



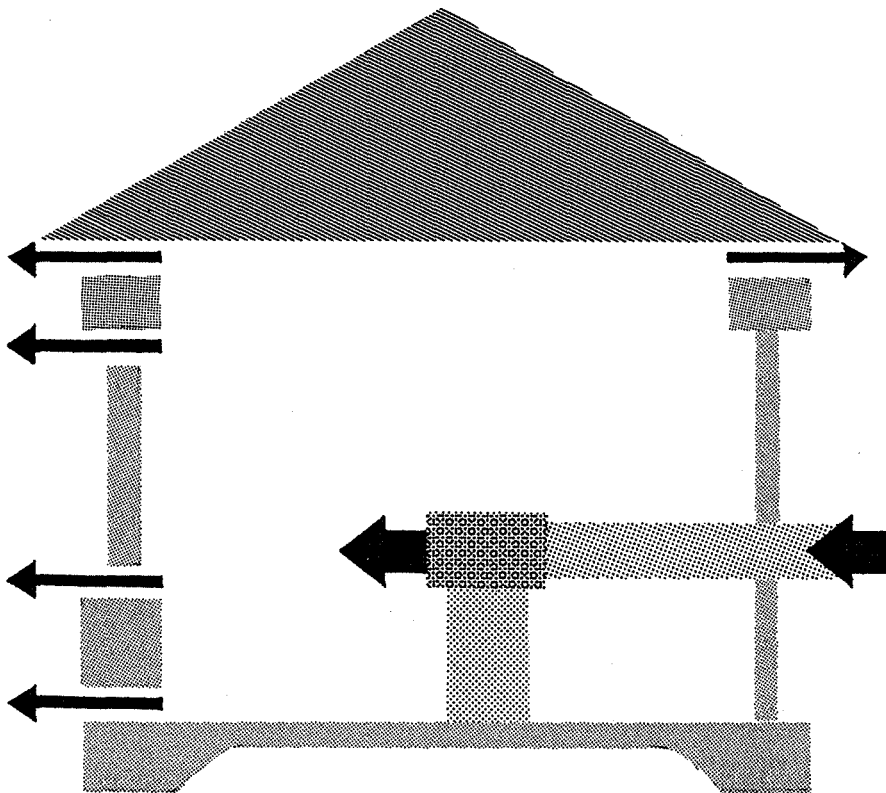
Norges
byggforskings-
institutt 1980

arbeidsrapport

Jørn T. Brunsell
Sivert Uvsløkk

Boligers lufttetthet

Resultater fra lufttetthetsmålinger
av nyere norske boliger



Jorn T. Brunsell
Sivert Uvsløkk

Boligers lufttetthet

Resultater fra lufttetthetsmålinger
av nyere norske boliger

UDK 697.135
ISBN 82-536-0125-5
Trykkeri: Reprografisk Industri A/S
Opplag: 1200
© Norges byggforskningsinstitut

INNHOOLD

	side
Forord.....	5
Sammendrag.....	5
Definisjoner.....	6
1. Innledning.....	6
2. Utvelging av boliger for undersøkelsen	7
3. Metoder.....	8
- Trykkmetoden.....	8
- Termografering.....	9
- Intervju.....	10
4. Måleresultater.....	11
Resultater fra lufttetthetsmålingene...	11
Diagram 1 Eneboliger, alle som har vært med i undersøkelsen....	12
" 2 Blokkleiligheter, alle som har vært med i undersøkelsen	12
" 3 Eneboliger i Fredrikstad-distriktet.....	13
" 4 Eneboliger i Lørenskog.....	13
" 5 Eneboliger i Haugesund-distriktet.....	13
" 6 Eneboliger i Kr.sund N.....	13
" 7 Eneboliger med en etasje....	14
" 8 Eneboliger med en etasje og sokkel.....	14
" 9 Eneboliger med flere enn en etasje og sokkel.....	14
" 10 Eneboliger med pipe og ovn..	15
" 11 Eneboliger med pipe og peis	15
" 12 Eneboliger som var helt ferdige m.h.t. tetting.....	15
" 13 Eneboliger som ikke var ferdige m.h.t. tetting.....	15
" 14 Blokkleiligheter i Oslo.....	16
" 15 Blokkleiligheter i Kr.sund N	16
Resultater fra termograferingen.....	16
Tabell 4.1 Utettheter i frittliggende eneboliger.....	17
" 4.2 Utettheter i blokkleiligheter.....	17
5. Kommentarer til måleresultatene.....	18

FORORD

I denne rapporten presenteres resultatene fra den første større lufttetthetsundersøkelsen av norske boliger. Undersøkelsen er en del av forskningsprosjektet Energisparing - bygningsmessige tiltak.

Prosjektet er i hovedsak finansiert med midler fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd. Norges byggforskningsinstitutt, Norsk Treteknisk Institutt og Østlandskonsult A/S har også bidratt noe med egne midler.

Målingene er utført i samarbeid med Østlandskonsult A/S.

Oslo, juli 1980

Innvald

SAMMENDRAG

Luftlekkasjer i et hus kan medføre høyt energiforbruk, sjenerende trekk og skadelig oppfuktning av bygningskonstruksjonene. For å få bedre kjennskap til hvor tette norske boliger bygges i dag er det gjennomført en feltundersøkelse av 61 frittliggende eneboliger og 34 blokkleiligheter, tilfeldig utplukket og beliggende på forskjellige steder i landet. De er målt med den såkalte trykkmetoden. I 14 av eneboligene og i 6 av leilighetene ble også utetthetene lokalisert med termograferingsutstyr. I forbindelse med målingene ble beboerne intervjuet om trekkproblemer etc. De viktigste resultatene fra undersøkelsen blir presentert i denne rapporten.

Gjennomsnittlig lekkasjetall, n_{50} , var for eneboligene 4,7 luftomsetninger pr. time og for leilighetene 1,3. Lekkasjetallene for boliger beliggende i værharde strøk var i gjennomsnitt de samme som for boliger i ikke værharde strøk. Boliger med flere enn en etasje + sokkel var betydelig mer utette enn boliger med bare en etasje + sokkel. Boliger med peis var noe mer utette enn dem med bare ovn. Det ble ikke funnet noen klar sammenheng mellom lekkasjetall og misnøye pga. trekk.

Termograferingen viste at de samme utetthetene stort sett gikk igjen fra hus til hus, nemlig i overgangene mellom de enkelte bygningsdelene som f.eks. vindu/vegg, tak/vegg osv. I blokkleilighetene var som ventet de største og fleste utetthetene i overgangene mellom betong og de lette utfyllingsveggene.

Til slutt i rapporten er det knyttet en del kommentarer til resultatene.

DEFINISJONER

Nedenfor er det angitt en del begreper og den betydning de er tillagt i denne rapporten.

