



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi

Tormod Aurlien

Vindpåvirkning av interne luftlekkasjer

Wind impact of internal air leakage

Georg Thorsnes

Byggeteknikk og arkitektur

Fakultet for realfag og teknologi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutter for matematiske og teknologiske realfag ved Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet høsten 2017 og har et arbeidsomfang på 30 studiepoeng, der den markerer slutten på det 5-årige masterprogrammet Byggeteknikk og arkitektur.

Studie jeg går på NMBU er en teknisk linje med elementer av formgivning og planlegging. Det var derfor ønskelig å se på en problemstilling som kunne sammenfatte disse elementene, men hovedfokuset ligger på bygningsfysikk. Med de nye forskriftene i TEK 10, altså TEK 17 har kravet om luftlekkasjer blitt betydelig strammet inn, men forskriften sier ingen ting om krav til interne luftlekkasjer. På bakgrunn av dette tar denne oppgaven sikte på å studere interne luftlekkasjer; og presentere informasjon om hvordan lekkasjene fungerer, i tillegg til hvordan lekkasjene kan påvirke hvordan bygninger brukes.

Jeg vil rette en stor takk til min hovedveileder, professor og sivilingeniør Tormod Aurlien. Han har vist en stor glede og entusiasme rundt tematikkene utforsket i denne oppgaven. Tormod har bidratt med innspill og god støtte ved akademiske og faglige utfordringer. Jeg vil dessuten rette en stor takk til Dimitrios Kranitios for at han har satt av tid og hjulpet meg med sporgassmålingene og andre spørsmål jeg måtte ha.

Avslutningsvis vil jeg vise takknemlighet ovenfor mine foreldre, som har bidratt med positive ord, gode tilbakemeldinger, og motivasjon i fullførelsen av dette studiet.

Ås, Januar 2018

Georg Thorsnes

Sammendrag

Nytt for 2017 er en revidert utgave av TEK 10 kalt TEK 17. I denne nye forskriften er det blitt et betydelig større fokus på U-verdi, luftlekkasjer og energikrav til bygninger. TEK 17 stiller kun krav til lekkasjetall gjennom klimaskjermen, men ikke til infiltrasjonen i interne lekkasjer. Interne luftlekkasjer defineres som lekkasjer som vil kunne oppstå gjennom for eksempel forskjellige brannsoner og boenheter.

Med denne oppgaven er det tenkt å finne ut mer om interne luftlekkasjer og hvordan disse endrer seg med hensyn på vinden. For å kunne se hvordan vind påvirker infiltrasjon gjennom interne luftlekkasjer ble det brukt trykktesting med Blowerdoor og sporgassmåling med CO₂. Begge testene foregikk på modulen på Søråsfeltet. For å kunne skaffe en årsakssammenheng mellom vind og interne luftlekkasjer ble innsamlingen av data manipulert. Det viste seg i ettertid at de interne luftlekkasjene som allerede var i modulen var for store til å kunne påvise en årsak mellom vind og økningen av infiltrasjonen i de interne lekkasjene. Det var liten eller ingen trykkforskjell mellom de to innvendige volumene i modulen. På grunnlag av dette kan det ikke sees noen endring på luftskifte om det interne hullet er åpent eller lukket. Av den grunn ble det ikke funnet noen signifikant sannsynlighet mellom vind og infiltrasjon i interne luftlekkasjer.

Det var derimot en større trykkforskjell mellom ute og inne så det kan derfor observeres en trend på luftskifte om vindhastigheten øker, sammenhengen er ikke statistisk signifikant. Det viste seg i ettertid at det å måle på trykkforskjellen mellom ute og inne er helt avgjørende for metoden til neste forsøk.

Abstract

Last year, in 2017, the TEK 10 was revised. The new issue is known as the TEK 17. TEK 17 differs from its predecessor in terms of a significantly increased focus on U-values, air leakages and energy requirements for buildings. The TEK 17 only sets requirements for leakage number through the construction, but not for infiltration in internal leakages as such. Internal air leakages are herein defined as any leakages that may run through separated units, e.g. fire zones or residential units.

This thesis aimed at investigating the subject of internal air leakages and how this phenomenon acts with respect to the wind. In order to see how the wind affects infiltration through internal air leakages, pressure testing with Blowerdoor and tracer gas with CO₂ was used. Both tests were conducted on a module on the Sørås field (Søråsfeltet). The data collection was manipulated in order to establish a causal link between wind and internal air leakages. However, after the tests had been conducted it was discovered that the pre-existing air leakages in the module itself were too great in scale to establish the aforementioned causal link. Also, there were little or no pressure difference between the two volumes inside the module. Because of these two facts it was not possible to observe any difference in the air exchange regardless of the experimental condition. Hence, there was not found any significant probability between wind and infiltration in internal air leakages.

