

1960

ALL 1383



RAPPORT

til

NORDTEST

om

PROSJEKT NR 471-84,
FORSLAG NR 84 x 790
GENERELL METODE FOR
TETTHETSPRØVING AV BYGNINGER

**Norges
byggforskning sinstitutt**



**Norges
byggforsknings-
institutt**

Hovedkontor Oslo:
Telefon: (02) 46 98 80
Postadresse:
Postboks 322 Blindern
0314 Oslo 3

Trondheimsavdeling:
Telefon: (07) 59 33 90
Postadresse:
Høgskoleringen 7
7034 Trondheim - NTH

Bergenskontor:
Telefon: (05) 32 25 00
Postadresse:
Strandkaiaen 2
5000 Bergen

NBI Nord-Norge:
Telefon: (082) 41 210
Postadresse:
Postboks 2011, Frydenlund
8501 Narvik

Prosjekt nr.:	Sted/dato:
01127	Trondheim, 8. juli 1985
Prosjektleder/forfatter:	
Sivert Uvsløkk <i>Sivert Uvsløkk</i>	
Oppdragsgiver:	
Nordtest-bygg	
Oppdragsgivers adresse:	
Prästbordsgränden 2, SF-00340 Helsingfors 34	
Oppdragsgivers referanse:	
Lindholm	

RAPPORT

til

NORDTEST

om

PROSJEKT NR 471-84,
FORSLAG NR 84 x 790
GENERELL METODE FOR
TETTHETSPRØVING AV BYGNINGER

Kort sammendrag:

Med utgangspunkt i to prøvemeter og to forslag til prøvemeter for tetthetsprøving av bygninger, er det utarbeidet et forslag til en generell metode som med noen begrensninger anbefales brukt både for blokkleiligheter, rekkehusleiligheter, småhus og større bygninger. Dette vil kreve en viss tilpasning av eventuelle tetthetskrav. Bygningens eget ventilasjonsanlegg kan benyttes forutsatt at en kan oppnå 55 Pa over- og undertrykk. I et tillegg til metoden er det også angitt en forenklet måling når disse kravene ikke kan tilfredsstilles. Resultatene fra en forenklet måling kan imidlertid ikke ansees som fullverdige. I rapporten er det gitt noen kommentarer til forslaget. Prosjektet er gjennomført ved NBIs Trondheimsavdeling i samarbeid med deltakere fra SBI Danmark, VVT Finland og SP Sverige.

Faste emneord:	Feltundersøkelse ☐	Laboratorieundersøkelse ☐	Utredning ☒	Beregning ☐	Skade ☐
Andre emneord:	Byggverkets adresse:			Byggear:	
				Vår ref.: SU/GD	Avd. leders sign. <i>T.I.</i>

Utdragsvis eller forkortet gjengivelse av rapporten er ikke tillatt uten NBI's spesielle godkjenning.

Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder NBI seg rett til å godkjenne oversettelsen og vil foretrekke å få overlatt oversettelsesarbeidet.

BAKGRUNN

Prosjektet kom igang 1984 etter initiativ fra Nordtest, faggruppe bygg.

Bakgrunnen var at det da forelå flere metoder og metodeforslag for tetthetsprøving av bygninger i Norden:

- NT Build 132 (SS 021551) "Bestämning av bygnaders lufttätthet".
- NT Prosjekt 340-82 "Tätthetsprovning av radhus".
- NT Prosjekt 341-82 "Tätthetsmätning i store hus".
- NS 8200 "Bygningers lufttetthet. Prøvningsmetode."
- ARBEIDSRAPPORT VTT, "Provning av lufttätthet med hjelp av bygnadens egna fläktar."

De forskjellige metodene og metodeforslagene avviker fra hverandre dels ved at de er skrevet for spesielle bygningstyper, dels ved hvordan målingene skal gjennomføres og dels ved måten å presentere resultatene på.

Det er imidlertid ønskelig med færrest mulig metoder for lufttetthetsprøving av bygninger og at de standardiserte metoder kan bli helt like i de nordiske land.

Målsettingen for prosjektet har derfor vært:

- å få vurdert muligheten for og eventuelt foreslå en generell metode for tetthetsprøving av bygninger.

GJENNOMFØRING

Prosjektet er gjennomført ved NBI Trondheimsavdelingen med siv.ing. Sivert Uvsløkk som prosjektleder, men med deltagelse også fra Danmark, Finland og Sverige.

Etter at det var utarbeidet et utkast til generell metode basert på NT Build 132 (SS 021551) ble det avholdt et to dagers arbeidsmøte ved NBI Trondheim 16. og 17. april 1985, hvor utkastet ble gjennomgått og omarbeidet en del. På møtet var det enighet om å anbefale det foreliggende forslag som generell metode.

På møtet deltok:

Siv.ing. Peter Olufsen	Avd. for Innerklimateknikk Statens Byggeforskningsinstitut Boks 119, Hørsholm Danmark
Siv.ing. Veijo Siitonen	VVS-tekniska laboratoriet Statens tekniska forskningssentral (VTT) Värmemannsgränden 3 02150 ESBO 15 Finland

Ark SAR Nicke Blomquist Schef, Sektionen för husprovning
Energiteknik, Statens Provningsanstalt
Teknikgatan 9
Box 857, 501 15 BORAS
Sverige

Siv.ing. Sivert Uvsløkk Norges byggforskningsinstitutt
Trondheimsavdelingen
Høgskoleringen 7
7034 Trondheim - NTH
Norge

Ved utarbeidningen av forslaget har vi også hatt tilgang til kommentarer som var innkommet til NT Build (SS 021551) og NS 8200 i forbindelse med tidligere remisser.