Klimaskjerm	- de konstruksjoner i en bygning som skiller mellom inne- og uteklima
Luftomsetning (oms/time)	- tilført luftmengde pr. tidsenhet til et rom dividert på rommets volum
Lekkasjetall, n_{50}	- midlere antall luftomsetninger målt ved 50 Pa innvendig undertrykk og overtrykk
Luftlekkasje	- utilsiktet luftstrøm gjennom klimaskjermen eller deler av denne
Lufttetthet	- evnen en konstruksjon har til å hindre gjennomgående luftlekkasjer
Vindtetthet	- evnen en konstruksjon har til å hindre at det trenger luft inn i konstruksjonen pga. vind
Trekk	- luftstrøm som oppleves som kald og sjenerende
Pascal (Pa)	- mål for trykk, 1 Pa = $1 \text{ N/m}^2 \approx 0,1 \text{ mm Vs}$

1. INNLEDNING

Tradisjonelt har energiforbruket til oppvarming i første rekke vært knyttet til isolasjonstykkelser. Etterhvert som husene isoleres bedre, vil luftlekkasjenes relative betydning for energiforbruket øke. Luftlekkasjer kan også medføre sjenerende trekk og skadelig oppfuktning av konstruksjonene. I et forskningsprosjekt ved NBI om bygningsmessige tiltak i forbindelse med energiøkonomisering blir bl.a. disse problemene tatt opp.

For å få bedre kjennskap til hvor tette vanlige norske boliger bygges i dag, har NBI utført en serie målinger av tilfeldig utplukkede hus forskjellige steder i landet. Målingene er utført etter den såkalte trykkmetoden. I tillegg er en del av boligene termografert for å lokalisere utetthetene. Hensikten med målingene har først og fremst vært å skaffe grunnlagsdata for å kunne beregne størrelsen av energitapet pga. luftlekkasjer og vurdere behovet for fremtidige bygningsmessige tiltak vedrørende energiøkonomisering.

Foreløpige beregninger viser at energitapet pga. luftlekkasjer er sterkt avhengig av vind- og temperaturforholdene på stedet. For en vanlig norsk enebolig vil en reduksjon av lekkasjetallet n_{50} (se definisjon) fra 6,0 til 3,0 føre til en årlig reduksjon i energiforbruket på anslagsvis mellom 1 500 og 10 000 kWh, avhengig av beliggenheten i landet. Tetthetens betydning for energiforbruket i bygninger vil bli mer utførlig behandlet i en senere rapport.

I et forsøk på å finne en eventuell sammenheng mellom trekkproblemer og lekkasjetall ble beboerne intervjuet.

2. UTVELGING AV BOLIGER FOR UNDERSØKELSEN

Antall målte boliger er først og fremst begrenset av den målekapasitet og kostnadsramme som har vært til disposisjon. For å få målt et rimelig stort antall boliger av omtrent samme type er bare frittliggende eneboliger og blokkleiligheter valgt som måleobjekter. Målingene er konsentrert om fire distrikter, nemlig Kristiansund N og Haugesundsdistriktet som representerer kyststrøkene med mye vind samt Oslo, Lørenskog og Fredrikstaddistriktet som representerer de mindre utsatte strøk av landet. De valgte måleobjektene kan ikke betraktes som et statistisk representativt utvalg av nyere norske boliger. De målte boligene anses imidlertid som typiske for to av de mest vanlige norske boligformene med hensyn til konstruksjonen.

De enkelte boliger ble plukket ut helt tilfeldig i en del kommuner i de aktuelle distriktene. Dette ble gjort delvis av kommunen selv, delvis i samarbeid med NBI. To av betingelsene ved utvelging av boliger var at disse skulle være mellom 1 og 5 år gamle og av vanlig konstruksjon. Så langt det har latt seg kontrollere, er det bare i en kommune at utvalget ikke kan sies å være helt tilfeldig. Her plukket kommunen bevist ut eneboliger slik at flest mulig byggefirmaer ble representert. Det antas dog at dette ikke har påvirket det midlere måleresultatet for distriktet noe vesentlig.

De frittliggende eneboligene er hovedsaklig typehus av "husbankstørrelse", og alle er bygd på stedet som tradisjonelle trehus av bindingsverk. Eneboligene ligger stort sett spredt utover i de enkelte kommuner. Boligblokkene hadde leilighetskillere av plasstøpt betong og fasadevegger av bindingsverk. De målte blokkleilighetene ligger forholdsvis samlet i få bo-områder.

Hensikten med målinger både i typisk værharde strøk og i mindre utsatte strøk har i første rekke vært å forsøke å registrere eventuelle forskjeller i utførelse av boligene når det gjelder lufttetthet. Dette ble gjort ut fra antagelsen om at det i strøk med mye vind tradisjonelt blir lagt mer vekt på å gjøre hus tette. Det hadde av denne grunn også vært ønskelig med målinger i Nord-Norge, noe som av praktiske årsaker ikke lot seg gjøre i denne omgang.

Antall, type og beliggenhet av de målte boliger er vist i tabell 2.1.

Tabell 2.1

Oversikt over typer, antall og beliggenhet av de undersøkte boligene

Kommune	Antall undersøkte boliger	
	Frittliggende eneboliger	Blokkleiligheter
Haugesund	8	
Karmøy (Haugesund omr.)	3	
Tysvær (" ")	6	
Kristiansund N	14	19
Fredrikstad	2	
Borge (Fredrikstad omr.)	3	
Rolvøy (Fredrikstad omr.)	3	
Kråkerøy (" ")	3	
Onsøy (" ")	4	
Oslo		15
Lørenskog (Oslo omr.)	15	

3. METODER

Lufttetthetsmålingene er utført etter den såkalte trykkmetoden.

Ved denne metoden måles den samlede luftlekkasjen gjennom boligens golv, vegger og tak som følge av en påtvungen trykkforskjell mellom inne og ute. Denne trykkforskjellen er så stor at luftlekkasjer pga. temperatur og vind opp til en viss hastighet ikke får noen betydning for det endelige resultatet. Metoden gir derfor et reproduserbart mål på boligens lufttetthet når det gjelder lekkasjer gjennom klimaskjermen.

Trykkmetoden må ikke forveksles med sporgassmetoden. Sistnevnte metode brukes for å måle ventilasjonsgraden i en bolig som følge av naturlige trykkforskjeller pga. rådende vind og temperaturforhold.

Foruten å føle oss fram til luftlekkasjer med hånden, brukte vi også termograferingsutstyr og hetetrådsanemometer for lokalisering av slike lekkasjer. Metoden er nærmere beskrevet nedenfor.

Trykkmetoden

Målingene ble utført slik det er beskrevet i et forslag til Nordtestmetode "75-77 Method of test for air tightness of buildings", med ett unntak, se nedenfor.

Ved hjelp av en regulerbar vifte som plasseres i en ytterdør blåses det luft inn i eller ut av huset slik at det oppstår bestemte trykkforskjeller mellom ute og inne.

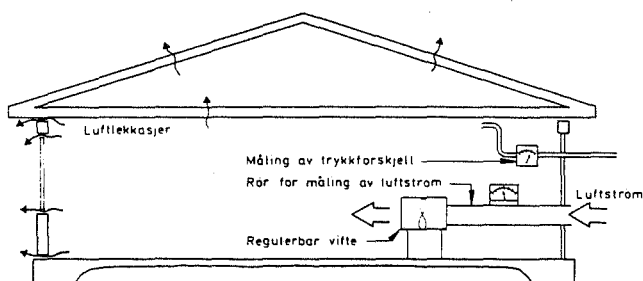


Fig. 3.1

Prinsipp for tetthetsmåling med trykkmetoden
Viften snus for måling med innvendig undertrykk.