There was, however, observed a greater pressure difference between the internal and the external environment of the module (inside and outside of the module). This points towards the fact that there is a trend on the air exchange if the wind velocity increases. The relationship was not statistically significant. It was later found that measuring the pressure difference between the inside and the outside is of great importance in case of replication of this study.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
Innhold	VII
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Målsetting og problemstilling.....	2
1.3 Avgrensing.....	2
1.4 Disposisjon	3
1.5 Symboler.....	4
2 Teori.....	5
2.1 Lufttetthet i bygninger	5
2.1.1 Hva er dette?.....	5
2.1.2 Hvorfor bygge tett?	6
2.1.3 Luftlekkasjer.....	8
2.1.4 Varmetap	11
2.1.5 Lekkasetall, n50	12
2.2 Ventilasjonsanlegg i boliger	13
2.3 Hva er CO ₂ ?	14
3 Metode	17
3.1 Forskningsmetoder	17
3.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode	17
3.1.2 Validitet og reliabilitet	17
3.1.3 Anvendt metode i oppgaven.....	18

3.2	WEE moduler	19
3.3	Utstyr som er brukt	20
3.3.1	Blowerdoor	20
3.3.2	Sporgassmåling	21
3.3.3	Multimeter	22
3.3.4	Bordvifter	22
3.4	Datainnsamling	22
3.4.1	Innhenting av data	23
3.4.2	Fremstilling av resultater	25
4	Resultater	29
4.1	Sporgassmåling	29
4.1.1	Periode 1	29
4.1.2	Periode 2	29
4.1.3	Luftskifte i modul A	31
4.2	Differansetrykkmetoden i modul A	32
4.3	Differanse 2	33
5	Diskusjon	35
5.1	Innsamling av data	35
5.2	Sporgassmåling	37
5.3	Differansetrykkmetoden	38
6	Konklusjon	41
6.1	Videre arbeid	41
7	Referanser	43
	Vedlegg	I
	Vedlegg 1, Luftskifte for periode 1	I
	Vedlegg 2, Luftskifte for periode 2	VIII
	Vedlegg 3, Gjennomføring av sporgassmålingen	XVII

Vedlegg 4, Trykktest av modul A	XXI
Vedlegg 5, Trykktest med alle lukket.....	XXIV
Vedlegg 6, Trykktest med utvendig hull åpent.....	XXVI
Vedlegg 7, Trykktest med internt hull åpent	XXVIII
Vedlegg 8, Trykktest med utvendig og innvendig hull åpent.....	XXX
Vedlegg 9, Plantegning av Seterhøybakken	XXXII
Vedlegg 10, Trykktest av Seterhøybakken, undertrykk	XXXIV
Vedlegg 11, Trykktest med Blowerdoor 4.0	XXXVI
Vedlegg 12, Trykktest med Blowerdoor 4.1	XXXVIII

Figurliste

Figur 1.1, Forskjell på reduksjon av lekkasjetall og øking av isolasjon (Hole & Aurlien 2013) 1	
Figur 2.1. (viser hvordan luftlekkasjer kan oppstå (Holøs & Aurlien 2014))	9
Figur 2.2, Vindpåvirkning på bygning, trykk og sug (Quirouette and arch, 2004).....	10
Figur 2.3. Skorsteinseffekten, med nøytralsonen i midten (Geving 2004)	11
Figur 3.1, Forhold mellom indre og ytre validitet (Ringdal 2001)	18
Figur 3.2. Plantegning av modul A, med plassering av hull og Rotronic målere (Georg Thorsnes).....	19
Figur 3.3. Plassering av Blowerdoor (Foto: Georg Thorsnes)	20
Figur 3.4, Skjerm bilde av Rotronic SW21 med CP11 (skjerm bilde av SW21).....	22
Figur 3.5.. Utplassering av måler 1 og måler 2 i lite rom (Foto: Georg Thorsnes).....	24
Figur 3.6, Satellittbilde av TF-bygningen ifht.. Søråsjordet (google.no/maps 2017)	24
Figur 4.1. Luftskifte mot økende vindhastighet	31
Figur 4.2, utregning av C og n for utvendig hull.....	32
Figur 4.3, utregning av C og n for internt innvendig hull	32
Figur 4.4, undertrykksmåling av Seterhøybakken	33
Figur 5.1. Ødelagt vindsperre på modul A (Foto: Georg Thorsnes)	36
Figur 5.2. Dør inn til lite rom, skjev etter mange målinger (Foto: Georg Thorsnes).....	37
Figur 5.3. Plassering av det ene solcellepanelet mot modulene (Foto: Georg Thorsnes)	38

