utvärdering och erfarenhetsåterföring till fortsatt arbete. Den totala tidsåtgången kan därför uppskattas till 4-5 h för en person. Det är dock lämpligt att vara två personer, vilket gör det lättare och snabbare.

Förberedelser

(Kryssa i efter hand)

- ☐ Gör en visuell kontroll av klimatskärmen. Observera särskilt anslutningar, skarvar, genomföringar och eventuella skador i plastfolien samt komplettera uppenbara brister. Om stora otätheter förekommer kan det bli svårt att uppnå och upprätthålla ett undertryck.
- ☐ Gör en visuell kontroll av otätheter mot angränsande utrymmen och komplettera brister.
- ☐ Tätta tillufts- och frånluftsdon, liksom golvbrunnar och genomföringar i t ex mellanväggar och bjälklag. Tätning kan ske provisoriskt med tejp eller hårt packad isolering.
- ☐ Kontrollera att all utrustning finns på plats samt att det finns ström till fläkt inne i utrymmet.
- ☐ Stäng dörrar och fönster till testutrymmet.



Hål kring genomföring i bjälklag, tätning med mineralull kring rör samt ventilationsrör tätat med ballong.

Skapa undertryck

- ☐ En plastfolie (alternativt en skiva som är något större än öppningen) monteras i en dörröppning och ansluts med tejp mot karm eller vägg. Finns en öppning för ytterdörr väljs denna i första hand. Om det inte finns tillgång till en ytterdörr kan en dörröppning mot exempelvis trapphus väljas. I det fallet ska trapphusets ytterdörr stå öppen. Observera att möjligheterna att gå ut ur lägenheten/utrymmet kan vara begränsad efter det att plasten monterats.
- ☐ Ett hål tas i plastfolien, diameter 1-2 cm mindre än fläktens diameter
- ☐ Fläkten placeras i öppningen så att luften kan sugas ut ur testutrymmet. Fläkten pressas genom hålet i plastfolien, anslutningen mellan plastfolien och fläkten tejpas vid behov.
- ☐ Tryckskillnaden mellan utrymmet och ute kontrolleras med en manometer. Manometern placeras i utrymmet så att den inte påverkas av fläktens luftflöde. En plastslang ansluten till manometern placeras ute, även den en bit ifrån fläkten. Plastslangen förs genom ett litet hål i plastfolien där fläkten är monterad. Är plastfolien och fläkten monterad i en dörr mot trapphus så förs plastslangen ut genom en glipa i ett fönster, varefter glipan tejpas.
- ☐ Fläkten startas och varvtalet ökas tills en tryckskillnad om 20-30 Pa (allra minst 10 Pa) uppnåtts. (Ifall det inte går att uppnå 10 Pa kan det finnas ett större läckage att täta.)
- ☐ Kontrollera att tryckskillnaden och luftriktning är korrekt genom att öppna en dörr eller ett fönster på glänt. Det ska dra in genom glipan. Stäng fönstret/dörren efter kontrollen.



Fläkt och manometer monterade i dörr mot trapphus, tätning kring dörr.

Identifiera läckageställen/förbättringsmöjligheter

Det är ofta problem med lufttätteten vid fönster- och dörranslutningar, skarvar, anslutningar mot golv, tak och mellanväggar samt genomföringar av kanaler och rör.

- ☐ Bilda dig en första uppfattning om möjliga läckagepunkter med hjälp av handen efter det att ett undertryck upprättats.
- ☐ Sök läckageställen med hjälp av rökgas, lufthastighetsgivare eller värmekamera. Läs igenom manualer för en utförligare beskrivning av hur instrumenten används. I de fall som läckage noteras görs åtgärder för att minska eller ta bort läckaget helt.
- ☐ Stäng av fläkten och åtgärda läckageställen.
- ☐ Gör en förnyad kontroll genom att skapa undertryck (eller övertryck) igen. För att få en god lufttätthet ska det nu inte noteras några luftläckage.
- ☐ Skriv luftläckagerapport. Rapporten är ett hjälpmedel för att kunna förmedla erfarenheterna från undersökningen. Använd dessa erfarenheter till övriga utrymmen/ lägenheter så att alla får lika god lufttätthet.
- ☐ Upprepa eventuellt kontrollen i flera utrymmen (lägenheter).

Värmekamera

Om det är minst 5 grader kallare ute än inne (gärna 10 grader) kan värmekamera användas för att identifiera läckageställen. I vissa fall kan man höja temperaturen i utrymmet under minst 12 timmar före läckagesökningen för att få en större temperaturskillnad. Eftersom man kan förväxla luftläckage med köldbryggor bör värmekameran kompletteras med lufthastighetsmätare. En bild kan också tas med värmekameran före trycksättningen och efter trycksättningen för att kunna särskilja vad som är isolerbrister och vad som är luftläckage. Luftläckagesökning med hjälp av värmekamera har fördelen att stora ytor relativt lätt kan scannas av.

Lufthastighetsgivare

Placera lufthastighetsgivaren försiktigt vid ställen där luftläckage noterats med handen och/eller där man misstänker att läckage kan förekomma. Observera att lufthastighetsgivaren måste vara vänd så att eventuella luftrörelser passerar genom givaren.

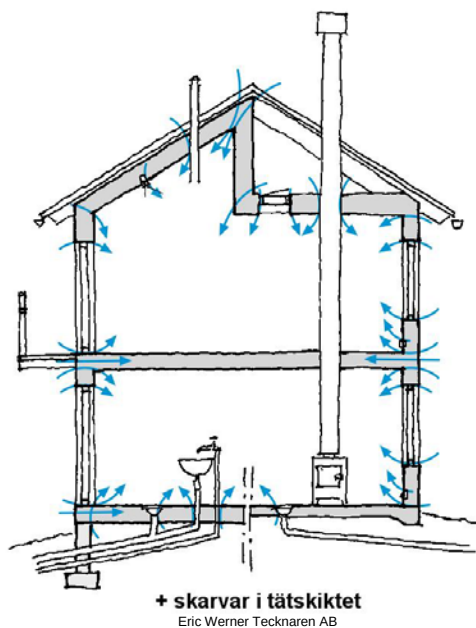
Rökgas

Använd rökgasflaska eller rökpena enligt tillverkarnas instruktioner. Vissa sorters rök får inte andas in. Läs varningstext. Puffa rök försiktigt vid ställen där luftläckage noterats med handen

och/eller där man misstänker att läckage kan förekomma. Ibland är det bättre att detektera läckage med hjälp av rök ifall byggnaden har övertryck, så att luften trycks ut i otätheterna. I det fallet måste den monterade fläkten vändas. Om röken är varm kan det i vissa fall vara svårt att tolka resultaten av läckagesökning med hjälp av rök.



Läckagesökning med värmekamera, lufthastighetsmätare och rökgas.



Vanliga läckagevägar finns vid genomföringar och anslutningar.