Luftstrømmen gjennom vifta som er lik luftlekkasjen gjennom husets utettheter, måles ved følgende trykkforskjeller: 10, 20, 30, 40, 45, 50 og 55 Pa. Det måles både ved innvendig undertrykk og ved innvendig overtrykk. Lekkasjetallet n_{50} som er et mål på husets tetthet, framkommer ved at den gjennomsnittlige luftmengden målt ved 50 Pa divideres med boligens volum. n_{50} blir altså antall luftvekslinger pr. time målt ved 50 Pa. Et høyt lekkasjetall indikerer et utett hus. Andre måter å sammenligne ulike hus på blir tatt opp i kapittel 4.

NBIs utstyr består av en tyristorregulert aksialvifte, målerør med målekors, to mikro-manometre og en x-y skriver, se fig. 3.2.

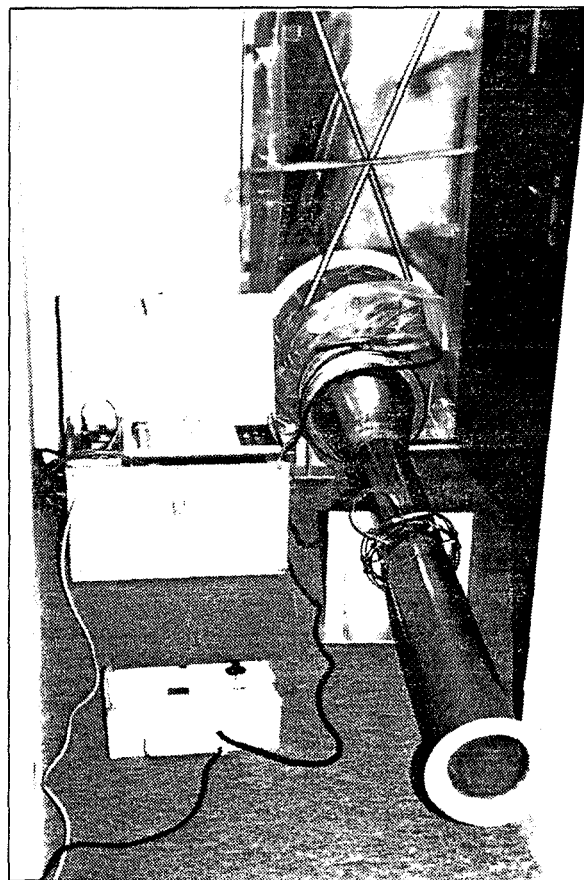


Fig. 3.2

Lufttetthetsmåleutstyret oppmontert for måling av en blokkleilighet

Turtallet på vifta reguleres automatisk. Trykkforskjellen over målekorset som er et mål for luftstrømmen, og trykkforskjellen mellom inne og ute måles ved hjelp av mikromanometrene som er koplet til hver sin kanal på x-y skriveren.

Luftstrømmen fås ut fra utstyrets kalibreringsdiagram. Resultatet presenteres i form av en kurve som viser samhørende verdier mellom luftstrøm og trykkforskjell, se fig. 3.3.

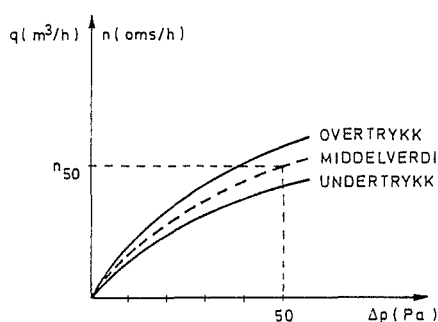


Fig. 3.3

Sammenheng mellom luftmengde og trykkforskjell

Boligene ble før måling tett så godt som beboerne vanligvis selv kan gjøre det. Vinduer, ventiler, spjeld etc. ble lukket. Et unntak var åpninger til mekanisk avtrekk eller tiluft; de ble forseglede med tape. Dette gjaldt også kjøkkenventilatorer. I følge forslaget til Nordtest-metode skal også ventiler for naturlig ventilasjon forsegles med tape. Dette ble ikke gjort i denne undersøkelsen. Alle rom som vanligvis ble oppvarmet til 10 °C eller mer, var med på målingene.

Metoden er godt egnet til tetthetskarakterisering av boliger da de samme målebetingelsene kan gjentas fra bolig til bolig. Resultatene kan derfor sammenlignes direkte. De gir imidlertid ikke noe svar på hvor stor luftlekkasje det er ved normale forhold. Videre er det bare luftlekkasjer som går gjennom hele klimaskjermen som inngår i måleresultatene.

Nøyaktigheten av måleresultatet er avhengig av vindhastigheten. Med vindhastighet på opptil 6 m/s kan lekkasjetallet n_{50} angis med en nøyaktighet på $\pm 8\%$.

Termografering

Målingene ble utført slik det er beskrevet i "Nordtest Build 061"

Termograferingsutstyret registrerer intensiteten til en del av varmestrålingen (IR-strålingen) fra en overflate. For vanlige overflater er strålingsintensiteten hovedsakelig bestemt av flatens temperatur. Variasjoner i temperatur på den undersøkte flaten kommer fram som variasjoner i lyshet på en billedskjerm. En kald flate blir mørk mens en varmere flate blir lysere. Billedskjermen kan avfotograferes med et polaroidkamera.

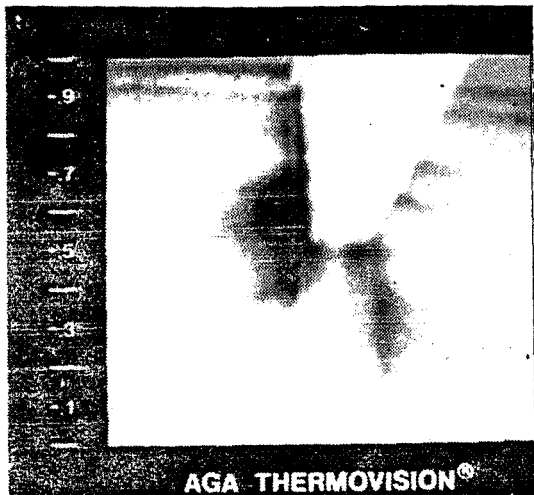
Alle feil eller mangler som fører til variasjoner i overflatetemperaturene kan derfor i prinsippet oppdages ved hjelp av termografering. Slike feil eller mangler kan f.eks. være mangelfull isolasjon, kuldebroer, luftbevegelser inne i en vegg eller luftlekkasjer.