Tabeller

Tabell 1.1, symboler og forklaring til symbolene	4
Tabell 2.1. vanlige mål på luftlekkasjer (Holøs & Aurlien 2014	13
Tabell 3.1. Minimumsvarighet for luftinfiltrasjonstest	26
Tabell 3.2. Vindretning i forhold til grader.	26
Tabell 4.1, tabell som viser vind og luftskifte i periode 1	29
Tabell 4.2, tabell som viser vind og luftskifte når internt hull er åpent i periode 2	29
Tabell 4.3, tabell som viser vind og luftskifte når internt hull er lukket i periode 2	30

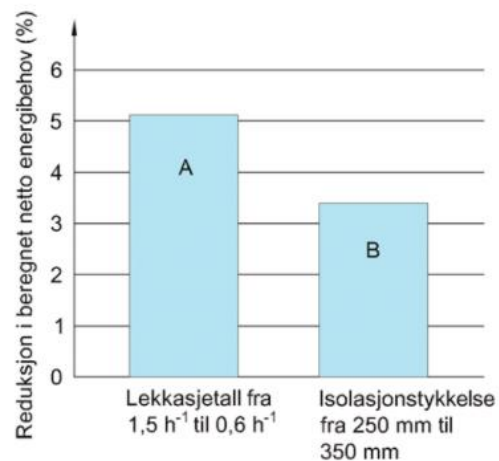
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I følge FNs klimapanel må det globale CO₂ utslippet reduseres med omtrent 50 % innen 2030 og videre reduseres til 70-80 % innen midten av århundret. (Jansen 2016). Norge har i samsvar med FN og Paris-avtalen gått inn for å redusere utslippene fra transport, jordbruk, bygg og avfall med 40% innen 2030, noe som er lovfestet i klimaloven (Miljødepartementet 2016 s. 88). Byggsektoren i Norge bruker ca. 40% av all energibruk som skjer på fastlandet, men står bare 2 % av det totale klimagassutslippet. Dette kommer i hovedsak av at strømforsyningen i Norge kommer fra fornybare energikilder som vannkraft (Miljødepartementet 2016)

Luftlekkasjer kan utgjøre opptil 90 % av varmetapet i vanlige boliger. Dette bidrar til at det brukes mer energi enn nødvendig (termofotonorge 2013). Som vist på figur 1.1 vil en reduksjon av lekkasjetallet i større grad bidra til reduseringen av energibehovet sammenlignet med å øke tykkelsen på isolasjon. Nytt for 2017 er en revidert utgave av TEK 10 kalt TEK 17. I de nye forskriftene er det blitt et betydelig høyere fokus på lekkasjetall, energikrav og U-verdi på vindu og gulv. Med de nye kravene vil tykkelsen på isolasjon øke i takt med at klimaskjermen blir tettere. Med tykkere og tettere vegger vil fuktigheten som kan oppstå i veggene ha en mye vanskeligere og lengre vei for å komme seg ut. Det er stort sett alltid høyere fuktinnhold i inneluft enn uteluft. Samtidig er det gjerne et overtrykk inne i bygget; dette for å ikke suge forurensning inn gjennom konstruksjonen. Dette medfører at dampsperrer må være så tett at den hindrer den fuktige inneluften fra å bli presset ut gjennom dampsperrer og inn i konstruksjonen.

Dagens forskrift TEK 17 stiller krav til luftlekkasjer gjennom klimaskjermen og bygningskropp, men ikke til interne luftlekkasjer. Det er kravene til branntetthet og lyd, og da hvilken risikoklasse som avgjør tettheten til konstruksjonen og innvendige vegger. Det stilles



Figur 1.1, Forskjell på reduksjon av lekkasjetall og øking av isolasjon (Hole & Aurlien 2013)

ingen krav til infiltrasjon og luftlekkasjer gjennom interne vegger. NS-EN 13829, som er standarden for trykktesting med differansetrykkmetoden, forteller at man kan neglisjere interne luftlekkasjene ved delmålinger ved å bruke støttetrykkmålinger som et hjelpemiddel. I stedet for å neglisjere lekkasjene kunne man ha brukt støttetrykkene til å bestemme hvor store de interne luftlekkasjene er (Iden & Sandeggen 2015). Interne luftlekkasjer vil i utgangspunktet ikke påvirke luftlekkasjer gjennom klimaskallet, men ved sterk vind og mange interne luftlekkasjer kan det medføre en økt lekkasje og større vindhastighet gjennom klimaskallet. Store interne lekkasjer vil for øvrig medføre en økt risiko for brannspredning, lukt, lyd, trekk og nedsatt komfort.