Prosjektet har vært støttet med

18.000 FIM fra Nordtest, og
25.000 NKR fra INSTA

I det følgende blir noen av de mulige omstridte punktene i forslaget kommentert.

KOMMENTARER TIL NOEN AV ENDRINGSFORSLAGENE OG TIDLIGERE INNKOMNE INNVENDINGER.

En generell metode tilstrekkelig.

Etter min vurdering er det mulig å lage én metodebeskrivelse som kan anvendes ved tetthetsmåling av alle typer bygninger og boligenheter, med visse begrensninger. Den svenske standarden SS 021551 (NT BUILD 132) og den norske standarden NS 8200, er såvidt like at en felles metodebeskrivelse ikke burde være noe problem.

Større bygninger.

Når det gjelder måling av større bygninger er det ikke nødvendig med en egen metodebeskrivelse. Det foreliggende metodeforslaget (NT prosjekt 341-82), avviker fra SS 021551 når det gjelder måling av trykkforskjell og angivelse av sluttresultatet. Dette kan imidlertid løses ved forholdsvis enkle forandringer i SS 021551. På grunn av naturlige trykkforskjeller fra vind og temperaturforskjeller vil en i praksis ikke kunne gjøre målinger med en bestemt og lik trykkforskjell over alle deler av en bygning. Det en imidlertid gjør er å utsette alle deler for en bestemt og lik økning (reduksjon) av trykkforskjellen. Det er denne økningen som må styres og registreres, ikke de absolutte trykkforskjellene over de enkelte bygingsdelene. For å få til en tilfredsstillende og mest mulig lik praksis er det i forslaget til generell metode angitt at manometeret skal nullstilles når bygningen er gjort klar for måling og vifteåpningen(e) er midlertidig tettet med kontaktplast eller lignende. Det er da likegyldig i hvilken høyde slangen ender utenfor huset, bare den blir liggende mest mulig skjermet for vindkast og på nøyaktig samme sted ved begge målingene. Det vil heller ikke være nødvendig å korrigere noe for at trykkmålingen ikke foregår i husets halve høyde, i en teoretisk "nøytralsone".

For større bygninger skal resultatet i følge metodeforslaget for større bygninger (NT 241-82) angis som lekkasje pr. areal av omsluttende overflate.

Måten å angi resultatet på, må selvfølgelig være i samsvar med utformingen av eventuelle tetthetskrav i byggebestemmelsene. I Norge, som er det eneste land som har innført tetthetskrav også til andre bygninger enn boliger, er kravene utformet på samme måte som for boliger.

I forslaget til generell metode, er det angitt at en i tillegg til å oppgi resultatet som et luftomsetningstall også kan oppgi det som lekkasje pr. areal av omsluttende overflate eller på annen foreskrevet måte.

I større bygninger vil det selvsagt kreves større vifter, men kapasitetskravet kan ha samme formulering, nemlig "Fläkt med kapacitet som möjliggör att en tryckskillnad av 55 Pa skapas mellan insida och utsida".

Rekkehusleiligheter.

For måling av rekkehusleiligheter er det utviklet både omregningsmetoder og prøvemetoder hvor det tas sikte på å motvirke at lekkasjer mellom naboileiligheter blir med i sluttresultatet.

Etter min vurdering bør både rekkehusleiligheter og leiligheter i blokker kunne måles etter samme enkle metodebeskrivelse som for andre bygninger.

Det er hovedsaklig tre grunner for dette:

- Den metoden som er foreslått som NT metode (NT prosjekt 340 82) krever så mye tilleggsutstyr og vil være såvidt arbeidskrevende at den ikke vil være særlig aktuell for vanlige målinger.
- Den erfaring en har fra sammenlignende målinger etter SS 02 15 51 og etter metodeforslaget for rekkehus (SP RAPP 1981:41) tyder på at de to metodene gir tilnærmet samme resultat for de aller fleste typer rekkehus. Et unntak er rekkehus der luft-/dampspærren i yttervegger og tak er trukket kontinuerlig forbi leilighetsskilleveggene.
- Det er flere gode grunner til at det også bør kunne stilles tetthetskrav til vegg- og etasjeskiller mellom naboileiligheter.
 - Når skilleveggen er en dobbelt vegg med luftspalte som står i mere eller mindre direkte kontakt med uteluften, bør det stilles samme krav til tettheten som for en yttervegg.
 - Selv om luftlekkasjer fra en leilighet til en annen ikke medfører noe energitap av betydning under vanlige forhold, kan dette være tilfelle f. eks. når naboileiligheten står tom med en innetemperatur ned mot 0°C.
 - Av hensyn til lydisolasjon er det i praksis også nødvendig med tette naboskillevegger.
 - Å hindre luktspredning fra en leilighet til en annen er også en god grunn til å ha tette naboskillevegger.

Fordelen med å kunne anvende samme enkle utstyr og metodebeskrivelse som for andre bygninger samt de forhold som er nevnt foran tilsier etter mitt skjønn at en burde gå inn for å benytte samme generelle metode også for rekkehusleiligheter og leiligheter i

andre flerbolighus. Dette vil kunne kreve en viss tilpasning av eventuelle krav i de enkelte lands byggebestemmelser.

Prøvning med bygningens egne vifter.

