

ByggaL - Metod för byggande av lufttätta byggnader

Eva Sikander



LUFTTÄTT **ByggaL**



ByggaL - Metod för byggande av lufttäta byggnader

Eva Sikander

Abstract

Several current and concluded projects have shown the importance of airtightness of buildings in order to ensure efficient energy use, good indoor environments, protection against moisture and general durability. If the low energy demand of a passive house is to be achieved, it is essential that its building envelope is properly airtight.

ByggaL is a general method for the construction of airtight buildings, covering all aspects from initial formulation of requirements, through general and detailed design, to production. The method is based on quality assurance through constant documentation, communication, inspection and verification, with the help of routines and associated checklists. If function and performance requirements have been properly formulated, and the physical production process is quality-assured, conditions are favourable for achieving an airtight building. The checklists provide a means of applying the knowledge and experience from research and development projects to practical use.

ByggaL has been used in the autumn of 2010 in several current construction projects (both during the design stage and during the production stage) with the aim of overall improvement.

The routines, checklists, training materials, and tips for further reading or investigation that have been developed by the project will be available from January 2011 on www.lufttathet.se, in order to make the material as available as possible to those in the construction sector.

Key words: Airtightness, building envelopes, routines, checklists, building process.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2010:73
ISBN 978-91-86622-15-2
ISSN 0284-5172
Borås 2010

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	5
Sammanfattning	6
1 Bakgrund	7
1.1 Varför bygga lufttätt?	7
1.2 Förståelse och kunskap för bra resultat	8
1.3 Kvalitetssäkring med tydliga krav och uppföljning	8
1.4 Tidigare arbete	8
2 Syfte och genomförande	10
3 ByggaL – metod för produktion av lufttäta byggnader	11
3.1 Var finns materialet tillgängligt?	11
3.2 Användaranvisning	11
3.3 Lufttäthet i program- och planeringsskedet	12
3.4 Lufttäthet i projekteringsskedet	13
3.5 Lufttäthet i produktionsskedet	14
3.6 Lufttäthet i förvaltningsskedet	15
4 Bilagor – checklistor och hjälpmedel	16
5 Referenser	17
Bilaga 1: Byggherrens ambitionsnivå	18
Bilaga 2: Inventering av befintliga byggnader	19
Bilaga 3: Förslag till byggherrens kravformulering	20
Bilaga 4: Checklista för projektering av lufttäthet	23
Bilaga 5: Checklista/kontrollplan för byggskedet - lufttäthetsplan	26
Bilaga 6: Täthetsprovning, inklusive läcksökning	28
Bilaga 7: Tidig läckagesökning	31
Bilaga 8: Förslag på utbildning/information	35

Förord

Lufttåta byggnader efterfrågas av alltfler i byggsektorn i takt med att kraven på låg energianvändning skärps. Därmed har också behovet av hjälpmedel för byggprocessens parter ökat. Inom SBUF och FoU-Väst har arbete genomförts under flera års tid för att skapa, sammanställa och sprida kunskap. Detta projekt, ByggaL – en metod för produktion av lufttåta byggnader, är ytterligare ett led i arbetet med att sprida erfarenheter och kunskap om lufttätt byggande.

Arbetet har genomförts med följande organisation:

Projektledare:	Eva Sikander (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut)
Projektsamordnare:	Pär Åhman (Sveriges Byggindustrier)
Projektgrupp:	förutom ovanstående Rolf Jonsson, Wäst-Bygg Johan Alte, Veidekke Ene Linden, Skanska Peter Brander, Skanska Christian Johansson, NCC Anders Blixt, AF Bygg
Referensgrupp:	Konvektionsgruppen vid Chalmers via Paula Wahlgren Företag i FoU-Väst Björn Mattsson, Boverket Åke Blomsterberg, WSP Hans Wetterlund, WSP Ingemar Nilsson, SP Thorbjörn Gustavsson, SP Owe Svensson, SP

Projektet har finansierats av SBUF och företagen inom FoU-Väst.

Sammanfattning

Ett flertal avslutade och pågående projekt visar på behov av att bygga lufttätt för att säkerställa byggnader med effektiv energianvändning, god inomhusmiljö, fuktsäkerhet och beständighet. För att nå den låga energianvändningen i exempelvis ett passivhus måste man lyckas bygga ett mycket lufttätt klimatskal.

ByggaL är en generell metod för byggande av lufttäta byggnader som omfattar kravformulering, projektering och framförallt produktion. Metoden bygger på att kvaliteten säkerställs genom att arbetet löpande dokumenteras, kommuniceras, kontrolleras och verifieras med hjälp av kvalitetsstyrande rutiner och tillhörande checklistor. Med väl formulerade funktionskrav, utbildning och en kvalitetssäkrad byggprocess skapas mycket goda förutsättningar för att byggnaden blir lufttät. Checklistorna är ett medel att föra ut den kunskap som förvärvats inom forsknings- och utvecklingsprojekt i praktisk användning.

Ytterligare en viktig del för att lyckas med arbetet att skapa lufttäta byggnader är att kommunikationen mellan olika skeden i byggprocessen fungerar, exempelvis mellan projekterings- och produktionsskedet. Dessutom krävs att inblandade parter, från projektörer till byggnadsarbetare, har fått utbildning och information för att kunna genomföra arbetet på rätt sätt. Inom ByggaL-metoden presenteras förslag på styrning av kommunikation samt förslag på innehåll i utbildning för de olika aktörerna. ByggaL har tillämpats under hösten 2010 i ett flertal pågående byggprojekt (projekteringsskede respektive produktionsskede) för att förbättra hjälpmedlet.

De rutiner, checklistor, material för utbildning samt tips om fördjupningsmaterial som tagits fram inom projektet presenteras från januari 2011 på www.lufttathet.se för att göra materialet så tillgängligt som möjligt för byggsektorns aktörer.

1 Bakgrund

1.1 Varför bygga lufttätt?

Enligt kartläggningen i [Sandberg, Sikander 2004] är de viktigaste negativa konsekvenserna av bristande lufttätethet:

	Konsekvens
Energi	Ökad energianvändning, transmissionsförluster
	Ökad energianvändning, ventilationsförluster
Komfort	Drag
	Kalla golv
Fukt	Skador av fuktkonvektion
	Skador av inläckande regnvatten
Luftkvalitet	Funktion hos ventilationssystem
	Spridning av lukter, partiklar, gaser inkl radon
Annat	Frysrisk hos installationer
	Försämrade ljudisolering

Det vanligaste motivet till att man idag satsar på lufttäta byggnadsskal är att man vill nå en låg energianvändning. Sambandet mellan otäta byggnader och ökad energianvändning framgår nedan:

- Dålig lufttätethet ger ökad energianvändning eftersom **ventilationsflödet** i de flesta fall **ökar**. Vid kall och blåsig väderlek kan det vara en ansevärd mängd extra luftflöde in i byggnaden som måste värmas.
- I de fall byggnaden är utrustad med **värmeåtervinning** och det är dålig lufttätethet innebär detta att luftflödena inte går igenom värmeväxlaren som tänkt. Tilluften blir inte förvärmad och frånluftens energiinnehåll tas inte tillvara om luften istället tas in och ut genom klimatskalet.
- Om luften tillåts att blåsa in i isoleringen ger detta upphov till ett **minskat värmemotstånd** hos isoleringen och, med andra ord, ett ökat värmefflöde genom byggnadsdelen

God lufttätethet är en av de faktorer som har en tydlig inverkan på den **termiska komforten** inne i byggnader. Luftläckage kring fönster och dörrar är en vanlig orsak till brister i den termiska komforten, men även inläckage av kall luft i byggnadsdelar såsom golvbjälklag orsakar problem såsom kalla golv. Detta kan i sin tur medföra en högre energianvändning eftersom man ofta kompenserar drag och kalla ytor med en ökad innetemperatur.

