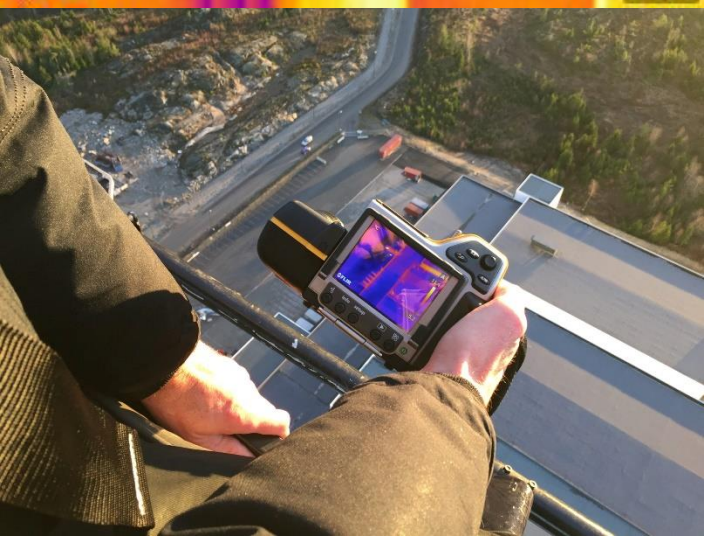
2020

Sammendrag - termografering og trykktesting Longyearbyen



Innhold

1 Sammendrag termografering 2
2 Trykktesting/tetthetskontroll 3
2.1 Bakgrunn 3
2.1.1 Hvorfor tette hus? 3
2.1.2 Historie 3
2.2 Målemetode 3
2.3 Effektivt lekkasjeareal eller ekvivalent lekkasjeareal (ELA) 4
2.4 Krav til lufttetthet 5
3 Resultater 6
3.1 Resultatoversikt etter måling av lekkasjetall med blower door 6
3.2 Resultater til sammenligning – lekkasjetall i norske bygninger 7

1 Sammendrag termografering

Det er utført termografering ved 50 Pa undertrykk i 20 boliger som i hovedsak er oppført med trekonstruksjon og saltak med kaldt loft. Alle enhetene står på påler og de fleste bærer preg av setningsskader/teleskader. I de fleste byggene kan det virke som om vindsperren ikke er komplett, eller har tatt skade i følge av setningsskader/teleskader. Termografiene viser at det er utett i overgangene imellom bygningsdelene. Det er også observert at en stor del av vinduene i byggene har slått seg/ beveget på seg og det er utett i overgangene ramme/karm.

Byggene står på påler, og ut ifra termografiene kan det virke som om det er en del kulde som slipper igjennom klimaskjermen i disse overgangene. I enkelte bygg kunne vi se klare kuldebroer i bjelkene i bjelkelaget. Dette kommer trolig av at det er ufullstendig/manglende vindsperre i overgangen bunnsvill/bjelkelag og generelt i bjelkelagskonstruksjonene. Kuldebroer kommer trolig av luftlekkasjer og at det er gjennomgående stenderverk (ikke krysslagt) uten isolasjon som kuldebrobryter i gulvkonstruksjonene.

Det er også observert flere luftlekkasjer i overgangene mot kalde loft. Termografiene viser utettheter i overgangene toppsvill/sperrer/stoler. Det ble også observert luftlekkasjer i gjennomføringene til downlights og andre gjennomføringer til kalde loft. Dette kommer mest sannsynlig av at det er perforeringer i dampsperren og eller manglende teip i skjøter, samt klemlister/lekter.

Luftlekkasjer ble også oppdaget i diverse el-installasjoner i byggene, og dette kommer sannsynligvis av at det er perforert dampsperre og manglende mansjetter og teip.

I tolkningen av termografiene er det tatt hensyn til hjørneeffekter og krysningspunkter med mye treverk. På enkelte av termogrammene ser det ikke ut som om det er noen luftlekkasjer i det hele tatt, men grunnen for dette er at det blåser rett ut mot kameraet og blir ikke vist som karakteristiske «fingermønstre» som en luftlekkasje vil vise.