For å kunne lokalisere luftlekkasjer ved hjelp av termograferingsutstyr må visse betingelser være oppfylt:

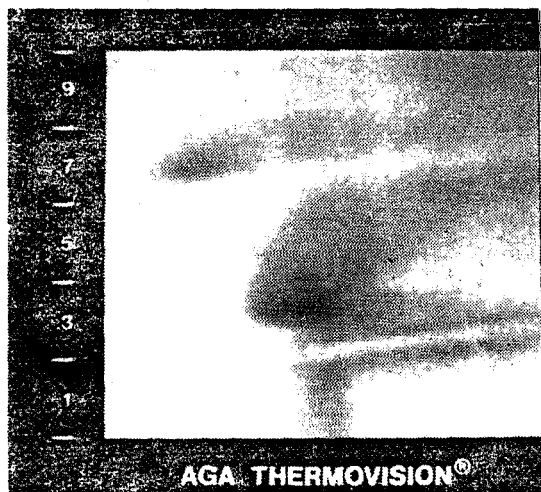
- Det må være temperaturfall gjennom konstruksjonen.
- Det må være trykkfall gjennom konstruksjonen.
- Konstruksjoner/utettheten må være utformet slik at luften som strømmer gjennom utettheten avkjøler eller varmer opp en flate som er synlig for kameraet.

Vanligvis etableres et undertrykk i boligen ved hjelp av en vifte. Kald uteluft vil da trenge gjennom utetthetene og avkjøle den innvendige kledningen. Dette vil avtegne seg som mørke "takkete" partier på billedskjermen. Hvis kaldluften ikke trenger gjennom konstruksjonen, bare inn i den, vil dette gi mørke flater med avrundede konturer. Se fig. 3.4.

Som nevnt er man avhengig av at den kalde uteluften avkjøler den synlige flaten for at det skal kunne registreres ved termografering. I de tilfeller hvor luften strømmer rett ut i rommet uten at den først er i kontakt med den innvendige flaten, vil luftlekkasjen ikke oppdages så lett ved termografering.



a



b

Fig. 3.4

Termogrammer - luftlekkasje

- a. Lekkasje gjennom konstruksjonen
- b. Lekkasje inne i konstruksjonen

Termografering kan ikke brukes til å kvantifisere luftlekkasjene, bare til å lokalisere dem.

Målingene ble utført med AGA Thermovision 750 med tilbehør, se fig. 3.5.



Fig. 3.5
Termograferingsutstyr

Intervju

I intervjuet forsøkte vi å få opplysninger om energiforbruk til oppvarming, trekkproblemer etc. Bl.a. ble følgende spørsmål stilt: "Er dere fornøyd med boligen m.h.t. trekk?" Svaret var begrenset til tre alternativer:

- Ja, godt fornøyd
- Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Pga. mangelfulle opplysninger om de andre forholdene er bare dette spørsmålet behandlet i denne rapporten.

4. MÅLERESULTATER

Resultater fra lufttetthetsmålingene

Måleresultatene kan presenteres på flere måter.

Ved å angi den målte luftgjennomgangen (m^3 /time) ved en bestemt trykkforskjell vil boligens størrelse ha stor betydning for resultatet. Dette kan være hensiktsmessig i forbindelse med beregning av energiforbruket pga. ukontrollert ventilasjon.

For å kunne sammenligne ulike boliger (med forskjellig form og størrelse) er det hensiktsmessig å regne om de målte verdiene.

Ved å dividere målt luftgjennomgang på boligens omsluttende flate fås et direkte uttrykk for klimaskjermens midlere utetthet.

En annen måte å presentere resultatet på er å dividere målt luftgjennomgang på oppvarmet volum. Her er sistnevnte metode valgt, bl.a. av følgende grunner:

- Det er den mest brukte metoden i Norden, og resultatene kan lettere sammenlignes med tilsvarende undersøkelser i andre land.
- Lekkasjetallet er et forholdsvis enkelt og lettfattelig uttrykk for en bygnings utetthet.
- Et eventuelt forskriftskrav vil sannsynligvis bli gitt i en slik form.

Resultatene fra tetthetsmålingene er vist på diagram 1 - 15. Lekkasjetallet, n_{50} , for hver enkelt bolig er angitt med en stolpe. Sirklene under hver stolpe angir hvilket svar beboerne ga på spørsmålet:

"Er dere fornøyd med boligen m.h.t. trekk?"

- Ja, godt fornøyd
- Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Diagram 1 og 2 viser resultatene fra alle eneboliger og blokkleiligheter samlet. For å få en formening om hvordan enkelte parametre innvirker på lufttettheten er også boligene samlet i grupper etter

- beliggenhet i landet
- antall etasjer
- om de har peis eller ovn
- om de var ferdige eller ikke ferdige m.h.t. tetting

Dette er vist i diagram 3 - 15. Bokstavene over stolpene angir i hvilken kommune boligene ligger

B : Borge	L : Lørenskog
F : Fredrikstad	On: Onsøy
H : Haugesund	O : Oslo
K : Kråkerøy	R : Rolvsøy
Ka: Karmøy	T : Tysvær
KN: Kristiansund N	

Diagram 1

TYPE BOLIG : Eneboliger, alle som har vært med i undersøkelsen
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 61
 MIDLERE LEKKASJETALL n_{50} = 4,7
 STANDARDAVVIK s = 1,5

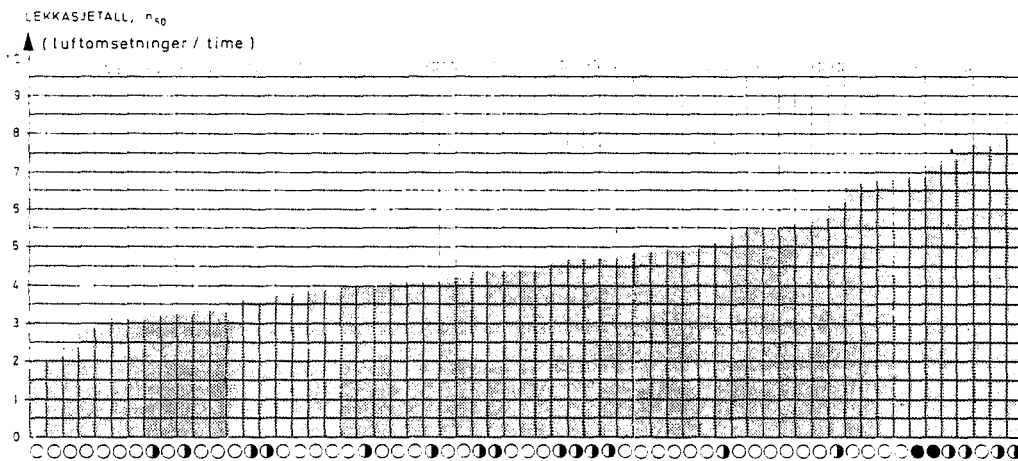
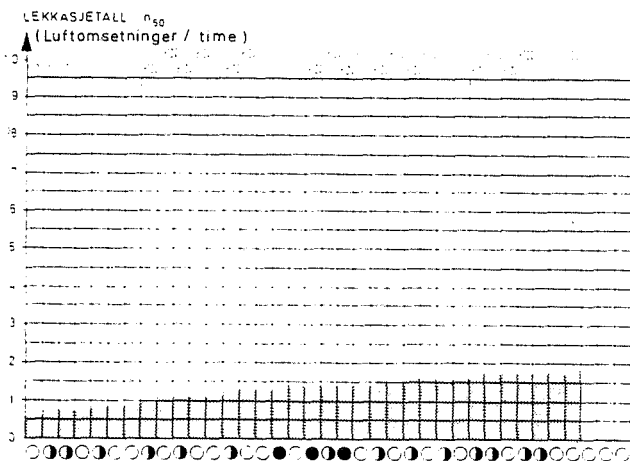


Diagram 2

TYPE BOLIG : Blokkleiligheter
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 34
 MIDLERE LEKKASJETALL n_{50} = 1,3
 STANDARDAVVIK s = 0,4



FIGURFORKLARING

▭ Stolpen angir boligens lekkasjetall, n_{50} (se definisjon foran)

Sirklene under hver stolpe angir hvilket svar beboerne ga på spørsmålet: "Er dere fornøyd med boligen m.h.t. trekk?"