Bygningens egne vifter bør kunne benyttes på lik linje med mobile vifter forutsatt at en oppnår 55 Pa over- og undertrykk og at luftstrømsmålingen gjøres med den nøyaktighet som er angitt i metodebeskrivelsen.

Av grunner som blir omtalt senere bør en fastholde 50 Pa som referansetrykk og at resultatet skal beregnes utfra middelveidien av lekkasjen ved over- og undertrykk.

Målinger ved lavere trykk og eventuelt bare ved undertrykk, som er det eneste mulige med egne vifter i en del bygg, kan imidlertid ha en viss interesse selv om det ikke anerkjennes som en fullgod framgangsmåte. En orientering om dette samt retningslinjer vedrørende ekstrapolering, skjerpede krav til vindhastighet og sansynlig nøyaktighet er gitt i et tillegg til den generelle metodebeskrivelsen (Annex B). Det går der klart fram at denne framgangsmåten avviker fra nordtestmetoden og at det også må komme klart fram i eventuelle prøvningsrapporter.

50 Pa beholdes som referansetrykk.

Ved en tidligere remiss av SS 021550/NT BUILD 132, har det kommet synspunkter mot 50 Pa som referansetrykk for tetthetskrav for bygninger.

Argumenter for lavere referanse trykk:

- I løpet av en fyringssessong vil det vanligvis være forholdsvis lave trykkforskjeller, 0-10 Pa. Ut fra energisparensynspunkt er derfor tettheten ved lavere trykk mere interessant.
- Reduserte krav til viftens kapasitet, økt mulighet for måling med bygningens eget ventilasjonsanlegg.

Argumenter for 50 Pa eller høyere referansetrykk:

- Ved lavere referansetrykk vil vindens innvirkning på måleresultatet øke / tillatt vindhastighet ved måling må reduseres.
- Måleuøyaktigheten vil få større innvirkning på sluttresultatet / nødvendig med strengere krav til måleutstyrets og metodenes nøyaktighet.
- For større bygninger vil et lavere referansetrykk enn 50 Pa ikke være tilrådelig på grunn av større naturlige trykkforskjeller fra temperatur-, vind- og viftekrefter. Det vil igjen innebære to forskjellige referansetrykk, et forsmåhus og et for større bygninger, noe som vil være uheldig.

andre flerbolighus. Dette vil kunne kreve en viss tilpasning av eventuelle krav i de enkelte lands byggebestemmelser.

Prøvning med bygningens egne vifter.

Bygningens egne vifter bør kunne benyttes på lik linje med mobile vifter forutsatt at en oppnår 55 Pa over- og undertrykk og at luftstrømsmålingen gjøres med den nøyaktighet som er angitt i metodebeskrivelsen.

Av grunner som blir omtalt senere bør en fastholde 50 Pa som referansetrykk og at resultatet skal beregnes utfra middelveiden av lekkasjen ved over- og undertrykk.

Målinger ved lavere trykk og eventuelt bare ved undertrykk, som er det eneste mulige med egne vifter i en del bygg, kan imidlertid ha en viss interesse selv om det ikke anerkjennes som en fullgod framgangsmåte. En orientering om dette samt retningslinjer vedrørende ekstrapolering, skjerpede krav til vindhastighet og sansynlig nøyaktighet er gitt i et tillegg til den generelle metodebeskrivelsen (Annex B). Det går der klart fram at denne framgangsmåten avviker fra nordtestmetoden og at det også må komme klart fram i eventuelle prøvningsrapporter.

50 Pa beholdes som referansetrykk.

Ved en tidligere remiss av SS 021550/NT BUILD 132, har det kommet synspunkter mot 50 Pa som referansetrykk for tetthetskrav for bygninger.

Argumenter for lavere referanse trykk:

- I løpet av en fyringssessong vil det vanligvis være forholdsvis lave trykkforskjeller, 0-10 Pa. Ut fra energisparensynspunkt er derfor tettheten ved lavere trykk mere interessant.
- Reduserte krav til viftens kapasitet, økt mulighet for måling med bygningens eget ventilasjonsanlegg.

Argumenter for 50 Pa eller høyere referansetrykk:

- Ved lavere referansetrykk vil vindens innvirkning på måleresultatet øke / tillatt vindhastighet ved måling må reduseres.
- Måleuøyaktigheten vil få større innvirkning på sluttresultatet / nødvendig med strengere krav til måleutstyrets og metodenes nøyaktighet.
- For større bygninger vil et lavere referansetrykk enn 50 Pa ikke være tilrådelig på grunn av større naturlige trykkforskjeller fra temperatur-, vind- og viftekrefter. Det vil igjen innebære to forskjellige referansetrykk, et forsmåhus og et for større bygninger, noe som vil være uheldig.

Etter min vurdering er 50 Pa et brukbart og innarbeidet referansetrykk som bør beholdes. De skjerpede krav når det gjelder måleutstyrets nøyaktighet, tillatt vindhastighet, hushøyde/temperaturforskjell, som vil være nødvendig for å måle ved lavt trykk, er etter min vurdering ikke forenlig med de krav en kan stille til en enkel, sikker og praktisk anvendelig målemetode for kontroll av enkle tetthetskrav.

Måling både ved overtrykk og undertrykk nødvendig

I tidligere remissvar er det også hevdet at det burde være tilstrekkelig å måle kun ved innvendig undertrykk.

Av argumenter for kan nevnes:

- Enklere og billigere måling.
- Muliggjør måling med husets ventilasjonsanlegg også ved mekanisk fraluftanlegg.