2 Trykktesting/tetthetskontroll

2.1 Bakgrunn

2.1.1 Hvorfor tette hus?

For mange har begrepet «tette hus» en negativ betydning, og forbindes med dårlig luft og innestengthet. Men hvis det er dårlig inneluft er det ikke fordi huset er for tett, men fordi huset har for dårlig ventilasjon. Å redusere varmetapet fra bygninger er den viktigste grunnen til at det stilles krav til lufttetthet, samt at lufttetthet gir sikkerhet mot fuktskader.

Utettheter kan også påvirke energibruken direkte ved at trekkubehag søkes kompensert ved heving av inneklima. En heving av innetemperaturen med to grader vil føre til at energibruk til oppvarming øker med ca. 10 % (5 %- regelen). I et småhus bygget etter kravene i TEK 07 kan man grovt sett regne med at totalt netto energibehov øker med ca. 8 % når lekkasjetallet øker med en luftomsetning per time.

Tette bygg gir også bedre brannsikkerhet, ingen spredning av lukt mellom boenheter, mindre radon og bedre lydisolasjon.

2.1.2 Historie

Måling av byggets tetthet med en «blower door» ble først praktisert i Sverige i 1977. Den første implementeringen benyttet en vifte montert i et vindu, istedenfor en dør. Den første «blower door» ble først kommersielt tilgjengelig i USA på begynnelsen av 1980-tallet under navnet «Gadsco».

Utstyret var enestående for identifisering av luftlekkasjer, kunne ikke resultatet brukes til å avgjøre byggets naturlige luftskifte ved kun naturlige drivkrefter. Sherman gjorde et første forsøk på å beregne årlig gjennomsnittlig naturlig luftskifte med formelen:

$$ACH_{naturlig} = \frac{ACH_{ved\ 50\ Pa}}{20}$$

$ACH_{naturlig}$: Naturlig luftskifte per time (1/h)
$ACH_{ved\ 50\ Pa}$: Luftskifte per time ved 50 Pascal (1/h)

Senere er det utviklet mer avanserte metoder for å beregne infiltrasjon. Nyere modeller tar også hensyn til årlig værdata

2.2 Målemetode

I småhus måles lekkasjetallet nå med trykkmetoden, som er definert i NS-EN ISO 9972:2015. Metoden er også beskrevet i Byggforskserien. Før dagens standard kom, var det NS-EN 13829 som ble benyttet (ISO 9972, modifisert). Målingen gjennomføres ved at en plastdør med vifte og utrustning for måling av luftmengder (f.eks. «Blower door») settes inn i en av husets ytterdører. Se figur 1. Dernest tettes alle åpninger mot uteluft (uteluftventiler, avtrekksventiler, peisspjeld og ovnsventiler, etc.). Ytterdører og vinduer holdes lukket, mens innerdører skal stå åpne. Når vifta starter, vil luftstrømmen gjennom vifta tilsvare samlet luftlekkasje gjennom utettheter i huset. Under målingen noteres sammenhørende verdier av luftmengde og trykkforskjell mellom ute og inne automatisk av systemet. Som regel måles lekkasjeluftmengde ved 50 Pa undertrykk, men det er også mulig å måle ved både undertrykk og overtrykk. Ved bruk av begge målemetoder oppgis resultatet som det aritmetiske snittet.

Lekkasjetallet n50 beregnes som forholdet mellom samlet luftlekkasje og husets innvendige volum:

$$n_{50} = \frac{\dot{V}}{V} \qquad \frac{m^3}{h} / m^3$$

Dette viser at forhold mellom byggets klimaskjerm og volum får betydning for resultatet.