Att vilja undvika fuktskador på grund av **fuktkonvektion** är en annan vanlig orsak till att bygga lufttätt. För att fuktproblem i byggnadskonstruktioner skall uppstå till följd av fuktkonvektion fordras att det råder ett invändigt övertryck, att det finns ett fukttillskott till inneluften och att det finns otätheter som den fuktiga inneluften kan strömma genom.

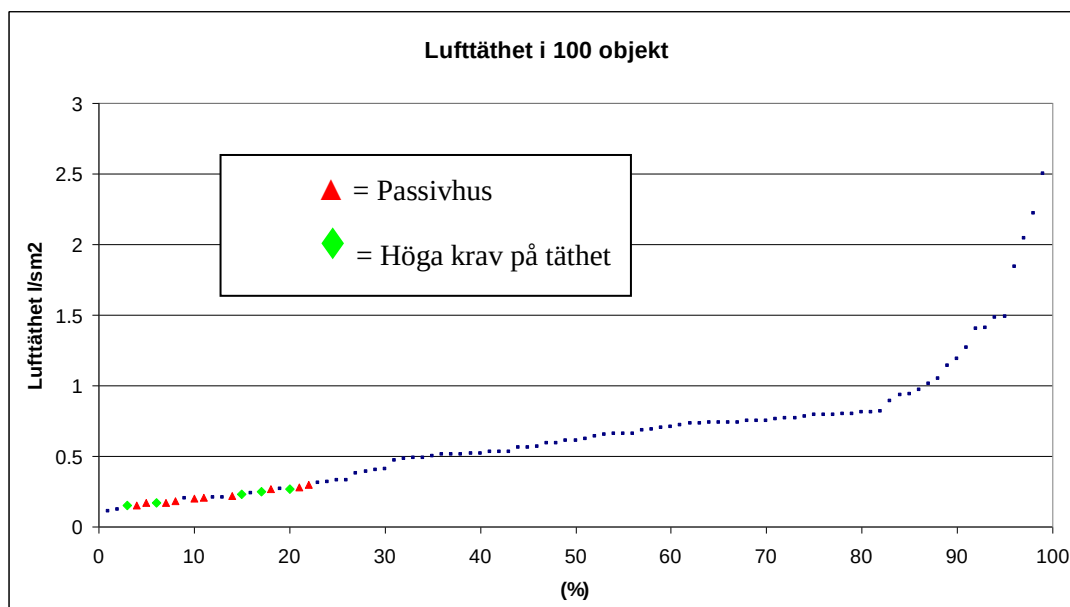
Otätheter påverkar även **luftkvaliteten** genom att luftotätheter bidrar till spridning av partiklar och gaser såsom radon, brandgaser, matos och röklukt från exempelvis en lägenhet till en annan. Det går heller inte att filtrera tilluften om luften tas genom klimatskalet istället för via filter i ventilationssystemet.

1.2 Förståelse och kunskap för bra resultat

Erfarenheter från projekt där man lyckats nå lufttäta byggnader visar att information och utbildning om lufttätetsfrågorna är en framgångsfaktor. Utbildningen skapar förståelse för den detaljeringsgrad i projektering och arbetsutförande som behövs för att nå lyckat resultat. Informationen behöver exempelvis nå både arbetsledning, snickare och under-entreprenörer såsom el- och VVS-entreprenörer.

1.3 Kvalitetssäkring med tydliga krav och uppföljning

Ytterligare en framgångsfaktor för att nå lufttäta byggnader har visats vara tydliga krav avseende lufttätethet och uppföljning av kraven genom täthetsprovningar. Om en uppföljning kan utföras tidigt ökar möjligheterna att förbättra brister utan alltför stor inverkan på projektets ekonomi och tidplan.



Figur 1 Sammanställning av luftläckaget vid täthetsprovning vid 50 Pa tryckskillnad över klimatskalet. I diagrammet redovisas resultatet av lufttätheten i 100 objekt där objekt med höga täthetskrav markerats med trianglar och romber. [Svensson, Hägerhed 2009].

1.4 Tidigare arbete

Ett flertal avslutade och pågående projekt visar på behov av att bygga lufttätt för att säkerställa byggnader med effektiv energianvändning, god inomhusmiljö och fuktsäkerhet. Bland annat har attityder samt behov av kunskap kartlagts, men även labbmätningar för att kartlägga luftläckage för olika tekniska lösningar, se vidare Lufttäthet i byggprocessen. Etapp A. [Sandberg, Sikander 2004].

Information för att motivera byggherrar, projektörer och entreprenörer att bygga lufttätt har formulerats och spridits bland sektorns aktörer. Även förslag på byggherrens kravformulering för lufttäta byggnader har tagits fram. Se vidare Lufttäthet i byggprocessen. Etapp B. [Sandberg, Sikander, Wahlgren, Larsson 2007].

Lufttäta lösningar som använts i byggnader som visat sig ha mycket god lufttätethet har sammanställts. Denna erfarenhetsåterföring av goda lösningar syftar till att vara hjälp till projektörer och entreprenörer som projekterar och planerar för lufttäta byggnader. Se vidare Lufttätethet i byggprocessen. Etapp C [Wahlgren 2010].

I ett examensarbete har tekniker och faktorer som bidrar till god lufttätethet sammanställts och är en erfarenhetsåterföring som bl a visar på hur olika tekniker påverkar den slutliga lufttätetheten [Eliasson 2010].

En sammanställning av produkter och material som underlättar utförandet av lufttätetheten på arbetsplatsen finns sammanställda i ett examensarbete utfört vid LTH, Lufttätethet i småhus – en inventering av leverantörer, metoder och produkter [Johansson, Ulfsson 2010].

Entreprenörer behöver använda metoder för att tidigt i byggprocessen säkra att byggnaderna bli så lufttäta som byggherren har krävt. En metod för tidig läckagesökning har presenterats i ”Alternativa metoder för utvärdering av byggnaders lufttätethet” samt ”Lufttätethetens kontroll – Tidigt läckagesökning”. [Sikander, Wahlgren 2008]

2 Syfte och genomförande

Projektets målsättning är att utveckla en generell metod för byggande av lufttäta byggnader som omfattar kravformulering, projektering och produktion (ByggaL). Metoden bygger på att kvaliteten säkerställs genom att arbetet löpande dokumenteras, kommuniceras, kontrolleras och verifieras med hjälp av kvalitetsstyrande rutiner och tillhörande checklistor. Checklistorna är ett medel att föra ut den kunskap som förvärvats, från exempelvis tidigare SBUF-finansierade projekt, i praktisk användning.

ByggaF som tidigare utvecklats inom SBUF har utgjort mall för struktur och upplägg av metoden ByggaL.

Syftet är att metoden ByggaL skall hjälpa byggsektorns aktörer, framförallt entreprenadföretag, att säkerställa att byggnaden uppfyller de funktionskrav som definierats. Med väl formulerade funktionskrav och en kvalitetssäkrad byggprocess så ges mycket goda förutsättningar för att byggnaden blir lufttät.