Av argumenter mot nevnes:

- Ved å måle både ved overtrykk og undertrykk og ta middelveiden reduserer en sterkt vindens innvirkning på sluttresultatet, noe som muliggjør måling ved forholdsvis høye vindhastigheter.
- To målinger vil gi bedre nøyaktighet enn en.
- To målinger vil også gi en større sikkerhet mot grove feil ved målingen.

Etter min vurdering bør en holde på den innarbeidede praksisen med måling både ved overtrykk og ved undertrykk da det er en klar forutsetning for å kunne måle ved den angitte vindhastigheten.

Tillatt vindhastighet

Iforslaget til generell metode er tillatt vindhastighet satt til 6 m/s, som er noe lavere enn i NT build 132 (SS 02 15 55). Dette er gjort for å sikre en tilfredsstillende nøyaktighet også når utetthetene er forholdsvis ujevnt fordelt på de forskjellige fasadene.

For høye hus vil det ikke være hensiktsmessig å bruke vindhastighet målt 1.5 m over bakken som kriterium.

Vi har derfor foreslått at man for hus over 3 etasjer, istedet måler forskjellen i vindtrykk på lo- og leside direkte.

Den øvre grensen for tillatt trykkforskjell på 40 Pa kan synes høy, men tilsvarer noenlunde den trykkforskjellen en kan forvente mellom lo- og leside av 3. etasje når vindhastigheten 1.5 m over bakken er 6 m/s.

Nøyaktighet.

I stedet for å stille absolutte nøyaktighetskrav til de enkelte delutstyr, er det i forslaget satt et krav til sluttresultatets nøyaktighet. For beregning av nøyaktigheten er det henvist til en svensk engelskspråklig rapport. For enkelthets skyld er det imidlertid også angitt anbefalt nøyakighet for delutstyr som manometer og luftstrømsmåler. Forutsatt at disse anbefalingene blir fulgt sammen med metodens bestemmelser, kan kravet til nøyakighet ansees som oppfylt.

Trondheim, 8.juli 1985

For NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT
TRONDHEIMSAVDELINGEN

Sivert Uvsløkk
Sivert Uvsløkk

VARMEISOLERING - BESTAMNING AV BYGNADERS LUFTTÆTHET

Innehåll

- 1 Omfattning och tillämpning
 - 2 Referenser
 - 3 Princip
 - 4 Utrustning
 - 5 Förberedelser
 - 6 Proving
 - 7 Resultat
 - 8 Noggrannhet
 - 9 Rapport
- Bilaga A - Korrektion av luftflöden
Bilaga B - Forenklat mätning

I händelse av tolkningstvister gäller den engelska versionen.

1 Omfattning och tillämpning

Denna method gäller bestämning av graden av luftläckning genom byggnaders omslutande delar orsakad av vissa tryckskillnader.

Metoden är avsedd för att mäta totala läckaget genom de konstruktioner eller det hölje som omsluter en bestämd volym.

Om någon omslutande konstruktionsdel inte skall ingå i mätningen, måste denna vara lufttät eller ha lika tryck på båda sidor.

2. Referenser

- (1) Kronwall J. Airtightness - measurements and measurement methods. D8:1980. Swedish Council for Building Research, Stockholm.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 7853
S-103 99 Stockholm, Sweden
Art. nr. 6702008

3 Princip

En fläkt användes för att tillföra luft till eller suga ut luft ur byggnaden så att angivna tryckskillnader erhålls över byggnadens omslutande delar. Luftflöden och tryckskillnader mäts.

THERMAL INSULATION - DETERMINATION OF AIRTIGHTNESS OF BUILDINGS

Contents

- 1 Scope and field of application
 - 2 References
 - 3 Principle
 - 4 Apparatus
 - 5 Preparations
 - 6 Procedure
 - 7 Expression of results
 - 8 Accuracy
 - 9 Test report
- Annex A - Air flow corrections
Annex B - Simplified measurement

In case of any interpretation disputes the English version applies.

1 Scope and field application

This method covers the determination of the rate of air leakage through a building's exterior envelope resulting from specified air differences.

The method is applicable to measure the total airleakage through the constructions or envelope surrounding a specific measuring volume.

If any parts of the envelope are not to be included in the measurement these parts must be airtight or there must be equal pressure on both sides during the test.

2 References

- (1) Kronwall J. Airtightness - measurements and measurement methods. D8:1980. Swedish Council for Building Research, Stockholm.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 7853
S-103 99 Stockholm, Sweden
Art. nr. 6702008

3 Principle

A fan is used to supply air to or exhaust air from the building at rates required to maintain specified pressure differences across the building envelope. The air flows and the pressure differences are measured.

Öppningar i ventiasjonskanaler skall tätas från in- eller utsidan.

De delar av rørsystemet som har förbindelse med fri luft måste tätas, t ex måste vattenlås fyllas med vatten.

När de nationella byggnadsbestämmelserna inte anger något annat, skall alla utrymmen avsedda att värmas upp till mer än $+10^{\circ}\text{C}$ skall medtas vid provningen. Dock undantas utrymmen som har separat ventilation, t ex pannrum och garage. Dörrar till sådana utrymmen hålls stängda under provningen, medan dörrar inom den provade volymen hålls öppna.