- Ja, godt fornøyd
- Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Diagram 3

TYPE BOLIG : Eneboliger
 KOMMUNE : Fredrikstad, Borge, Kråkerøy, Rolvsøy, Onsøy
 ANTALL : 15
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 4,6$
 STANDARDAVVIK $s = 1,7$

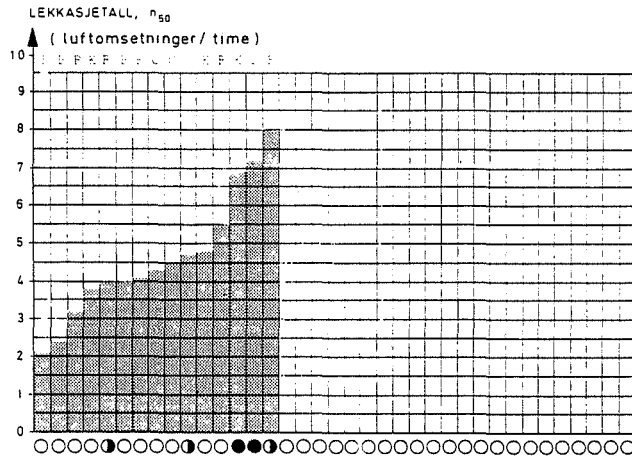


Diagram 4

TYPE BOLIG : Eneboliger
 KOMMUNE : Lørenskog
 ANTALL : 15
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 4,8$
 STANDARDAVVIK $s = 1,6$

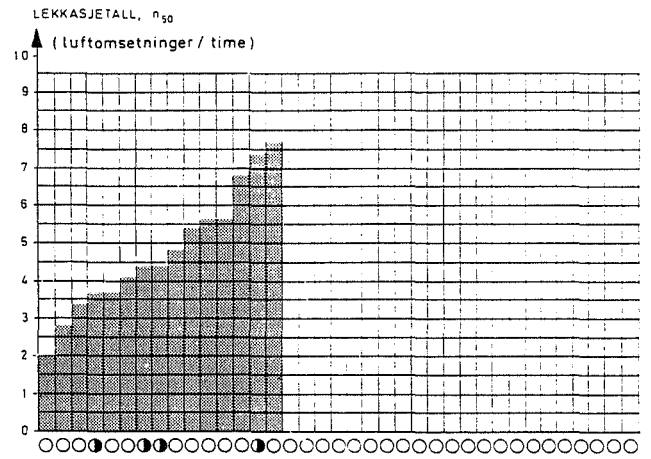


Diagram 5

TYPE BOLIG : Eneboliger
 KOMMUNE : Haugesund, Karmøy, Tysvær
 ANTALL : 17
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 4,8$
 STANDARDAVVIK $s = 1,4$

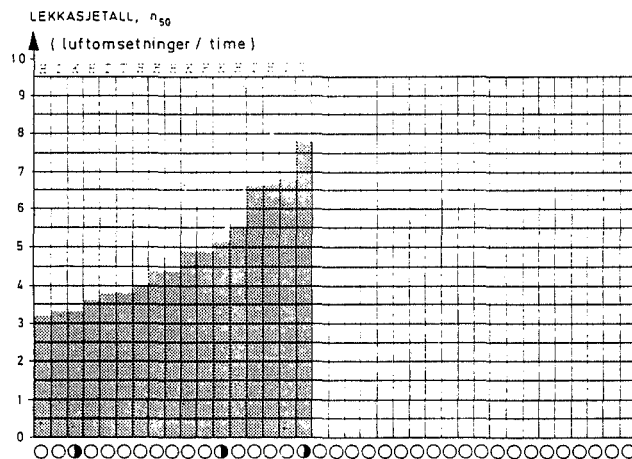
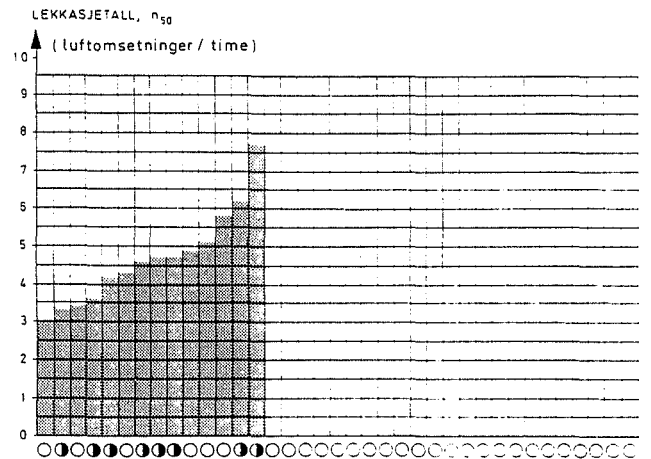


Diagram 6

TYPE BOLIG : Eneboliger
 KOMMUNE : Kristiansund N
 ANTALL : 14
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 4,7$
 STANDARDAVVIK $s = 1,3$



FIGURFORKLARING

Stolpen angir boligens lekkasjetall, n_{50} (se definisjon foran)

Sirklene under hver stolpe angir hvilket svar beboerne ga på spørsmålet: "Er dere fornøyd med boligen m.h.t. trekk?"

- Ja, godt fornøyd
- Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Diagram 7

TYPE BOLIG : Eneboliger, én etasje
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 12
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 4,6$
 STANDARDAVVIK $s = 1,1$

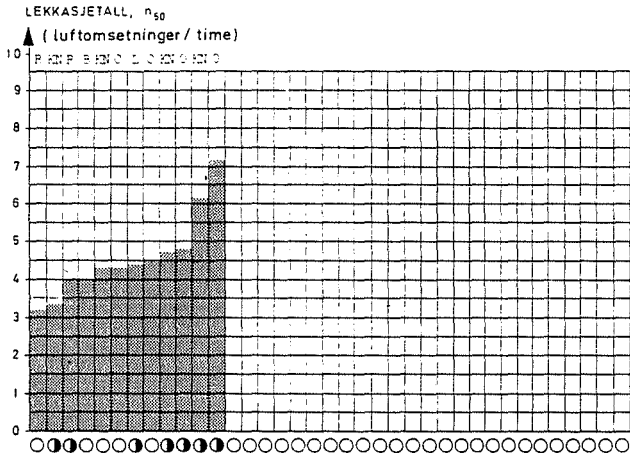


Diagram 8

TYPE BOLIG : Eneboliger, én etasje + sokkel
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 39
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 4,4$
 STANDARDAVVIK $s = 1,4$