Arbetet har utförts i två steg. I steg 1 utvecklades kvalitetssäkringsmetoden och i steg 2 testades den i ett pilotprojekt varefter metoden utvärderats. Även utbildningsmaterialet har testats i samband med uppstart av byggprojekt. Baserat på erfarenheterna från pilotprojekten har förbättringar genomförts.

ByggaL-metoden beskrivs i denna rapport. Dessutom är ByggaL tillgängligt för användning på webbplatsen www.lufttathet.se.

3 ByggaL – metod för produktion av lufttätta byggnader

3.1 Var finns materialet tillgängligt?

Denna del av rapporten tillsammans med bilagorna 1-8 återfinns i sin helhet på www.lufttathet.se och är resultatet av arbetet. Genom att kommunicera materialet med rutiner, checklistor, informationsmaterial m m via webbsidan är förhoppningen att användningen av materialet ökar.

3.2 Användaranvisning

Denna information är framtagen med syftet att ge byggsektorns olika aktörer förslag på rutiner och checklistor för program-, projekterings- och produktionsskede för att erhålla **lufttätta byggnadskonstruktioner**.

Tipsen och checklistorna är tänkta som förslag som kan behöva objektanpassas. Användaren väljer också själv om man vill använda materialet helt eller delvis. Ibland kan checklistorna behöva kompletteras beroende på speciella förutsättningar som kan råda för varje enskilt objekt. Även entreprenadform avgör hur checklistorna kan användas, och om vissa delar behöver kompletteras eller faller bort.

Förslagen till rutiner och checklistor för att nå lufttätta byggnader i denna rapport är generell och inte heltäckande. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut tar ej ansvar för hur förslagen tillämpas för enskilda byggnader. För varje specifik byggnad och för varje byggnadsdel måste en objektspecifik projektering och planering göras som skall visa att byggnadens konstruktioner uppfyller kravet på lufttätthet. Informationen på webbplatsen kan komma att ändras om nya fakta och erfarenheter kommer fram.



Figur 2 ByggaL är en metod som omfattar rutiner och checklistor för aktörerna i tidiga skeden, projekteringsskedet, produktionsskedet och även förvaltningskedet.

3.3 Lufttätet i program- och planeringsskedet



Figur 3 En tydlig kravformulering är grunden för att nå en lufttät byggnad. Lindåshusen är ett sådant projekt där kraven formulerades och följdes upp.

Den nedanstående rutinen är avsedd att ge byggherrar uppslag inför det egna arbetet med att ställa krav och följa upp dessa så att byggnaderna får god lufttätet.

1. **Byggherrens rutin/checklista** (kan också användas av byggherrens representant)
 - a) Välj ambitionsnivå för det egna arbetet. Se bilaga 1.
 - b) Vid ombyggnad – genomför en inventering enligt bilaga 2.
 - c) Formulera krav för lufttät byggnad. Kraven omfattar både tekniska krav och krav på aktiviteter. Se bilaga 3.
 - d) Upphandling och kontraktsgenomgång för att bekräfta att kraven uppfattats korrekt.
 - e) Utse ansvarig att följa upp kraven och formerna för uppföljningen. Checklistorna i bilagorna 4 och 5 kan vara en hjälp vid planering av uppföljningen.
 - f) Vid behov: Initiera information/utbildning för upphandlade aktörer inför projektstart. Se bilaga 8.

3.4 Lufttätet i projekteringsskedet



Figur 4 Genomföringar i tätskiktet kan undvikas om man använder indraget lufttätande skikt så att en installationsspalt bildas. Foton: Owe Svensson

Nedan följer en rutin/checklista för projektörens arbete att nå lufttäta byggnader där både det egna arbetet är viktigt, men även kommunikation med byggherre och entreprenör.

2. Projektörens rutin/checklista för projekteringsskedet

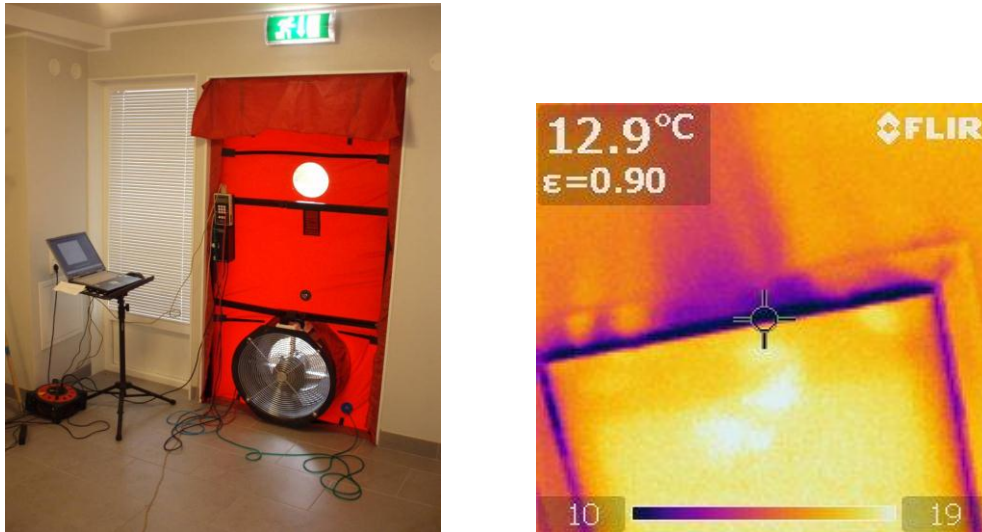
- a) Utse en ansvarig för lufttätetsfrågorna under projekteringsskedet som bland annat arbetar enligt denna rutin/checklista.
- b) Genomgång av krav och avstämning med byggherren.
- c) Intern info/utbildning. Se bilaga 8.
- d) Projektera och dokumentera med hjälp av checklista. Se bilaga 4.
- e) Intern granskning av projekterade handlingar avseende lufttätet. Kan utföras med ledning av bilaga 4.
- f) Identifiera, planera och dokumentera kritiska produktionsmoment i samverkan med entreprenör, med ledning av bilaga 5.
- g) Överlämning till entreprenör: upprätta plan för lufttätet under produktionsskedet i samverkan med entreprenör med hjälp av bilaga 5.
- h) Sammanställ dokumentationen.

Nedan följer en rutin för byggherrens uppföljning av arbetet under projekteringsskedet. Byggherrens engagemang är viktigt och kvalitetsdrivande.

3. Byggherrens rutin för uppföljning under projekteringsskedet

- a) Kontakt med ansvarig för lufttätetsfrågorna och avstämning av dennes interna kommunikation av kraven och informationsspridning/utbildning.
- b) Kontroll av dokumentation av lufttätande material och lösningar. Checklista i bilaga 4 kan användas som stöd.
- c) Få bekräftat att entreprenör granskat projekterade handlingar.
- d) Få bekräftat att projektör identifierat kritiska arbetsmoment i samråd med entreprenör och att kontrollplan för produktion upprättats.

3.5 Lufttätet i produktionsskedet



Figur 5 En täthetsprovning (Blower-Door) med läckagesökning ger den verifiering av att kravet uppfyllts som byggherren behöver

Nedan följer en rutin/checklista för entreprenörens arbete att producera en lufttät byggnad där det egna arbetsutförandet är viktigt liksom kommunikationen med projektören och byggherren.