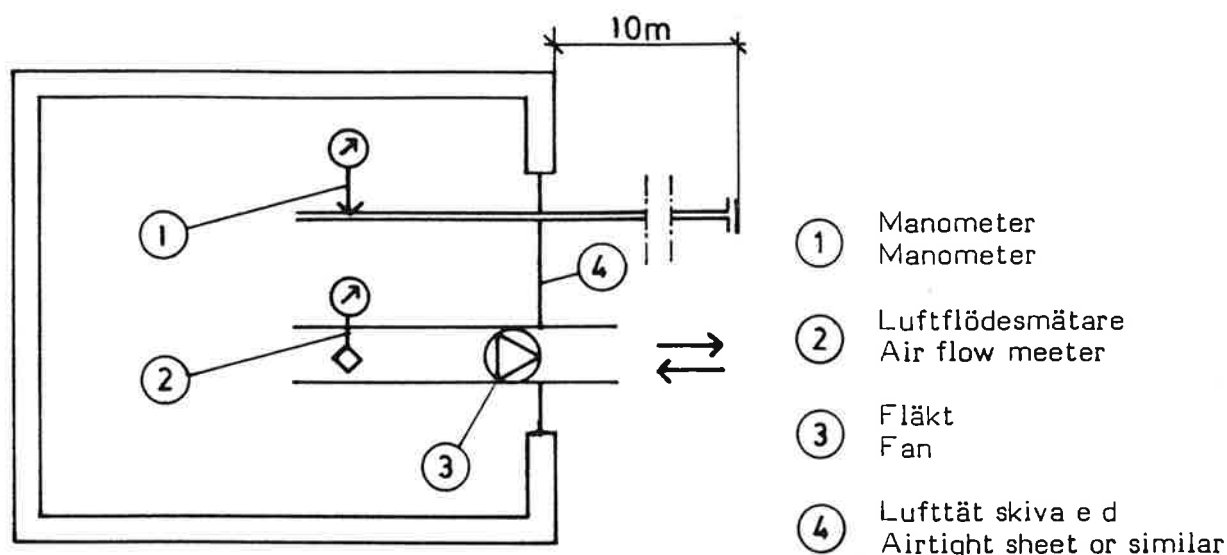
Figur 1 visar den princip enligt vilken utrustningen anordnas under provningen.

Openings in ventilations ducts e.g. vents must be tightened from the inside or the outside.

Parts of the plumbing installation which are connected to open air must be sealed, e.g. waterlocks must be filled with water.

If the national building codes dont state anything else, all rooms which are intended to be heated to more than $+10^{\circ}\text{C}$ shall be included in the test. However, rooms with a separate ventilation, e.g. boiler rooms and garages, are disregarded. Doors to such rooms are kept closed during the test whilst doors in the tested volume are kept open.

Figure 1 shows the general arrangement of the equipment during the test.



Figur 1. Prinsipiell uppställning vid provning med mobil utrustning.

Figure 1. The general arrangement during test with mobile equipment.

När provningen utförs med en mobil utrustning kan den monteras i en fönster-eller dörröppning.

Mätröret/fläkten ansluts till en tät skiva e d som är satt fast i karmen och noga tätad.

För att mäta tryckskillnaden mellan ute och inne, förs en smal slang från manometern genom skivan e d och till omkring 10 m från huset där den avslutas med et T-rör.

Före mätningen tätas fläkten medan manometer justeras så att den visar 0 i tryckskillnad mellan ute och inne när byggnaden är klar för provning.

If a mobile equipment is used, it may be installed in a window- or a door opening.

The air flow meter/fan are connected to an airtight sheet or similar which is fixed to the frame and carefully tightened.

To measure the pressure difference between inside and outside a thin tube connected to a manometer may continue through the sheet and to about 10 m from the house where it ends with a T-pipe.

Before the test is carried out the fan is temporarily tightened and the manometer is adjusted to show a pressure difference of 0 between inside and outside while the house is prepared for the test.

4 Utrustning

Fläckt med en kapacitet som möjliggör att en tryckskillnad av 55 Pa skapas mellan ut- och innsidan på aktuell volym.

Fläckten skall ha en steglös varvtalsinställning eller ha styrventil i serie med fläckten.

Luftflödesmätarsystem med rekommenderad noggrannhet inom $\pm 6\%$.

Fläckstens reglerområde och flödesmätarsystemets mätområde skall vara anpassade till mätning av tryckskillnader fra 10 till 55 Pa mellan ut- och innsidan på aktuell volym.

Tryckmätare (t ex mikromanometer) för att mäta tryckskillnader mellan 0 och ± 55 Pa med en rekommenderad noggrannhet inom ± 3 Pa

En mobil fläckt och flödesmätare skall lätt kunna vändas så att flödesriktningen ändras.

Om 55 Pa positiv och negativ tryckskillnad inte kan skapas, till exempel vid bruk av byggnadens egna fläckter, kan en förenklat mätning göras enligt bilaga B. Resultaten kan dock inte anseas som fullverdigt.

5 Förberedelser

Utomhus- och inomhustemperaturer samt vindhastighet mäts. Prövningen bör ej genomföras om medelvindhastigheten på lovartsidan är över 6 m/s inom ett avstånd av 10 m från byggnaden.

Vid hus med 3 våningar eller mindre, mäts vindhastigheten 1,5 över mark.

Vid högre hus skall istället skillnaden i vindtryck mellan lä- och lovartssida mätas inntil fasaderna på var tredje våningsplan der överste våningsplan ingår.

Skillnaden i vindtryck mellan lä och lovartsida bör inte övergå 40 Pa.

Under provningen hålls alla öppningar i de omslutande delarna stängda.

4 Apparatus

Fan with a capacity capable of producing a pressure difference of 55 Pa between inside and outside of actual volume. The fan shall have a continuously variable speed control or a control valve in series with the fan.