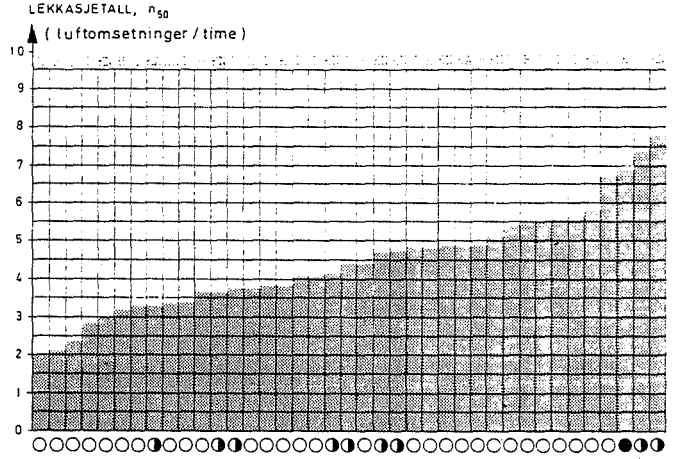
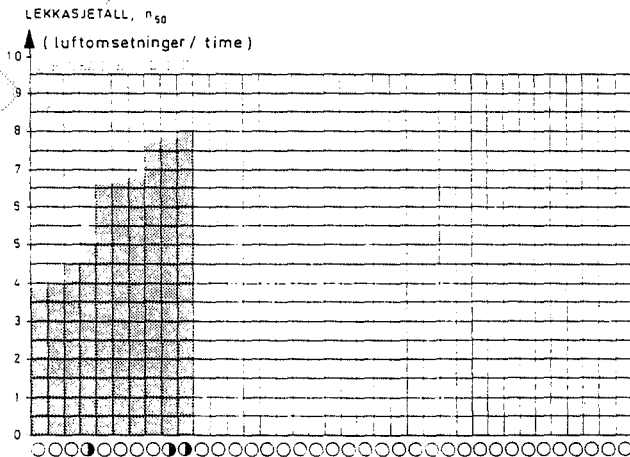


Diagram 9

TYPE BOLIG : Eneboliger, flere enn én etasje + sokkel
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 10
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 6,1$
 STANDARDAVVIK $s = 1,6$



FIGURFORKLARING

Stolpen angir boligens lekkasjetall, n_{50} (se difinisjon foran)

Sirklene under hver stolpe angir hvilket svar beboerne ga på spørsmålet: "Er dere fornøyde med boligen m.h.t. trekk?"

- Ja, godt fornøyd
- Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Diagram 10

TYPE BOLIG : Eneboliger med pipe og ovn
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 33
 MIDLERE LEKKASJETALL n_{50} = 4,6
 STANDARDAVVIK s = 1,5

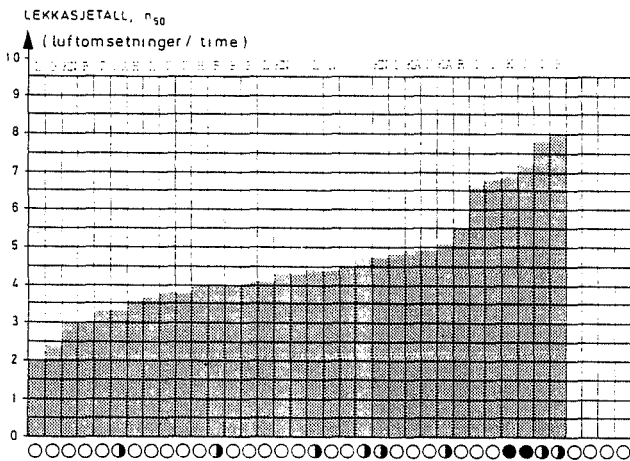


Diagram 11

TYPE BOLIG : Eneboliger med pipe og peis
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 28
 MIDLERE LEKKASJETALL n_{50} = 4,9
 STANDARDAVVIK s = 1,5

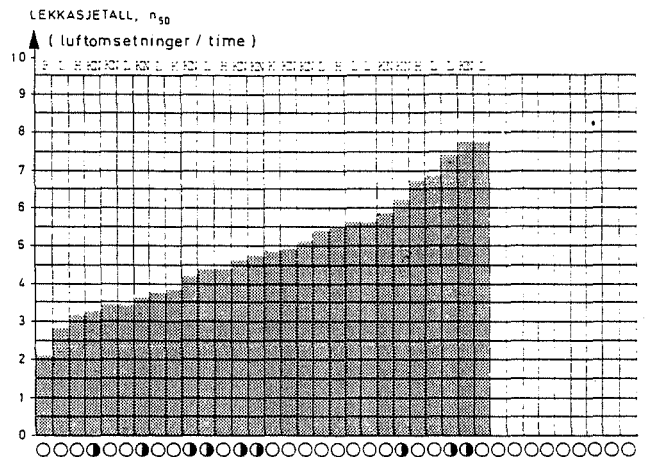


Diagram 12

TYPE BOLIG : Eneboliger som var helt ferdig m.h.t. tetting
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 37
 MIDLERE LEKKASJETALL n_{50} = 4,5
 STANDARDAVVIK s = 1,2

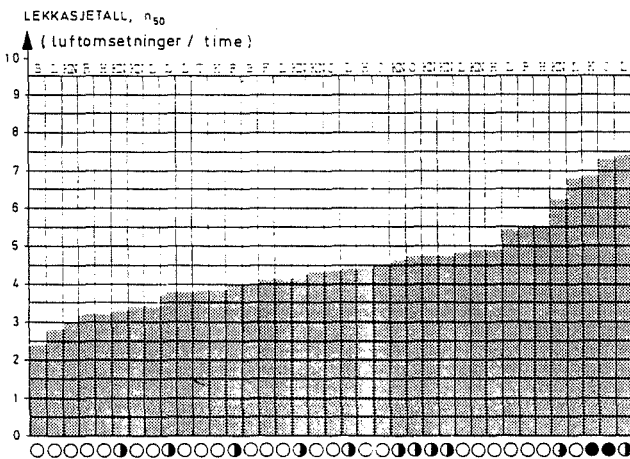
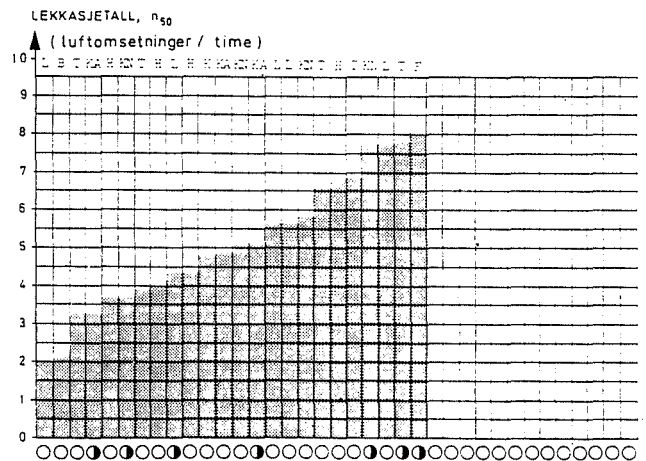