4. Entreprenörens rutin/checklista för produktionsskedet

- Utse ansvarig för lufttätetsfrågorna på byggarbetsplatsen.
- Genomgång av kraven avseende lufttätet.
- Granskning av projekterade handlingar i samverkan med projektör med tanke på produktionskritiska moment/detaljer.
- Om metodändring – visa att lufttäteten uppfyller krav efter ändring.
- Upprättande av kontrollplan i samråd med projektör. Se bilaga 5.
- Intern information/utbildning som även omfattar underentreprenörer. Se bilaga 8.
- Arbetsberedning (före varje nytt moment).
- Tidig täthetskontroll och läckagesökning. Se bilaga 6 och 7.
- Slutlig täthetsprovning. Se bilaga 6.
- Återför erfarenheter till projektör.

5. Byggherrens rutin för uppföljning under produktionsskedet

- Kontakt med ansvarig för lufttätetsfrågorna och avstämning av dennes interna kommunikation av kraven och informationsspridning/utbildning.
- Begär dokumentation från egenkontroller enligt upprättad kontrollplan.
- Granska dokumentation från tidig täthetsprovning/läckagesökning och eventuellt förbättringsarbete som följt på denna.
- Få bekräftat/dokumentation från slutlig täthetsprovning att kraven uppfyllts (utförs eventuellt även före garantitidens utgång).

3.6 Lufttätet i förvaltningsskedet



Figur 6 En håltagning i en befintlig konstruktion kan vara svår att få lufttät utan god planering. Foto: Eva Sikander

Under förvaltningen är det lufttätande skiktet oftast oåtkomligt för underhåll och kontroll. Däremot finns det fogar och byggnadskomponenter som kan behöva underhåll och åtgärd. I samband med en eventuell ombyggnad eller ny genomföring måste dock en noggrann projektering genomföras för att inte förstöra en lufttät byggnad genom dåliga lösningar.

6. Rutin för underhåll av lufttätet

- a) Kontrollera lufttätet runt genomföringar (kanaler till vind exempelvis)
- b) Kontrollera lufttäteten mellan karm och båg eller dörrblad.
- c) Notera och följ upp klagomål rörande drag och kalla golv. Dessa kan bero på otätt klimatskal och kan oftast åtgärdas.

7. **Rutin vid ombyggnad eller åtgärder i byggnadsskalet** följer punkterna för programske, projektering och produktion enligt rutinerna 1-5 ovan.

4 Bilagor – checklistor och hjälpmedel

- Bilaga 1: Byggherrens ambitionsnivå
- Bilaga 2: Inventering av befintliga byggnader
- Bilaga 3: Byggherrens kravformulering
- Bilaga 4: Checklista för projektering
- Bilaga 5: Kontrollplan för produktionsskedet
- Bilaga 6: Täthetsprovning, inklusive läckagesökning
- Bilaga 7: Tidig läckagesökning
- Bilaga 8: Förslag på utbildning/information (Power-Point)

5 Referenser

- Adalberth K, 1998, God lufttätethet, TS:1998, Byggeforskningsrådet, ISBN 91-540-5809-0, Stockholm
- Eliasson E, 2010, Att uppnå god lufttätethet. En studie av faktorer som påverkar byggnadens lufttätethet. Examensarbete 2010:24, Institutionen för byggnadsteknologi, Chalmers tekniska högskola
- Johansson M, 2004, Byggnaders lufttätethet- en studie av utformning och praktiskt utförande av konstruktionsdetaljer i klimatskärmens lufttäta skikt, Examensarbete, Institutionen för byggnadsteknologi, Chalmers tekniska högskola
- Johansson T, Ulfsson V, 2010, Lufttätethet i småhus – en inventering av leverantörer, metoder och produkter. Examensarbete
- Mattsson B, 2004, Luftläckage i bostäder- litteraturstudier, modellering och mätningar, Licentiatavhandling, P-04:3, Institutionen för byggnadsteknologi, Chalmers tekniska högskola, ISSN 1400-2728
- Mattsson B, 2007, Studies on building air leakage- a transient pressurisation method, measurements and modelling, Doktorsavhandling, Avdelningen för byggnadsteknologi, Chalmers tekniska högskola, ISBN 978-91-7291-958-7
- Sandberg PI, Sikander E, Wahlgren P, Larsson B, 2007, Lufttätethetsfrågorna i byggprocessen - Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler, SP Rapport 2007:23, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Sandberg PI, Sikander E, 2004, Lufttätethetsfrågorna i byggprocessen - Kunskapsinventering, laboratoriemätningar och simuleringar för att kartlägga behov av tekniska lösningar och utbildning, SP Rapport 2004:22, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Sikander E, Wahlgren P, 2008, Alternativa metoder för utvärdering av byggnadsskalets täthet, SP Rapport 2008:35, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Sikander E, Olsson-Jonsson A, 1997, Lufttätethet i hus med träregelstomme och utan plastfolie, SP Rapport 1997:34, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Svensson O, Hägerhed Engman L, 2009, Förbättringsmöjligheter av lufttätetheten i byggnader – erfarenheter och exempel från lufttätethetsmätningar, sammanställning från konferens Passivhus Norden, april 2009
- Wahlgren P, 2010, Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar, SP Rapport 2010:09.

Bilaga 1: Byggherrens ambitionsnivå

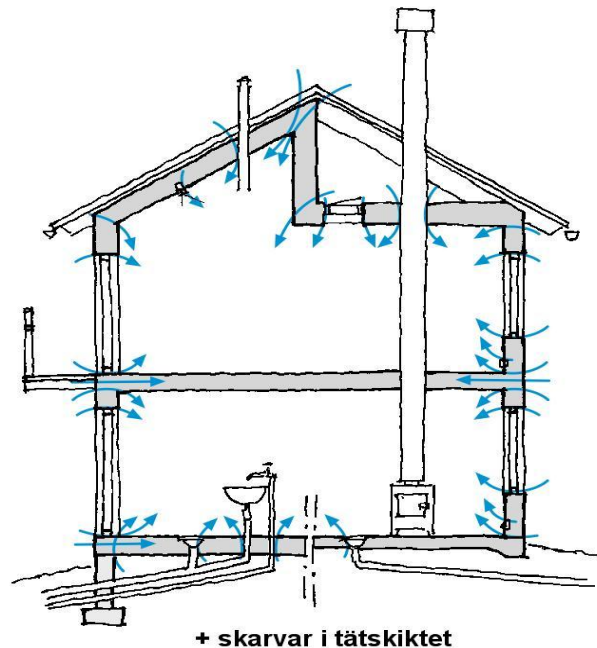


Ambitionsnivån hos byggherren ligger till grund för de krav som formuleras för den lufttäta byggnaden. Ambitionsnivån kan variera från byggherre till byggherre samt från ett projekt till ett annat. Avgörande för vilken nivå byggherren väljer kan t ex vara vilken energianvändning som byggherren är beredd 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 lufttät-hetsfrågorna.
- **kravformulering** (se vidare i bilaga 3)
- 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, kvalitetssäkring för lufttätethet 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 lufttätetheten är en viktig aspekt som kommer att följas upp i projektet (kombineras gärna med fuktsäkert byggande och energieffektiva byggnader). Se vidare förslag till innehåll i utbildning i bilagorna 8.
- de **konsekvenser** som eventuellt formuleras om krav ej uppfylls.
- eventuell **belöning** om kraven uppfylls eller vissa angivna nivåer nås.