Air flow metering system with a recommended accuracy of $\pm 6\%$.

The regulating range of the fan and the measurement range of the airflow metering system must be adjusted for measurement at 10 to 55 Pa pressure difference between inside and outside of actual volume.

Pressure-measuring apparatus (e.g. micro-manometer) for measuring pressure differences between 0 and ± 55 Pa with a recommended accuracy of ± 3 Pa.

A mobile fan and flow measurement device should be easy to turn around and thus change the flow direction.

If it is not possible to produce positive and negative pressure differences of 55 Pa, e.g. when the buildings own fans are used, a simplified measurement may be carried out according to annex B. The results however can not be considered as completely satisfactory.

5 Preparations

Outdoor and indoor temperatures and wind speed are measured. The test should not be carried out if the average windspeed on the windward side is higher than 6 m/s within a distance of 10 m from the house.

For houses with 3 floors or less the wind speed are measured 1.5 m above the ground.

For higher houses the difference between the pressures on the windward- and the lee side are measured instead of the windspeed. Measurements are to be carried out at every third floor including the top floor.

The pressure difference should not exceed 40 Pa.

During the test all openings in the envelope are kept closed.

6 Provning

Luftflödet regleras så att manometern visar önskat tryckskillnad mellan innsidan och utsidan.

När provningsförhållandena har stabiliserats mäts luftflödet och tryckskillnaden vid till exempel följande positiva och negativa tryckskillnader: 20, 30, 40, 45, 50 och 55 Pa.

7 Resultat

Vid skillnad mellan in- och utetemperatur måste det avlästa luft-flödesvärdet korrigeras enligt bilaga A.

Provningsresultaten redovisa i tabell och diagram med tryckskillnad och luftflöde/luftomsättning på axlarna. Se figur 2. Kurvorna för positiv resp negativ tryckskillnad dras.

6 Procedure

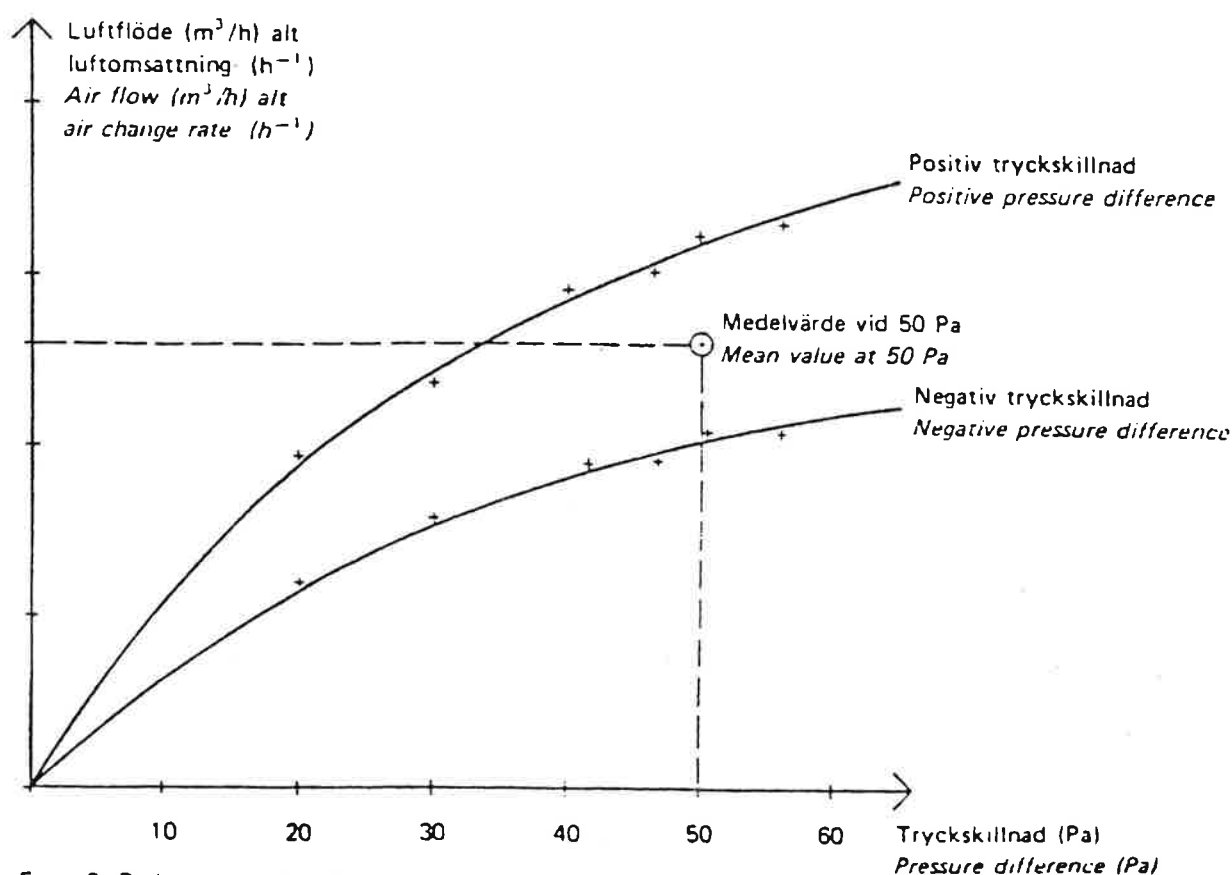
The airflow is adjusted so that the manometer show a wanted pressure difference between the inside and the outside.

