

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 nollflödestryckskillnad $\pm 3 \text{ Pa}$. 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:
 - stora nybyggnader med minst $10\,000 \text{ m}^2$ omslutningsyta klimatskal
 - äldre otäta byggnader oavsett storlek
 - 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 omgäende 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 lufttäthetsmätningen 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 lufttäthet i projektet, vilket inkluderar ställt krav på lufttäthet och vilka krav det finns på utförande av lufttäthetsmätning och luftläckagesökning och/eller termografering. Den sistnämnda handlingen kan dock hänvisa till ytterligare handlingar som behandlar detta.

Den som ska utföra lufttäthetsmätningen 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 lufttäthetsmätningen ha gjort överslagsberäkning för ytan så att tillräcklig fläktkapacitet medtages för lufttäthetsmätningen.

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 passagera.

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 tätas 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 utsluts det läckaget därigenom från provningen vilket medför att uppmätt lufttäthetsvärde 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 lufttäthetsmätning 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 tryckkuppbyggnad 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.

Slangändan **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 slangändan). 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 fläktnynningen 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 lufttäthetsmätning 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 värmefläktar 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 lufttäthetsmätningen.

Lufttäthetsmätning 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 lufttäthetsmätningen 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 lufttäthetsmätningen, även när en ungefärlig avläsning ger att täthetskravet uppfylls. Det kan t ex finnas tillfälliga tätningar som släppt. Om läckagesökningen utförs efter lufttäthetsmätningen 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 lufttäthetsmätningen. 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 lufttäthetsmätningen, 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 lufttäthetsmätning 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 lufttäthetsmätning 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. Framst 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 tryckkuppbyggnaden 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 fläktrycket är lågt blir det mycket känsligt för vindpåverkan. Mätning ska därför om möjligt alltid utföras vid så höga fläktryck 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 medelvärdet 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 lufttäthetsmätning 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 lufttäthetsresultat 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 lufttäthet 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 lufttäthetsmätning av en del av byggnad som ej klarar ställt lufttäthetskrav för klimatskalet på grund av interna läckage som "straffar" täthetsstalet.

Mottrycksmätningar kan utföras i olika omfattning. Antingen anläggs mottryck mot alla de lägenhetsskiljande ytor som omger den lägenhet som ska lufttäthetsmätas, 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 lufttäthetsmätning 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 lufttäthetsmätas samtidigt (mottryck med samtidig mätning, det vill säga alla lägenheterna mäts individuellt men exakt samtidigt). Alternativt mäts lufttätheten enbart i en av lägenheterna samtidigt som mottryck hålls i de övriga lägenheterna. Oavsett om alla lägenheterna lufttäthetsmätas samtidigt eller om bara en lägenhet lufttäthetsmätas 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 täthetsmätningens fläkten, 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 höjled 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 lufttäthetsmätning 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 lufttäthetsmätningar 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 lufttäthetsmätning 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 lufttäthetsmätning alltid tryckskillnaden över klimatskalet mätas både på nedersta och översta planet i byggnaden för att dokumentera tryckskillnad på grund av termisk drivkraft och vindpåverkan (lufttäthetsmätning ska inte utföras om en hög byggnad är vindpåverkad). Därmed dokumenteras vilka verkliga tryckskillnader som skapas vid lufttäthetsmätningen och det kan upptäckas huruvida tryckfall uppstår vid lufttäthetsmätningen.

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 förekommer 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 lufttäthetsresultat. 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 flätkapacitet som skulle ha behövts för att uppnå minst 50 Pa tryckskillnad om byggnaden uppfyllt det ställda lufttäthetskravet. En sådan mätning utgör dock ej slutmätning.