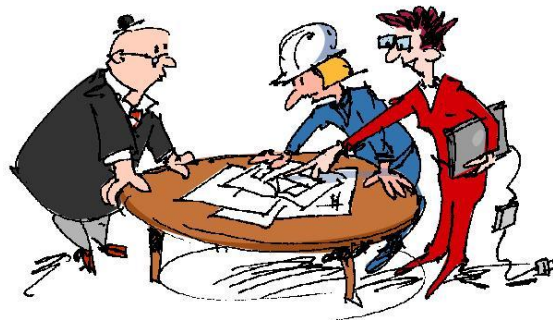
Bilaga 2: Inventering av befintliga byggnader



Inför en ombyggnad måste den befintliga byggnadens lufttätande lösningar och förbättringspotential kartläggas, förslagsvis genom att systematiskt inventera enligt punktlistan nedan. Inventeringen ligger till grund för den kommande kravformuleringen och projektörens förslag till förbättringar eller åtgärder för att bibehålla en god lufttätethet. Inventering av tätningsteknik, status och förbättringspotential kan ske okulärt och med hjälp av värmekamera alternativt lufthastighetsmätare vid undertryck i byggnaden enligt bilaga 6 eller 7.

- Genomföringar i klimatskärm
 - Ventilationskanaler
 - Avslutning kring tilluftsdon
 - Avloppsluftare
 - Elrör/eldosor/antennuttag
 - Avloppsrör
 - Inkommande el
 - Inkommande vatten
 - Avluft från köksfläkt
 - Rökkanaler/murstockar
 - Inkommande fjärrvärme
 - Spotlights
- Luftläckage mellan karm och båge (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

Bilaga 3: Förslag till byggherrens kravformulering



Nedan följer ett flertal förslag till hur byggherren kan formulera krav, vem som är ansvarig för att kravet uppfylls och hur aktören skall verifiera att krav uppfylls. Byggherren kan välja de förslag som avspeglar ambitionsnivån bäst. Alternativt kan förslagen ses som inspiration till formulering av andra krav. Hur krav till ett projekt formuleras beror av många olika faktorer, exempelvis valet av entreprenadform.

Projekteringsskede

Krav 1: En **ansvarig** för lufttäthetsfrågorna skall anges hos projektören.

Krav 2. Projekteringen skall ge förutsättningar för att byggnaden, med ett bra arbetsutförande under byggtiden, skall uppfylla **täthetskravet** vid ± 50 Pa tryckskillnad (välj ett av alternativen nedan)

Alternativ 1: Maximalt luftläckage som angivits i energibalansberäkning för byggnaden *

Alternativ 2: Luftläckage genom klimatskal $\leq 0,3 \text{ l/m}^2\text{s}$ *

Alternativ 3: Luftläckage genom klimatskal $\leq 0,5 \text{ l/m}^2\text{s}$ *

*Beskrivning av hur täthetsprovningen skall genomföras anges under krav 10 och skall anges tillsammans med kravet på maximalt luftläckage. I vissa fall kan det vara viktigt att också ha ett krav som även omfattar lufttätheten mellan olika utrymmen i byggnaden (mellan brandceller eller lägenheter exempelvis) – se vidare under krav 10.

Täthetskrav för fönster och dörrar kan anges separat. Exempelvis kan kravet vara att klass 4 skall uppfyllas avseende lufttäthet enligt EN 14351-1. Klass 4 innebär ett maximalt luftläckage om $3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ vid 100 Pa tryckskillnad (uppgift anges av leverantören av fönstren/dörrarna).

Krav 3. Projekteringen skall ge goda förutsättningar för lufttäthet som är **beständig** under byggnadens livslängd genom val av lösningar, material och materialkombinationer. Vid användning av tejp, tätningsmassor e dyl skall 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).

Krav 4. Projektering för lufttät byggnad skall tydligt **redovisas** på detaljnivå (ritningar och beskrivning) för exempelvis

- hur genomföringar, otätheter och hål i det lufttätande materialet kan undvikas
- genomföringar i tätskiktet där dessa inte kan undvikas
- Vid lätta konstruktioner: skarvar i det lufttätande skiktet
- anslutningar vid fönster, dörrar och vindsluckor
- anslutning av mellanbjälklag mot klimatskal
- anslutning mellan yttervägg/vindsbjälklag

- anslutningar mellan hanbjälklag/snedtak/stödbensvägg
- anslutningar mellan lätta konstruktioner och betongkonstruktioner
- anslutningar mot stålkonstruktioner, pelare, limträbalkar etc
- anslutning av prefabricerade element
- konstruktioner mot mark
- arbetsmoment och byggbarhet stäms av med entreprenör

Byggskede

Krav 5: En **ansvarig** för byggnadens lufttätethet utses av entreprenören. Denne leder det arbete som genomförs för att uppfylla kraven, ansvarar för egenkontroller och redovisar verifieringar till byggherren.

Krav 6: Uppstart/**arbetsplanering** skall utföras där arbetsmoment för lufttät byggnad planeras i samråd med projektör. En **plan för egenkontroller (lufttäthetsplan)** av tekniska lösningar och arbetsutförande skall upprättas (se exempel i bilaga 5).

Krav 7: Utbildning av personal på byggarbetsplats (bygg-, el-, ventilation-, VVS-personal) skall genomföras i samband med att arbetena påbörjas. Se vidare bilaga 8.

Krav 8: Resultat från egenkontroller av tekniska lösningar och arbetsmoment skall dokumenteras. I dokumentationen skall även åtgärder av brister redovisas. Vid generella brister skall samtliga berörda på byggarbetsplatsen informeras.

Krav 9: Mätningar och läckagesökning skall genomföras **i tidigt skede**, när tätskikt är anbringat och fixerat och inga ytterligare håltagningar skall göras i det lufttätande skiktet. Utvärdering av förbättringsmöjligheter görs. Läckagesökningen skall dokumentera att inga lokala läckage kan medföra framtida olägenheter på grund av luftläckagets placering och omfattning (beroende på var lokala läckage finns kan läckaget exempelvis medföra problem med drag, radon från mark eller fuktproblem lokalt på vind). Vid stora byggnader färdigställs en del av byggnaden tidigt där täthetsprovningen utförs. Tätheten skall vara bättre än kravet som anges nedan. Mätningen upprepas i x utrymmen som byggherren väljer. Se vidare bilaga 6.

Krav 10: Verifierande mätning skall genomföras **vid färdigställande** av byggnadens klimatskal och skall uppfylla täthetskravet vid ± 50 Pa tryckskillnad (välj en av nivåerna – skall överensstämma med krav 2)

Alternativ 1: Maximalt luftläckage som angivits i energibalansberäkning för byggnaden*

Alternativ 2: Luftläckage genom klimatskal $\leq 0,3 \text{ l/m}^2\text{s}$ *

Alternativ 3: Luftläckage genom klimatskal $\leq 0,5 \text{ l/m}^2\text{s}$ *

*Beskrivning av hur täthetsprovningen skall genomföras skall anges tillsammans med kravet på maximalt luftläckage. I vissa fall kan det vara viktigt att också ha ett krav som även omfattar lufttätheten mellan olika utrymmen i bygganden (mellan brandceller eller lägenheter exempelvis). Se vidare nedan.

Verifiering i små och stora byggnader

Täthetsprovning enligt EN13829:2000 med läckageredovisning skall redovisas minst x dagar före slutbesiktning.