Diagram 13

TYPE BOLIG : Eneboliger som ikke var helt ferdige m.h.t. tetting
 KOMMUNE : Alle som har vært med i undersøkelsen
 ANTALL : 24
 MIDLERE LEKKASJETALL n_{50} = 5,1
 STANDARDAVVIK s = 1,8



FIGURFORKLARING

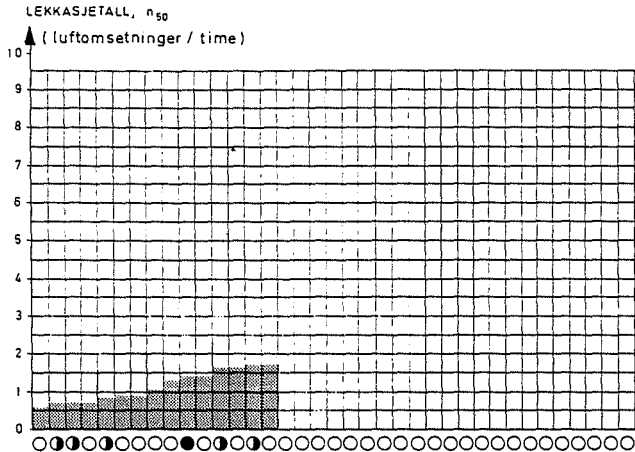
 Stolpen angir boligens lekkasjetall, n_{50} (se definisjon foran)

Sirklene under hver stolpe angir hvilket svar beboerne ga på spørsmålet: "Er dere fornøyd med boligen m.h.t. trekk?"

- Ja, godt fornøyd
- Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Diagram 14

TYPE BOLIG : Blokkleiligheter
 KOMMUNE : Oslo
 ANTALL : 15
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 1,1$
 STANDARDAVVIK $s = 0,4$



FIGURFORKLARING

Stolpen angir boligens lekkasjetall, n_{50} (se definisjon foran)

Sirklene under hver stolpe angir hvilket svar beboerne ga på spørsmålet: "Er dere fornøyd med boligen m.h.t. trekk?"

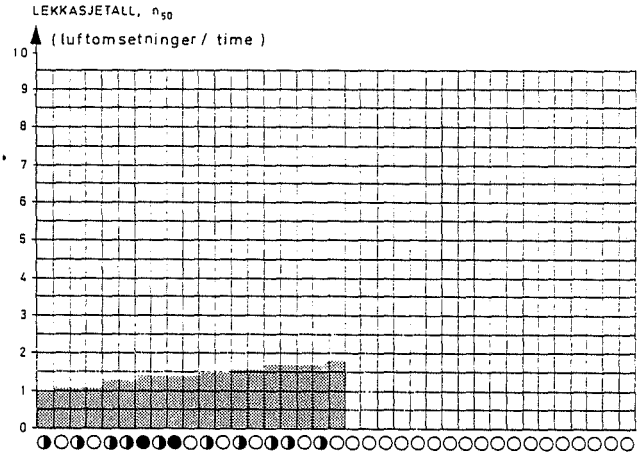
- Ja, godt fornøyd
- ◐ Nei, ikke helt fornøyd
- Nei, misfornøyd

Resultater fra termograferingen

I alt ble 14 av eneboligene og 6 av blokkleilighetene termografert. Det var to hovedgrunner til at så få boliger ble undersøkt. For det første tydet tidligere erfaringer fra skadeoppdrag på at det hovedsakelig var de samme utetthetene som gikk igjen fra hus til hus. For det andre er termograferingen såvidt tidkrevende at flere termograferinger ville betydd færre lufttetthetsmålinger.

Diagram 15

TYPE BOLIG : Blokkleiligheter
 KOMMUNE : Kristiansund N
 ANTALL : 19
 MIDLERE LEKKASJETALL $n_{50} = 1,4$
 STANDARDAVVIK $s = 0,2$



Frittliggende eneboliger

Tabell 4.1 viser lokalisering og omfang av de vanligste utetthetene i de 14 termograferte eneboligene. Lekkasjetallet for disse boligene varierte fra 3,2 til 7,7 med en middelverdi på 5,6 oms/t.

Blokkleiligheter

Tabell 4.2 viser lokalisering og omfang av de vanligste utetthetene i de 6 termograferte blokkleilighetene. Lekkasjetallet for disse leilighetene varierte fra 1,3 til 1,5 med en middelverdi på 1,4 oms/t.

Tabell 4.1

Utettheter i frittliggende eneboliger

Bygningsdel/ Utetthet	Antall boliger (av 14) som hadde de respektive utettheter	Antall boliger (av 14) hvor de respektive utett- hetene var betydelige
Vindu, overg. ramme-karm	7	2
Vindu, overg. karm-vegg	11	5
Vindu, spalteventiler	5	5
Ytterdør, overg. dørblad-karm	10	7
Ytterdør, overg. karm-vegg	9	5
Overg. tak-yttervegg	14	13
Overg. tak-innervegger	13	12
Overg. golv-yttervegg	11	9
Overg. golv-innervegger	5	2
Overg. yttervegger-innervegger	8	4
Ved el. installasjoner	3	3
Ved peis	9 (av 12)	9 (av 12)
Ved pipe	5 (av 14)	5 (av 14)
Ved takluke	12 (av 12)	11 (av 12)
Ved limtretrager	5 (av 6)	4 (av 6)

Tabell 4.2

Utettheter i blokkleiligheter

Bygningsdel/ utetthet	Antall leiligheter (av 6) som hadde de respektive utettheter	Antall leiligheter (av 6) hvor de res- pektive utetthetene var betydelige
Vindu, overg. ramme - karm	4	3
Vindu, overg. karm - vegg	5	3
Vindu, spalteventiler	5	4
Ytterdør, overg. dørblad-karm	3	2
Ytterdør, overg. karm-vegg	3	2
Overg. tak-yttervegg	6	3
Overg. tak-innervegg	2	0
Overg. golv-yttervegg	3	2
Overg. golv-innervegg	0	0
Overg. yttervegg-innervegg	2	1
Ved el. installasjoner	?	?

5. KOMMENTARER TIL MÅLERESULTATENE

Sortering av boligene i grupper etter beliggenhet, antall etasjer etc. gir flere interessante opplysninger.

Beliggenhet i landet

Antagelsen om at husene som ble bygd i værharde strøk av landet var mer lufttette enn husene i ikke værharde strøk stemte ikke. Midlere lekkasjetall viser dette:

Frittliggende eneboliger

Værharde strøk (Kristiansund og Haugesund-distriktet) 31 stk. $\bar{n}_{50} = 4,8$ oms/t.
Ikke værharde strøk (Lørenskog og Fredrikstad-distriktet) 30 stk. $\bar{n}_{50} = 4,7$ oms/t.

Blokkleiligheter

Værharde strøk (Kristiansund N) 19 stk.
 $\bar{n}_{50} = 1,4$ oms/t.
Ikke værharde strøk (Oslo) 15 stk.
 $\bar{n}_{50} = 1,1$ oms/t.

Når det gjelder eneboliger, er det nærliggende å tro at eventuelle tidligere variasjoner i byggeskikk inkludert lufttetting nå delvis er visket ut pga. typehusenes standardløsninger.