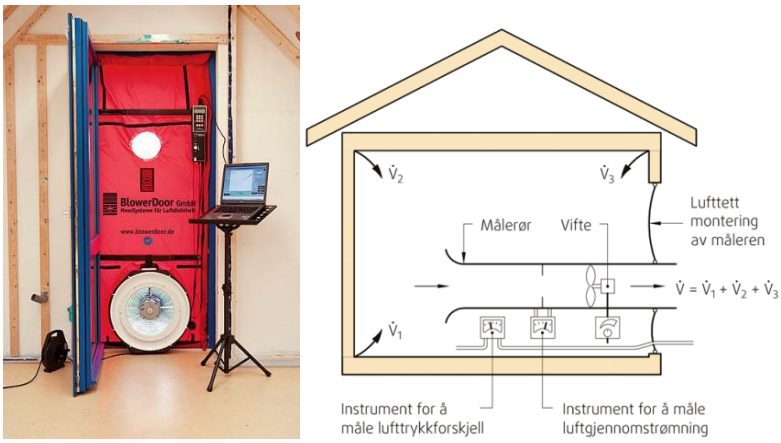
Byggets oppvarmede bruksareal beregnes etter NS 3940. Volumet skal beregnes ved å multiplisere innvendig gulvareal (BRA) med midlere romhøyde. I NS-EN ISO 9972:2015 er det beskrevet at også innvendig etasjeskiller skal inkluderes i volumet.

I tillegg til volumberegning er det en rekke faktorer som har innflytelse på målt lekkasjetall. Det betyr at blant annet værforhold og en nøyaktig beskrivelse av hvordan bygningen er klargjort for måling må være inkludert i målerapporten. Ved måling av lufttetthet i enkeltleiligheter i flerfamiliehus vil lekkasjetallet også inkludere interne luftlekkasjer mellom boenheter. For å måle lekkasjer av uteluft i en boenhet må i prinsippet naboenheter trykksettes samtidig (støttetrykk).

Etablering av støttetrykk er vanskelig å få gjennomført i praksis. Dessuten er god lufttetthet mot naboleiligheter vel så viktig som tetthet mot uteklimaet, om enn av litt andre hensyn (lukt, lyd eller brann). Derfor bør kravet til lufttetthet i TEK være tilfredsstilt i alle typer boenheter, selv om en del av lekkasjene skyldes interne utettheter i bygningen. Man må også være klar over at lekkasjetallet forandrer seg. I det første året etter bygging vil treverk tørke ut, krympe og vri seg. Klemvirkningen i klemte skjøter kan reduseres. I praksis bør derfor lekkasjetallet i et helt nytt hus ligge en del under kravet i TEK.

2.3 Effektivt lekkasjeareal eller ekvivalent lekkasjeareal (ELA)

I trykktestrapporter er det som regel oppgitt et ekvivalent lekkasjeareal ved 4 Pa trykkforskjell (USA), som er en virkelighetsnær gjennomsnittlig trykkforskjell over året. I Canada benyttes imidlertid et referansetrykk på 10 Pa. Dette arealet gir et intuitivt bilde av hvor store utettheter det er snakk om. For et småhus med gulvareal på 100 m^2 i en etasje vil et lekkasjetall n50 på 2,5 luftvekslinger per time (1/h) tilsvare et ekvivalent lekkasjeareal på 140 cm^2, eller et sirkulært hull i klimaskjermen på ca. 13 cm.



Figur 1 og 2. Prinsipp for måling av lekkasjetall vha. en " blower door". Bilde til venstre fra eget arkiv. Bilde til høyre er hentet fra SINTEF, prosjektrapport

2.4 Krav til lufttetthet

I Byggeforskriften stilles det krav om at våre bygninger skal ha god lufttetthet. Det vil si at luftlekkasjer ut og inn gjennom tilfeldige utettheter i ytterkonstruksjonene skal begrenses. Tetthetskravet i Byggeforskriften er definert ved lekkasjetallet n50. Lekkasjetallet er definert som målt luftlekkasje i m^3 per time dividert på husets innvendige volum. Det angis med enheten $m^3/m^3/h$ ved 50 Pa, eller som antall luftvekslinger per time, 1/h, i bygningen når:

- Ytterkonstruksjonene utsettes for en trykkforskjell på 50 Pa
- Alle tilsiktede åpninger i ytterkonstruksjonene (ventiler, piper og vinduer) er lukket

Krav til lekkasjetall ble første gang tatt inn i Byggeforskriften i 1982. Kravene ble skjerpet i 2007. I NS 3700 Kriterier for passivhus og lavenergihus Boliger, som kom i 2010, er det stilt egne krav til lekkasjetallet avhengig av energiklasse. Se tabell 1.

Trenden har vist at det stilles stadige strengere krav til lekkasjetallet. Kravet som stilles til tetthet i TEK 17 er det samme kravet som stilles til passivhus.

Obs! Data fra tabellen er også lagt inn i diagrammet, for en enklere oversikt og for sammenligning.

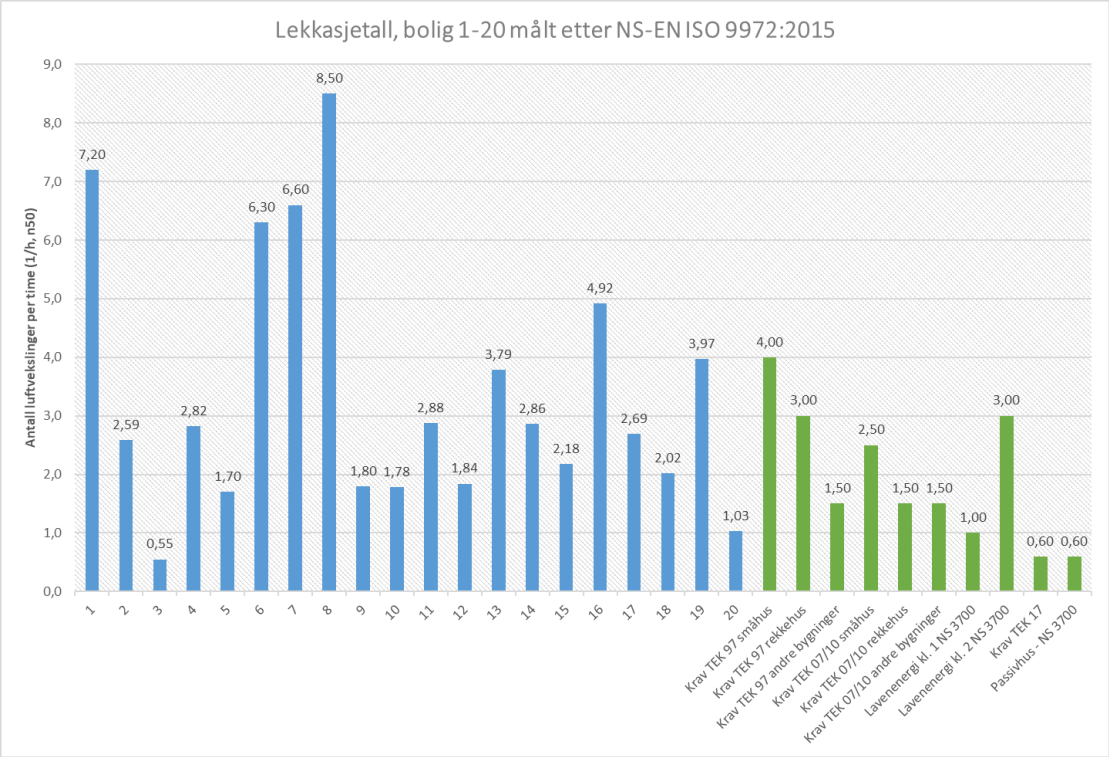
Tabell 1
Krav til lufttetthet (m^3/m^3h) i Byggteknisk forskrift og i NS 3700 Kriterier for passivhus og lavenergihus