Val av metod – alternativa ytor för fördelning av luftläckage

Vid verifiering i stora byggnader eller byggnader där täthetsprovning inte kan ske av hela byggnaden, välj ett av nedanstående alternativ. Det maximalt tillåtna luftläckaget kan behöva väljas med utgångspunkt för vilket av nedanstående alternativ som skall användas för fördelning av läckageflödet:

- A. Ange om täthetskravet avser provresultat från provtryckning av enskilda brandceller, exempelvis lägenhet eller kontorsutrymme. För att säkerställa att det uppmätta läckaget endast härrör från klimatskärm upprättas mottryck i angränsande utrymmen med hjälp av fläktar. Genom detta förfarande säkerställs att läckaget genom konstruktioner inom byggnader är noll och att det uppmätta luftläckaget härrör från klimatskärmen. Nackdelen är att mätningen blir mer komplicerad och kräver ett mer omfattande mätprogram än vad som behövs för alternativ B. Eventuella invändiga luftläckage kommer inte att kunna uppmärksammas.
- B. Ange om täthetskravet avser provresultat från provtryckning av enskilda brandceller, exempelvis lägenhet eller kontorsutrymme. Läckaget som uppmäts fördelas endast på klimatskärmens yta och man antar att läckaget gentemot samtliga inneutrymmen är noll. Motiveringen till detta förfarande är att man även stimulerar att de brandcellsskiljande konstruktionerna blir lufttäta. Detta är positivt med avseende på flera aspekter, bland annat för att undvika spridning av lukter och ljud samt med hänsyn till brandsäkerhet. Man bör även söka läckageställen mellan lägenheter så att dessa kan åtgärdas.
- C. Ur energisynpunkt mindre lämpligt alternativ: Ange om täthetskravet avser provresultat från provtryckning av enskilda brandceller, exempelvis lägenhet eller kontorsutrymme. Läckaget som uppmäts fördelas på brandcellens omslutande yta, dvs även på ytor som inte utgörs av klimatskal. Detta förfarande innebär att läckagen genom klimatskärmen inte får samma fokus som i alternativ A och B, och rekommenderas därför inte ur energisynpunkt.

Val av metod för verifierande mätning – alternativa fläktar

Beroende på byggnadens storlek kan verifierande täthetsprovning ske enligt följande alternativ (välj ett alternativ):

- a. En extern fläkt (Blower-Door) monteras i en öppning i klimatskärmen. Om byggnaden är stor kan flera fläktar monteras i olika öppningar i klimatskärmen
- b. Vid mycket stora byggnader kan byggnadens egna ventilationssystem eventuellt användas – se vidare i [Sikander, Wahlgren] och [Blomsterberg].

Krav 11: Upprepa den verifierande täthetsmätningen enligt krav 10 i samband med garantitidens utgång (för att få bekräftat att lufttätheten inte försämrats den första tiden). Som byggherre kan man också överväga om man vill införa villkor för uppföljning efter ett visst antal år.

Krav 12: Vid eventuell metodändring skall entreprenören visa att lufttäthetskravet uppfylls och att inga andra krav åsidosätts.

Bilaga 4: Checklista för projektering av lufttätthet

Viktiga punkter att bearbeta och dokumentera under projekteringen:

- Lufttätthet hos materialet som skapar lufttättheten. Stommens material kan i sig vara lufttätt (som exempelvis vid en massiv konstruktion av betong). Alternativt måste ett otätt stommaterial kompletteras med ett lufttätande skikt av exempelvis duk/plastfolie.
- Minimera antalet skarvar
- Minimera antalet håltagningar/genomföringar
- Planera lufttäta genomföringar (obs beständighet, byggbarhet, miljöaspekter) - exempelvis imkanal, rökrör, elrör m m
- Planera fönster- och dörranslutningar (obs beständighet, byggbarhet, miljöaspekter)
- Planera anslutning mot vägg/golv/tak (byggbarhet blir svårare med en komplicerad geometri)
- Om det finns provade och utvärderade lufttätande systemlösningar underlättar detta projekteringen. Sammanställningar av lösningar finns bland annat i [Wahlgren 2010].



Förslag till checklista för projektering av lufttäta byggnader:

Lufttäthetsdetalj	Punkter som bör finnas med i projektörens egenkontrollplan/redovisat i ritning alternativt beskrivning	Hänvisning (ritning alt beskrivning)
Val av lufttätande material	Det lufttätande materialets lufttätethet skall bidra till lufttäthetskravet har möjlighet att uppfyllas.	
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 skall 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).	
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.	
Anslutningar vid fönster, dörrar och vindsluckor	Val av anslutningsutförande mellan karm och väggkonstruktion. Några vanliga anslutningsutföranden är • Fogmassa • Tätremsa • Svällband	
	Vid lätta konstruktioner: Val av detaljutförande för lufttätethet i smygen.	
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.	
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.	
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.	
Lufttäthet i invändiga byggnadsdelar, t ex mellan brandceller	Lufttätheten hos de invändiga konstruktionsdelarna planeras där så är nödvändigt och/eller krävts av byggherren, t ex mellan olika lägenheter/brandceller. Lufttäthet hos mellanbjälklag, mellanväggar, schakt, innedörrar m m beaktas.	
Sällan förekommande konstruktionsdelar	Finns alla konstruktioner där skarvar förekommer redovisade? Även de sällan förekommande är viktiga tex burspråk, terrasser.	

Lufttäthetsdetalj	Punkter som bör finnas med i projektörens egenkontrollplan/redovisat i ritning alternativt beskrivning	Hänvisning (ritning alt beskrivning)
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 pga ventilationskanaler och VVS-rör minimeras genom god planering.	
	Genomföringar som inte kan undvikas skall 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	
Tillfällig håltagning	Exempel: Om lösull skall installeras i slutna konstruktioner bör man i första hand planera så att håltagning i det lufttätande skiktet/materialet undviks. Alternativt upprättas mycket noggrann kontroll av att dessa tätas helt lufttätt.	
Anvisningar till byggskedet	Förutom redovisning på ritningar om hur skarvar, anslutningar och genomföringar skall utföras samlas information om kritiska arbetsmoment som överlämnas/diskuteras med byggtreprenören. 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).	

Bilaga 5: Checklista/kontrollplan för byggskedet - lufttätetsplan



Några viktiga principer för produktion av en lufttät byggnad:

- Granska att levererade material och produkterna för lufttätning stämmer med projekterade produkter (åldringsegenskaper kan vara annorlunda för snarlika produkter m m)
- Finns begränsningar i lämpligt klimat (exempelvis temperatur) vid applicering – i så fall kontroll och åtgärder för att skapa klimatet
- Ren arbetsplats (rutiner, skydda, rengör)
- Torr arbetsplats (rutiner, skydda, torka)
- Förberedelse av ytor (rengöring/primer m m)
- Inga hål eller revor i lufttätande skiktet
- Täta skarvar, genomföringar och anslutningar - utförda enligt anvisningar
- Tidig läckagesökning, ev tidig och etappvis täthetsprovning (bilaga) – alla berörda bör vara med vid läckagesökningen för att förbättringar skall kunna genomföras på ett bra sätt
- Förbättringar av lufttätande lösningar
- En noggrann genomgång/kontroll av lufttätande skiktet/skarvar före igensättning med material som döljer
- Slutlig täthetsprovning (se bilaga 6) – berörda deltar vid provning och läckagesökning
- Dokumentation bl a med täthetsprovningar, läcksökningar, foton och dagliga noteringar

Förslag till punkter i egenkontrollplan - lufttätetsplan:

Lufttätetsdetalj	Punkter som bör finnas med i entreprenörens egenkontrollplan för byggskedet	Hänvisning (ritning alt beskrivning)
Skarvar, anslutningar och genomföringar i lufttätande skiktet	Upprätta kontrollpunkter för utförandet av skarvar, anslutningar och genomföringar enligt ritningar och beskrivningar som upprättats av projektör.	
	Planera för så få skarvar som möjligt.	
	Vid användning av tätningsmetodik som bygger på vidhäftning skall det lufttätande materialet vara rent och torrt.	
	Vid lätta konstruktioner: Vid användning av tätningsmetodik som bygger på klämning skall det säkerställas att exempelvis trä är så torrt att det vid uttorkning inte krymper (och att klämeffekten därmed blir dålig)	
	Välj genomgående lufttätande lösningar som är beständiga under byggnadens livslängd genom val av lösningar, material och materialkombinationer. Vid användning av tejp, tätningsmassor e dyl skall 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).	
	Vid lätta konstruktioner: Det lufttätande skiktet skall vara monterat så att inga veck eller bubblor uppstår. Detta kan medföra att skarven blir otät.	
	Vid lätta konstruktioner: Vid omlottläggning och klämning är skarvens orientering i relation till reglars orientering viktig för att uppnå klämningsseffekt. Skarvens riktning skall vara densamma som regeln som skarven skall klämmas mot.	
	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.	
Tidig läckagesökning	För att detektera luftläckage tidigt kan en läckagesökning utföras utan att en täthetssiffra erhålls, men för att identifiera förbättringsmöjligheter. Se vidare bilaga 7.	
Tidig täthetsprovning	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. Provningen 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. Se bilaga 6.	
Täthetsprovning med läckagesökning	X antal täthetsprovningar genomförs och dokumenteras under projektets gång. Olika etapper skall vara representerade. Möjlighet till förbättringar identifieras och kommuniceras. Se bilaga 6.	
Allmänt	Försiktighet vidtas så att inte hål och revor i det lufttätande skiktet uppstår. Skulle sådan uppstå skall omsorgsfull tätning ske.	
	Före inbyggnad av det lufttätande skiktet skall en kontroll göras av att ingen skada eller otäthet uppstått. Gärna fotodokumentation.	

Bilaga 6: Täthetsprovning, inklusive läcksökning



Täthetsprovning enligt EN13829:2000

Den metod som används för verifiering av en byggnads lufttätthet är i de flesta fall en standardiserad metod som presenteras i EN 13829:2000. Metoden innebär att ventilationsdon och avlopp tätas och en fläkt monteras i en öppning, oftast en dörr i klimatskärmen. Med hjälp av fläkten påförs ett över- respektive undertryck i byggnaden. Luftflödet som behövs för att åstadkomma en viss tryckskillnad över klimatskalet mäts. Vid större byggnader kan ett flertal fläktar användas vid provningen. Oftast måste en konsult/entreprenör som regelbundet utför denna typ av täthetsprovningar och har kalibrerad utrustning anlitas.

Utrustning

Utrustning som behövs för själva mätningen är en fläkt med mätrör för luftflöde, reglerutrustning för fläktens varvtal, manometrar för mätning av tryckskillnad inne-ute samt vid mätröret för luftflöde, barometer för mätning av atmosfärstryck, anemometer för mätning av vindhastighet samt instrument för mätning av temperatur ute och inne. Fläkten för mätning av byggnadens lufttätthet monteras i en tät skiva/duk som ofta sätts i en ytterdörr, se foto ovan.

Fläktar som regelbundet används idag har en flödeskapacitet om drygt 2000 l/s (drygt 7000 m³/h). Om kravet på lufttätthet för byggnadens lufttätthet är 0,8 l/sm² innebär det att en sådan fläkt klarar en omslutningsyta på ungefär 2500 m².

Vid mycket stora byggnader kan flera fläktar monteras i klimatskalet. I övrigt enligt ”Täthetsprovning” ovan. I vissa fall kan byggnadens egna ventilationssystem användas för att skapa en tryckskillnad över klimatskalet. Metoden finns beskriven i den kanadensiska standarden CAN/CGSB-149.15-96¹. Allmänt sett finns både för- och nackdelar med att använda byggnadens egna ventilationssystem. En fördel är att man kan korta ned förberedelsetiden inför mätningarna eftersom man inte behöver täta alla frånluftsventiler (alternativt tilluft). En nackdel är att det kan vara svårt att mäta luftflödet. Mäts luftflödet i tilluften är det inte säkert att luftflödet går att mäta med tillräckligt bra noggrannhet, t ex på grund av brister i tillgänglighet. I vissa fall finns luftflödesmätare med god noggrannhet inbyggda i ventilationsaggregatet. Det är dock inte säkert att de kalibreras regelbundet.

¹ CAN/CGSB-149.15-96, Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method Using the Building's Air Handling System, Canadian General Standards Board, Ottawa, Canada, 1996

Förberedelse i huset

Inför täthetsprovningen skall vissa tätningar/kontroller/åtgärder göras:

- Ventilationsfläktar stängs av.
- Kanaler avsedda för ventilation (gäller även rökrör till eldstäder) tätas med tejp eller ballonger. Ofta måste uteluftsventiler (spaltventiler o dyl) tejpas eftersom de är otäta i stängt läge.
- Golvbrunnar tätas (t ex vattenfyllda) liksom övriga avloppsöppningar.
- Kontrollera att eventuella vindsluckor har tätningslister monterade.
- Kontrollera att samtliga fönster och dörrar är stängda.
- m m

Mätförfarande

EN-standarden för mätning av lufttäthet anger att man ska mäta luftflödet vid minst fem trycksteg över byggnaden vid både under- och övertryck (det är dock tillåtet att mäta vid antingen eller) och att ± 50 Pa befinner sig inom mätområdet eftersom lufttätheten anges vid denna tryckskillnad. Var försiktig då högre tryckskillnader (större än 60-70 Pa) påförs byggnadsskalet eftersom man riskerar att skada tätskiktet, speciellt vid invändigt undertryck och om mätningen utförs i ett så tidigt skede att tätskikten inte är inklädda. Det går även att utföra en förenklad provning vid enbart ± 50 Pa (vilket dock innebär en avvikelse från standarden). I samband med täthetsprovningen skall även temperaturer inne och ute, vindhastigheter samt atmosfärstrycket mätas. För att kunna utföra en täthetsprovning med mätnoggrannhet enligt standarden skall vindhastigheten inte överskrida 6 m/s eller 3 på Beaufortskalan. Utförs mätningar vid högre vindhastigheter innebär det att mätosäkerheten kan bli större.

Beräkning av omslutande yta

Ytan som luftläckaget skall fördelas på bör definieras i samband med kravet på lufttäthet. Se krav 10 i bilaga 3. Där finns förslag på ytor som byggherren kan ange (alternativ A-C). Oftast uttrycks kraven på lufttäthet i Sverige som maximalt läckage genom klimatskärm mot utomhus, mot uppvärmda utrymmen och mot mark. Vanligtvis beräknas lufttätheten med den invändiga omslutningsytan som begränsande area, men andra alternativ är möjliga beroende på hur kraven ställs. Med invändig omslutningsyta avses yta som begränsar uppvärmd lägenhet, kontor etc mot det fria dvs ytterväggar och vindsbjälklag, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen. Se även BBR.

Normalt räknas inte lägenhetsskiljande väggar in i omslutningsytan eftersom väggen inte begränsar byggnaden mot det fria. I stora byggnader kan i vissa fall täthetsprovningen vara utförd i enstaka lägenhet/brandcell. Om den lägenhetsskiljande väggens yta tas med i omslutningsytan så ska detta tydligt anges i mätrapporten. Ur energisynpunkt är dock läckaget genom klimatskärmen den väsentligaste ytan.