When the test conditions are stabilized, the air flow and the pressure difference are recorded at a number of pressure differences, positive and negative, for instance at about 20, 30, 40, 45, 50 and 55 Pa.

7 Expression of results

The airflows are corrected for the difference between indoor and outdoor temperatures according to annex A.

The test results are presented in a table and in a diagram with pressure difference and air flow/air change on the axes. See figure 2. The curves are drawn for positive and negative pressure differences.



Figur 2. Redovisning av provningsresultat
Figure 2. Presentation of test results

Luftflödet q_v anges i m^3/h . Luftomsättningen i h^{-1} beräknas som

$$n = \frac{q_v}{V}$$

där V = byggnadens totala mätvolym uttryckt i m^3 .

Vid beräkningen av V används innermått med avdrag för mellanbjälklag. Inget avdrag görs för innerväggar, skåp, garderober eller möbler.

Inget tillägg görs för normal takkupa eller öppningar i bjälklag för trappa.

Byggnadens otäthet skall anges som medelvärde av luftomsättningen vid ± 50 Pa tryckskillnad. Medelvärdet kan bestämmas utifrån de 6 mätverdena vid 45, 50 och 55 Pa negativ och positiv tryckskillnad eller enligt kurvorna.

Byggnadens otäthet kan dessutom anges på annat sätt, till exempel som läck-luftflöde per ytenhet vid ± 50 Pa tryckskillnad, ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

$$\frac{q_v}{A}$$

där A är arean av mätvolumens totala omslutande yta i m^2 .

Kompletterande information om husets otäthet kan ges i en presentation av mätkurvorna i log/log diagram.

8 Noggrannhet

Största tillåtna onoggrannhet i slutresultatet är $\pm 10\%$.

Kravet kan anses uppfyllt om luftflödesmätarsystemet och tryckmätarna har noggrannhet som rekommenderad i pkt 4, och de övriga kraven i metodbeskrivningen är uppfyllda.

Onoggrannheten kan beräknas enligt ref. 1.

The air flow q_v is expressed in m^3/h . The air change rate in h^{-1} is calculated as

$$n = \frac{q_v}{V}$$

where V is the total measuring volume of the building expressed in m^3 .

When calculating V , inside dimensions with reductions for intermediate floor structures are used. No reductions are made for internal walls, cupboards, wardrobes or furniture.

No additions are made for a normal dormer window or openings in the floor structure for a staircase.

As a measure of leakiness of the building the mean value of the air change rate at ± 50 Pa pressure difference is used. The mean value may be calculated from the 6 measured values at 45, 50 and 55 Pa negative and positive pressure difference, or taken from the curves.

In addition the leakiness may be expressed as air flow per unit of envelope area at ± 50 Pa pressure difference, ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

$$\frac{q_v}{A}$$

where A is the envelope area of the measuring volume of the building.

More information about the leakiness of the building may be obtained by presenting the results in a log/log diagram.

8 Accuracy

The accuracy of the final result are to be within $\pm 10\%$.

The requirement may be considered as fulfilled if the accuracy of the air flow-metering system and the pressure-metering apparatus are as recommended in subsection 4, and the other requirements in the method description are satisfied.

The accuracy may be estimated according to ref. 1.

9 Rapport

Provningsrapporten skall bl a innehålla följande upplysningar

- provningens och rapportens datum
- eventuelle avvikelser från kraven i denne metodbeskrivningen
- provningsbetingelser: inne- och ute-temperatur, vindhastighet och -riktning.
- ritningar eller skisser över byggnaden som visar vertikalsnitt och planer
- byggnadens totala mätvolym
- eventuella delar (rum) som inte har ingått i mätvolymen
- uppmätta luftflöden (m^3/h) och tryckskillnader (Pa) för positiva och negativa tryckskillnader
- diagram som visar luftläckning (uttryckt i luftflöde, m^3/h , och luftomsättning, h^{-1}) mot tryckskillnad vid positiva och negativa tryckskillnader
- medelvärde av luftläckning (uttryckt i luftomsättningar per timme) vid 50 Pa positiv och negativ tryckskillnad
- utrustningstyp
- kalibreringsdatum
- mätnoggrannhet
- underskrift

9 Test report

The test report should include the following information

- date of test and date of report
- any deviations from the requirement in this method description
- test conditions: indoor and outdoor temperature, wind speed and direction
- drawings or sketches of the building showing vertical section and plans
- the total measuring volume of the building
- any parts (rooms) which have not been included in the measuring volume
- measured air flows (m^3/h) and pressure differences (Pa) for positive as well as negative differences
- diagram showing air leakage (expressed in air flow, m^3/h , and air change rate h^{-1}) versus pressure difference at positive and negative pressure differences
- mean value of air leakage (expressed in air changes per hour) at 50 Pa positive and negative pressure differences
- type of equipment
- calibration date
- measurement accuracy
- signature

Bilaga A

Korrektion av luftflöden

Det avlästa luftflödevärdet q avläst, måste korrigeras om temperaturen, t_m , på luften som passerar flödesmätaren avviker från temperaturen på luften som läcker genom byggnadens utättheter.

Vidare måste det avlästa värdet, $q_{avläst}$, korrigeras om t_m avviker från den temperatur vid vilken mätinstrumentet blivit kalibrerat.