Bygningstype	Frittliggende småhus	Rekkehus i inntil to etasjer	Andre bygninger
TEK 97	≤ 4,0	≤ 3,0	≤ 1,5
TEK 2007/2010	≤ 2,5 [1)]	≤ 1,5 [1)]	≤ 1,5 [1)]
Lavenergi klasse 1 – NS 3700	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Lavenergi klasse 2 – NS 3700	≤ 3,0	≤ 3,0	≤ 3,0
Passivhus – NS 3700	≤ 0,6	≤ 0,6	≤ 0,6

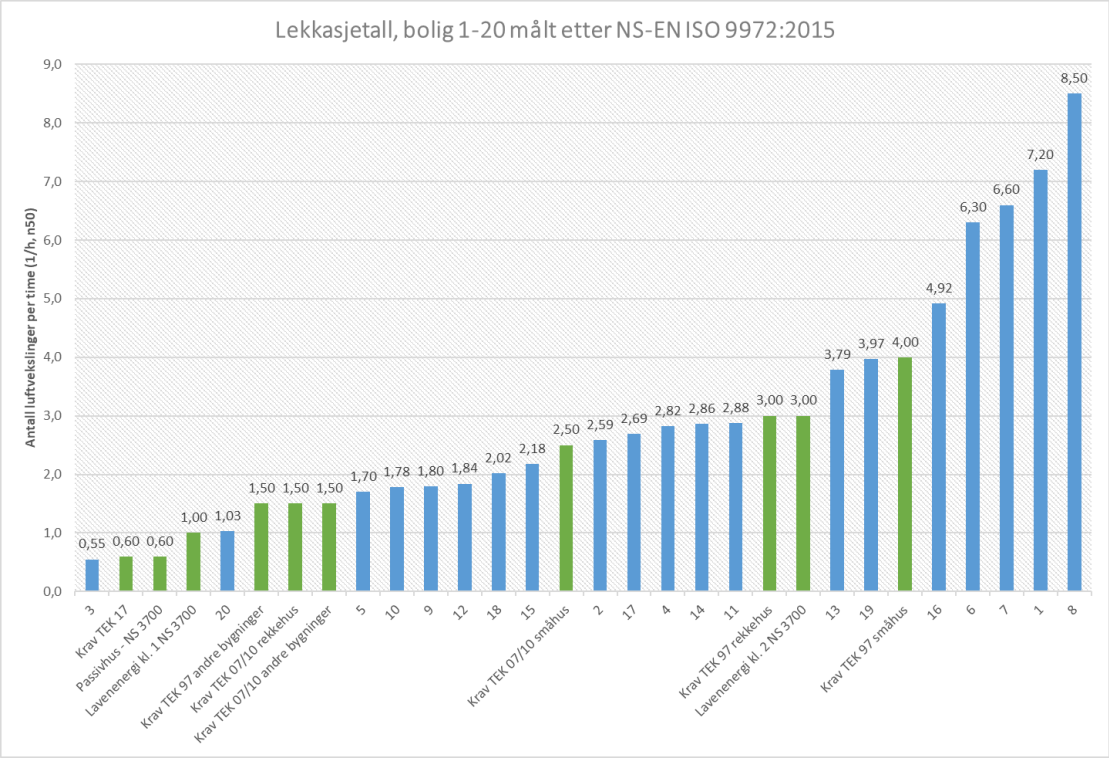
[1)] Ved omfordeling mellom energitiltak aksepteres en lufttetthet ≤ 3,0 m^3/m^3h.