Redovisning av täthetsprovning

Förutom mätförutsättningar och mätnoggrannhet anges bland annat läckaget i enheten l/m^2s . För en mer heltäckade redovisning bör även den yta som läckaget fördelats på anges tillsammans med det uppmätta läckageflödet.

Läckagesökning

I samband med täthetsprovningen kan läckagesökning utföras, vilket bäst utförs med hjälp av värmekamera. Förutsättningen är då att det finns en viss temperaturskillnad mellan ute och inne. Lokalisering av läckage kan även ske med hjälp av exempelvis luft-hastighetsgivare. Ibland kan spårgas användas för värdering av läckage över lägenhets-skiljande väggar, bjälklag över kryprum etc.

Tidsåtgång

Tidsåtgången för att genomföra en täthetsprovning varierar från objekt till objekt. En mindre och enkel mätning utförs under några timmar, medan stora och mer komplicerade byggnader kan ta någon eller några dagar i anspråk. Oftast genomförs även en läckagesökning i samband med täthetsprovningen och tidsåtgången för detta beror främst av hur omfattande läckagen är och på tätningsarbeten som behöver utföras.

Bilaga 7: Tidig läckagesökning

Följande är hämtat ur [Sikander, Wahlgren 2008].

Syfte med läckagesökningen

Läckagesökningen utförs för att tidigt i byggprocessen hitta och åtgärda brister i byggnadsskalets lufttätethet. Denna instruktion är inte avsedd att ge ett mätvärde på lufttätetheten. För att erhålla ett mätvärde på lufttätethet skall en täthetsprovning utföras som beskrivs i standarden EN13829:2000.

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 läckagen åtgärdas.

Val av testutrymme

Välj utrymme som skall sättas i undertryck för att kontrollera klimatskärmens lufttätethet. Utrymmet kan utgöras av ett helt hus (beroende på storlek och flätkapacitet), en lägenhet eller ett enskilt rum. Det lufttäta skiktet skall vara färdigställt. I väggar och vindsbjälklag är detta vanligtvis plastfolien. Fönster och dörrar i klimatskärmen skall 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.
- ☐ Täta 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



Figur 7 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 skall 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 skall dra in genom glipan. Stäng fönstret/dörren efter kontrollen.



Figur 8 Fläkt och manometer monterade i dörr mot trapphus, tätning kring dörr.

Identifiera läckageställen/förbättringsmöjligheter

Det är ofta problem med lufttätheten 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 lufttätet skall 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 lufttätet.
- ☐ 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.

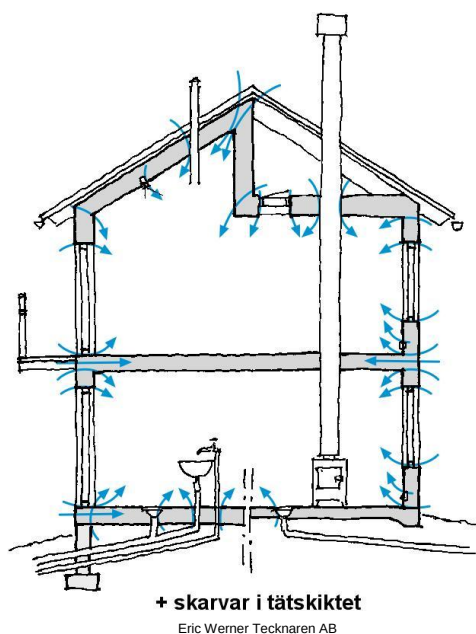
Rökgas

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.



Figur 9 Läckagesökning med värmekamera, lufthastighetsmätare och rökgas.



Figur 10 Vanliga läckagevägar finns vid genomföringar och anslutningar.

Bilaga 8: Förslag på utbildning/information

Power-Point presentationen nås på www.lufttathet.se från januari 2011.

Materialet är riktat till alla byggsektorns aktörer i syfte att ge en grundförståelse för lufttäteten och en inblick i metoden ByggaL. Innehållet omfattar:

1. Varför bygga lufttätt?
2. Exempel på kritiska lösningar och arbetsmoment
3. Hur kan man kontrollera och följa upp lufttäteten?
4. Goda exempel
5. Hur når man lufttäta byggnader? – ByggaL ger tips
6. Vad gäller på denna arbetsplatsen? Byggprojektets egna diskussion
 - Tekniska lösningar
 - Kritiska arbetsmoment
 - Egenkontroller
 - Täthetsmätning och sökning av luftläckage
 - Vem gör vad?

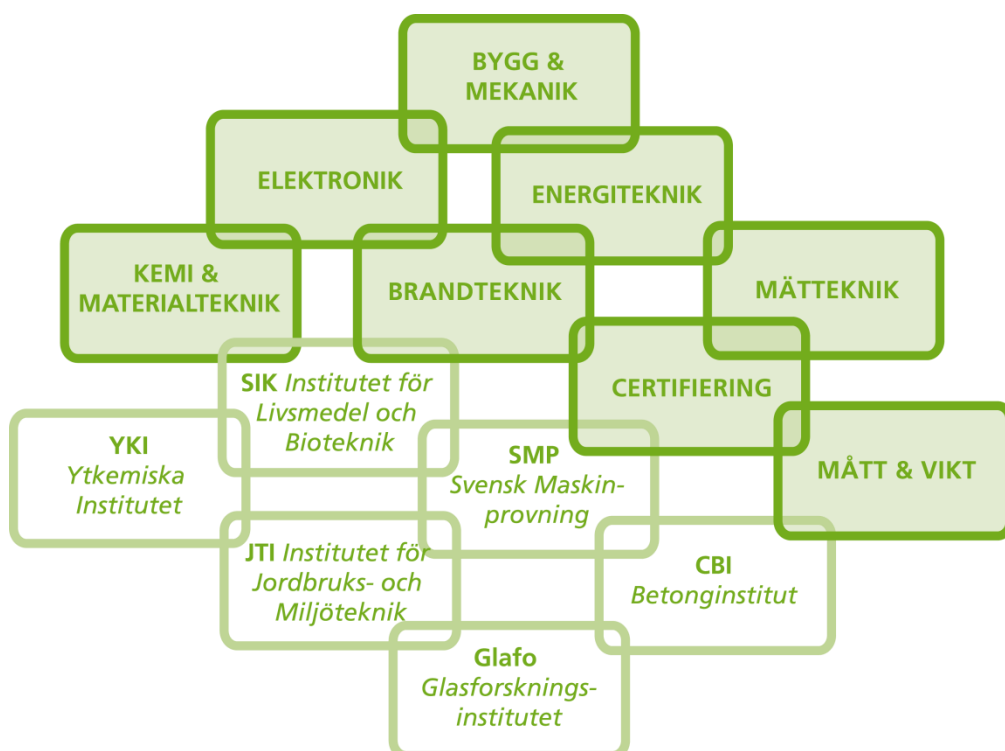
Hela bildspelet tillsammans med diskussioner beräknas ta 1,5 till 2 h. Vissa delar i bildspelet kan anpassas till utbildningssituationen.

Utbildningsmaterial är avsedda för informations och utbildning i byggprojekt. De kan tex användas av byggherren eller dennes representant, av den lufttätetsansvarige i projekterings alternativt produktionsskedet. Utbildningsmaterialet får inte användas i kommersiellt syfte. Källan till materialet skall alltid anges – ByggaL – www.lufttathet.se.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 9000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

Energiteknik

SP Rapport 2010:73

ISBN 978-91-86622-15-2

ISSN 0284-5172