A1 Invändig övertryck

$$q_{läckage} = q_{avläst} \cdot \sqrt{\frac{t_m+273}{t_k+273}} \cdot \left(\frac{t_i+273}{t_m+273}\right)$$

A2 Invändig undertryck

$$q_{läckage} = q_{avläst} \cdot \sqrt{\frac{t_m+273}{t_k+273}} \cdot \left(\frac{t_u+273}{t_m+273}\right)$$

q läckage = korrigerat luftflöde m^3/h

q avläst = avläst luftflöde, m^3/h

t_m = temperatur på luften som strömmar genom mätutrustningen, $^{\circ}C$

t_i = innetemperatur, $^{\circ}C$

t_u = utetemperatur, $^{\circ}C$

t_k = kalibreringstemperatur för mätutrustningen, (vanligvis $20^{\circ}C$), $^{\circ}C$

Uttrycket $\sqrt{\frac{t_m+273}{t_k+273}}$

gäller för massflödens mätare, t ex strypflens eller pitotrør.

Korrektion för varierande totalt lufttryck är normalt inte nödvändig.

Annex A

Air flow corrections

The read airflow values, q_{read} , have to be corrected if the temperature, t_m , of the air passing through the measuring device is different from the temperature of the air leaking through the building envelope.

Further more the read values, q_{read} , have to be corrected if t_m is different from the temperature, t_k , at which the measuring device has been calibrated.

A1 Indoor positive pressure

$$q_{leak} = q_{read} \cdot \sqrt{\frac{t_m+273}{t_k+273}} \cdot \left(\frac{t_i+273}{t_m+273}\right)$$

A2 Indoor negative pressure

$$q_{leak} = q_{read} \cdot \sqrt{\frac{t_m+273}{t_k+273}} \cdot \left(\frac{t_u+273}{t_m+273}\right)$$

q_{leak} = corrected air flow, m^3/h

q_{read} = read air flow, m^3/h

t_m = temperature of the air flowing through the measuring device, $^{\circ}C$

t_i = indoor air temperature, $^{\circ}C$

t_u = outdoor air temperature, $^{\circ}C$

t_k = temperature at which the measuring device has been calibrated, $^{\circ}C$

The expression, $\sqrt{\frac{t_m+273}{t_k+273}}$

is to be used if the air flows are measured by a mass flow meter, e.g. orifice plate or pitot tube.

Correction for varying total air pressure is normally not necessary.

Bilaga B

Förenklat mätning

Vid mätning med hjälp av byggnadens egna fläckter kan det vara svårt att skapa ± 55 Pa tryckskillnad mellan inne och ute. Vid t ex frånluftssystem (F) är det även inte möjligt att mäta med övertryck inne.

En förenklat mätning kan dock göras om det är gjord en överenskommelse om det.

Av provningsrapporten måste det gå klart fram vilka avvikelser som är gjord från kraven i denna metodbeskrivningen, och att slutresultatet därför kan ha något större onoggrannhet.

Vid mätning med bara undertryck eller övertryck, vill mätresultatet vara mycket känsligt för vindstörning. För att uppnå god mätnoggrannhet krävs det därför att mätningen utförs vid tillräckligt vindstilla.

Resultat

Et orienterande värde vid 50 Pa tryckskillnad kan beräknas ved extrapolering. Det kräver att man har mätvärden från åt minstone två tryckskillnader.

Extrapoleringen kan till exempel göras om man antar att tryck/flödeskurvan följer ekvationen

$$(B1) \quad q = \alpha \cdot \Delta p^\beta$$

där q = luftflöde (m^3/h)

α = konstant

Δp = tryckskillnad mellan inne och ute (Pa)

β = exponent med värde mellan 0.5 och 1.0. Den kan antas vara konstant.

Extrapoleringen kan göras grafiskt vid hjälp av ett log/log diagram. Ekvation (B 1) vill där ge en rätlinjig kurva.

Annex B

Simplified measurement

When the buildings own fans are used, it may be difficult to produce pressure differences of 55 Pa between inside and outside. By exhaust ventilation systems, e.g., it is even impossible to make measurements at positive indoor pressure.

A simplified measurement may be done if there has been made such an agreement in advance.

The test report must clearly express all deviations from the requirements in this method description and stress that the deviations will cause a poorer accuracy of the final result.

When measurements are carried out only with positive or negative indoor pressure, the final result may be very influenced by wind. To achieve good accuracy, measurements therefore must be carried out at very low wind speed.

Results

An approximate result at 50 Pa pressure difference can be estimated by extrapolation.

Air flow values at at least two pressure differences will be necessary.

An extrapolation may be done assuming the pressure/flow curve to follow the equation

$$(B1) \quad q = \alpha \cdot \Delta p^\beta$$

where q = airflow (m^3/h)

α = constant

Δp = pressure difference between inside and outside (Pa)

β = exponent, value within 0.5 -1.0. It may be assumed as constant.

The extrapolation may be done using a log/log diagram where the equation (B1) will give a straight line.

Extrapoleringen kan även göras vid hjälp av equation (B1) där konstantarna α och β bestäms utifrån två värdepar, q_1 p_1 och q_2 p_2 av följande equationer:

$$(B\ 2) \quad \beta = \frac{\log q_2 - \log q_1}{\log p_2 - \log p_1}$$

$$(B\ 3) \quad \alpha = \frac{q_2}{p_2^\beta}$$

The extrapolation can also be done by use of equation (B1) where the constant α and β are estimated from two set of values, q_1 p_1 and q_2 p_2 using the following equations:

$$(B\ 2) \quad \beta = \frac{\log q_2 - \log q_1}{\log p_2 - \log p_1}$$

$$(B\ 3) \quad \alpha = \frac{q_2}{p_2^\beta}$$