3 Resultater

3.1 Resultatoversikt etter måling av lekkasjetall med blower door



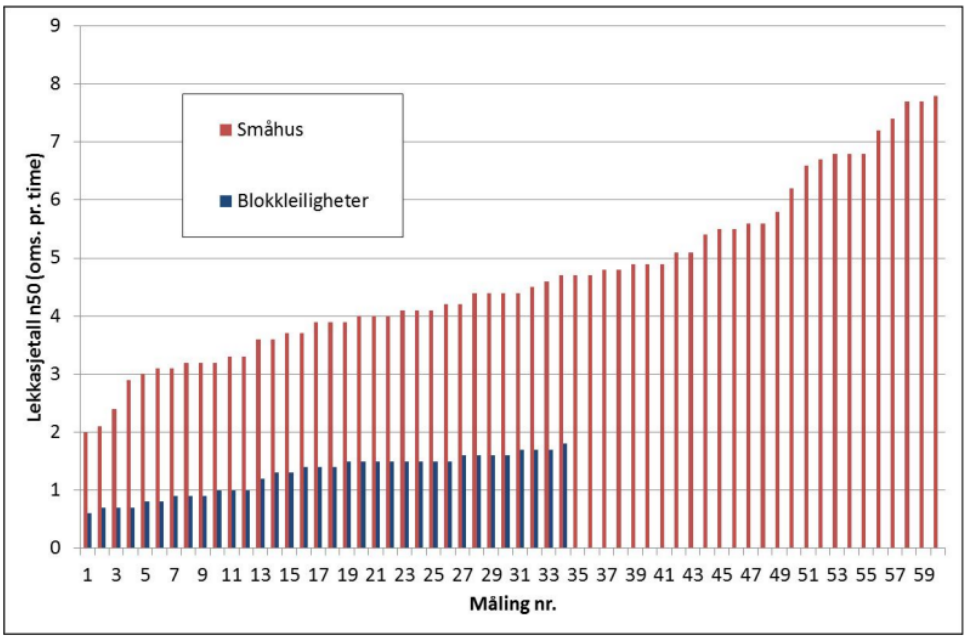
Figur 2. Diagrammet viser en oversikt over resultat fra samtlige trykktester som ble gjennomført i uke 48, sortert etter stigende rekkefølge på måleobjekt. Blå stolper til venstre er resultat fra lekkasjemålinger, og grønne stolper til høyre viser de ulike kravene over tid. Måleobjektene er med hensikt anonymisert.



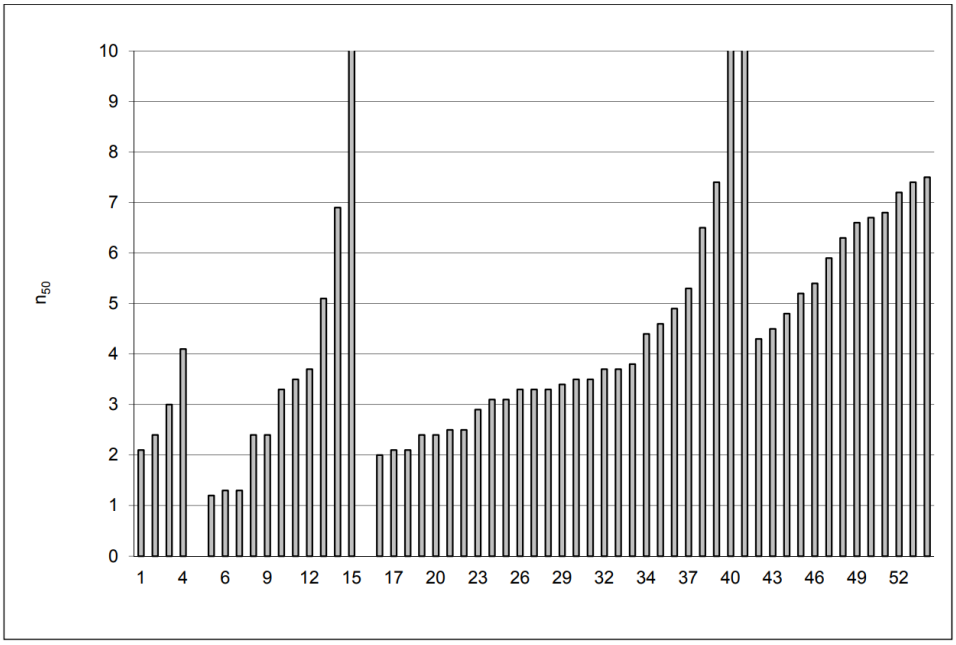
Figur 3. Samme resultatene som vist over, men sortert i stigende rekkefølge etter målt lekkasjetall.