Antall etasjer (frittliggende eneboliger)

Midlere lekkasjetall for 3 grupperinger var:

En etasje	12 stk.	$\bar{n}_{50} = 4,6$
En etasje + sokkel	39 stk.	$\bar{n}_{50} = 4,4$
Flere enn en etasje + sokkel	10 stk.	$\bar{n}_{50} = 6,1$

Det er en klar tendens til at hus med mer enn en etasje med sokkel var mer utette enn de øvrige. Hovedgrunnen til dette er sannsynligvis vanskelighetene med å få dampsperran lufttett forbi mellombjelkelaget. Oftest utgjør dampsperran den vesentligste delen av luftmotstanden i veggen, og en stor utetthet i denne, f.eks. i forbindelse med etasjeskilleren, kan da medføre et høyt lekkasjetall.

Ovn eller peis (frittliggende eneboliger)

Midlere lekkasjetall \bar{n}_{50} for disse gruppene var:

Boliger med peis	33 stk.	$\bar{n}_{50} = 4,9$ oms/t
Boliger med bare ovn	28 stk.	$\bar{n}_{50} = 4,6$ "

Som tallene viser var boligene med peis noe mer utette enn de som bare hadde ovn. Alle de målte eneboligene hadde pipe.

Ferdig eller ikke ferdig m.h.t. tetting (frittliggende eneboliger)

På en del av boligene sto det igjen noe tettearbeid. Dette gjaldt først og fremst i sokkel-etasjen.

Åpninger der det ikke var satt inn ventiler ble midlertidig tettet ved hjelp av tape, plastfolie etc., og dørene inn til de aktuelle rommene ble lukket slik at de ikke ble med på målingen. Det gjennomsnittlige lekkasjetallet for disse gruppene var:

Helt ferdig m.h.t. tetting	37 stk.	$\bar{n}_{50} = 4,5$ oms/t
Ikke helt ferdig m.h.t. tetting	24 stk.	$\bar{n}_{50} = 5,1$ oms/t

Det er rimelig å anta at midlere lekkasjetall for den siste gruppen også vil nærme seg 4,5 oms/t etter ferdig utført tetting.

Lokalisering og omfang av utetthetene

De termograferte boligene ble bare undersøkt fra innsiden og med påtvunget undertrykk (50 Pa) inne. Det var derfor hovedsakelig utettheter i det innerste tettesjiktet som ble påvist (se forøvrig metodebeskrivelsen). Vurderingen av utetthetenes betydning er gjort med hensyn til energiforbruk og hovedsakelig på grunnlag av termograferingen. Disse vurderingene er derfor noe usikre.

Undersøkelsene viste imidlertid at utetthetene hovedsakelig var lokalisert i sammenføyningene mellom de ulike bygningsdelene, slik som vindu/vegg, tak/vegg osv.

Platekledde flater var stort sett tette også ved plateskjøtene, med unntak for noen hus med himlingsplater.

I noen av husene som hadde panel i vegger eller tak lokaliserte vi luftlekkasjer også midt på disse flatene.

Dette styrket den antagelsen vi hadde på forhånd om at en platekledd flate stort sett blir

lufttett uavhengig av dampsperrrens og pappens beskaffenhet, spesielt når platene har limte eller tapede skjøter. For en panelt flate er derimot dampsperrren avgjørende for det indre sjiktets lufttetthet.

De undersøkte boligblokkene hadde alle samme prinsipielle oppbygging. Etasjeskillere og skillevegger mot nabo-leiligheter var av plassstøpt betong mens det var utfyllingsvegger med bindingsverk av tre eller stål i fasaden. Etasjeskillerne og veggene av plassstøpt betong var praktisk talt helt tette, det gjaldt også sammenføyningene mellom disse. Utetthetene i blokkleilighetene var derfor avgrenset til utfyllingsveggene og sammenføyningene mellom disse og betongen, samt til vinduer, dører og diverse gjennomføringer i betongveggene.

Sammenheng mellom lekkasjetall og misnøye pga. trekk

Svarene fra beboerne på spørsmålet vedrørende trekkproblemer ga ikke noe entydig sammenheng mellom misnøye og lekkasjetall. For eneboliger kan man se en viss tendens til at beboerne i de tetteste boligene er mindre plaget av trekk enn beboerne i de utetteste boligene. For blokkleilighetene er det ikke registrert noen slik sammenheng. Selv om blokkleilighetene hadde langt lavere midlere lekkasjetall enn eneboligene, var det 60 % av blokkbeboerne som ikke var helt fornøyd med hensyn til trekk, mens tilsvarende tall for eneboligene var 30 %. Dette kan ha mange årsaker:

- Nesten alle eneboligene hadde naturlig ventilasjon mens det i boligblokkene var mekanisk avtrekk. I blokkleilighetene er det derfor vanligvis et visst undertrykk inne. For en tett leilighet er størrelsen av dette undertrykket sterkt avhengig av om spalteventilene er åpne eller lukket. Når det er kaldt ute, lukkes ventilene og undertrykket øker. Dette fører til økt hastighet på luften som kommer inn gjennom utetthetene, og dermed ofte trekkproblemer.
- I blokkleilighetene var luftlekkasjene stort sett konsentrert til fasadeveggene. Disse kunne derfor være like utette som veggene i eneboligene.
- Mange av dem som bodde i enebolig, hadde gjort en egeninnsats ved byggingen og hadde derfor

noe av ansvaret for husets utettheter. Denne gruppen klager derfor ikke så fort og har vanskeligere for å innrømme at huset deres er utett enn de som har kjøpt huset helt ferdig eller leier en bolig.

- Noen er mer "energibeviste" enn andre.
- Det er stor forskjell på folk når det gjelder å tåle trekk.
- Da bare forholdsvis nye boliger er undersøkt, kan svarene vi fikk være avhengige av hva beboerne hadde å sammenligne med fra før.

Avsluttende kommentarer

Resultatene for alle gruppene, diagram 1 - 15, viser stor spredning. For eneboligene varierte n_{50} fra 2,0 oms/t til 8,0 oms/t. For blokkleilighetene var variasjonen noe mindre: Fra $n_{50} = 0,6$ oms/t til 1,8 oms/t. Årsakene til den store variasjonen, og som resulterer i at mange hus har en utilfredsstillende tetthet, kan være flere:

- manglende motivasjon blant alle impliserte, f.eks. dårlig kontroll og liten kjennskap til tetthetens betydning
- manglende kunnskap om hvordan det kan bygges lufttett.

Beqqe disse forholdene kan igjen føre til:

- manglende eller dårlig prosjektering av tetting/fugeløsninger
- bruk av dårlig eller feil materiale
- feil arbeidsrekkefølge på byggeplassen
- dårlig arbeidsutførelse på byggeplassen.

Ved å rette på de forholdene som er nevnt her, er det fullt mulig å bygge boligene rimelig lufttette uten å endre teknikken i særlig grad. Allerede nå synes det helt klart at mange hus bygges altfor utette. Hvilket tetthetsnivå som bør tilstrebes, er det for tidlig å si noe sikkert om. Dette vil imidlertid bli behandlet i en senere rapport.