3.2 Resultater til sammenligning – lekkasjetall i norske bygninger

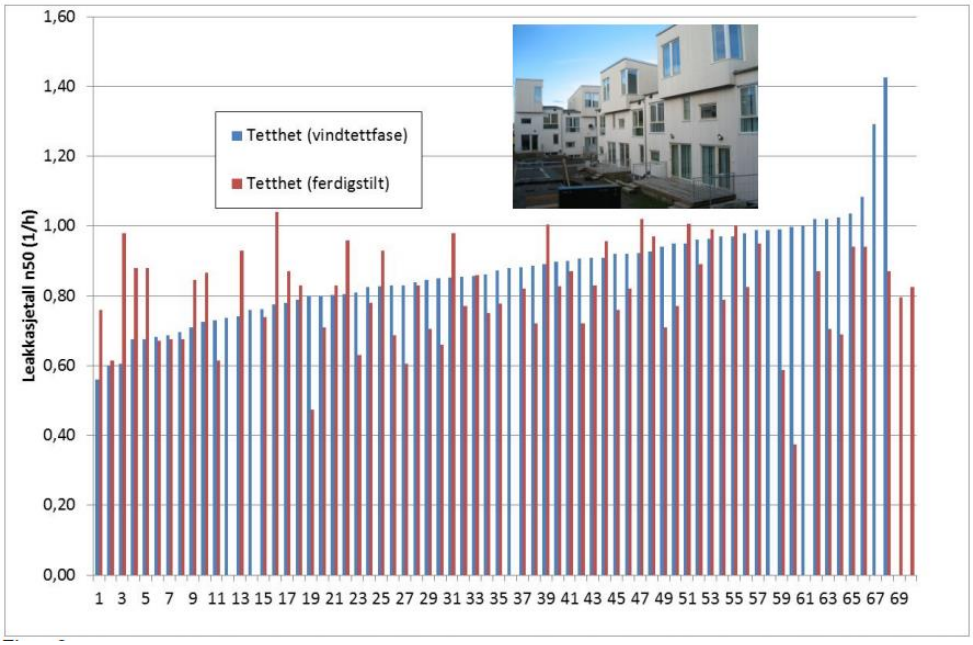
Lekkasjetall for fritt utvalgte boliger bygget i 1970-årene er vist i Figur 4. Lufttetthetsmålingene ble utført av Norges byggforskningsinstitutt på slutten av 70-årene. Figur 5 viser målinger fra tidsrommet 1998-2003. Figurene viser at det er et stykke igjen til dagens tetthetskrav i nye boliger. Målinger i et større boligfelt på Vestlandet viser at god tetthet er fullt mulig å oppnå, se Figur 6.



Figur 4. Fordeling av lekkasjetall i norske småhus og blokkleiligheter bygd på 1970-tallet. Både husene og leilighetene var fritt utvalgt i fire kommunder på Østlandet og Vestlandet. (Brunsell og Uvsløkk 1980). Kilde: SINTEF Byggforsk, prosjektrapport.



Figur 5. Lekkasjetall fra målinger utført av SINTEF Byggforsk i tidsrommet 1988-2003, sortert etter kategori i grupper (fra venstre): yrkesbygg, boliger i blokk, småhus, 11 småhus fra ett og samme prosjekt. Kilde: SINTEF Byggforsk, prosjektrapport.



Figur 6. Lufttetthetsmålinger fra 68 boenheter i boligfeltet Jåtten øst. Prosjektet ble ferdigstilt i 2008. Kilde: SINTEF Byggforsk, prosjektrapport.