1.2 Målsetting og problemstilling

Hensikten med denne oppgaven er å få en større forståelse av hvordan interne luftlekkasjer opptrer og hvordan disse kan påvirke hvordan man bruker bygninger. Med mål om å tilegne seg større innsikt i den helhetlige tematikken om interne luftlekkasjer, er følgende problemstilling blitt utforsket:

Hvor stor innvirkning har vind på infiltrasjonen og interne luftlekkasjer?

Speilet i denne problemstillingen presenteres to hypoteser som bidrar til å utarbeide svar på problemstillingen. Disse lyder som følger:

Ved høyere vindhastighet vil infiltrasjonen på grunn av interne luftlekkasjer øke.

Infiltrasjon i rom med god intern lufttetthet vil være mindre enn i rom med dårligere intern lufttetthet.

1.3 Avgrensning

Da denne oppgaven er skrevet i løpet av et tidsbegrenset semester er det av akademisk hensyn helt nødvendig å tydeliggjøre visse avgrensende rammer for arbeidet denne oppgaven baserer seg på. Følgelig er det er ikke sett på hvilket utslag temperaturdifferansen vil ha å si på et luftskifte. Det er kun sett på vind hver tiende minutt så hvordan eller hvilken innvirkning vindkast har på luftskifte er valgt bort.

Videre er det ikke sett på situasjoner der friskluft kommer gjennom lekkasjer og hvordan den friske luften sprer seg i boligen.

Det bør nevnes at det var ønskelig å bruke et multimeter for å kunne logge trykkforskjellen mellom ute og inne som oppsto på grunn av vindtrykket. Dette lot seg dessverre ikke gjøre da

programvaren og instrumentet som var til rådighet ved NMBU var utdatert. Avslutningsvis er det er ikke gjort noen utbedringer på modulene, annet enn å tape igjen vindsperran når den har løsnet.

1.4 Disposisjon

Med mål om å utarbeide en oversiktlig og effektiv arbeidsprosess som svarer på problemstillingen er det satt opp en tematisk disposisjon. Denne er herunder presentert i kronologisk rekkefølge.

Teori

Teorien presenterer relevante årsaker til luftlekkasjer; og dessuten hvilke forhold som kan være kritisk når det gjelder eksisterende lekkasjer – i tillegg til å utforske hvordan disse oppfører seg.

Metode

I dette kapittelet vil metoden som er iverksatt i arbeidsprosessen greies ut om. Her blir forskjellen på validitet og reliabilitet presentert, samt at det vil beskrives hvordan metoden er gjennomført og hvilket utstyr som er brukt i så måte.

Resultater

Her vil resultatene som er anskaffet ved hjelp av metoden presenteres. Resultatene er dessuten billedlig presentert i form av tabeller, figurer og grafer.

Diskusjon

Diskusjonen tar utgangspunkt i prosjektets resultater, analyserer og diskuterer disse. Metodikken i teori og praksis blir tatt opp; og det vil legges vekt på hvilke faktorer som fordelaktig kunne vært gjennomført annerledes.

Konklusjon

Avslutningsvis vil en konklusjon bli gitt. Denne sikter til å besvare problemstillingen ved å ta utgangspunkt i de nevnte hypotesene – og legger til rette for hvilket arbeid som kan gjøres for å videreføre tematikkene i dette prosjektet.

Referanser

Henvisninger til hvilke kilder som er brukt i denne oppgaven.

1.5 Symboler

Tabell 1.1, symboler og forklaring til symbolene

Symbol	Enhet	Forklaring
<i>Differansetrykkmålinger (Trykktesting)</i>		
C_{env}	$m^3/(h \cdot Pa^n)$	Luftmengdekoefisient
C_L	$m^3/(h \cdot Pa^n)$	Luftlekkasjekoeffisient
n		eksponent
V	m^3	Innvendig volum (oppvarmet volum)
v_{50}	m^3/h	Lekkasjeluftmengde ved 50 Pa
n_{50}	$1/h$	Lekkasjetall ved 50 Pa
Δp	Pa	Indusert trykkdiferanse
v	m/s	Vindhastighet
<i>Sporgassmåling</i>		
$C(t)$	ppm	Konsentrasjon av CO ₂ ved et gitt tidspunkt
$C(0)$	ppm	Konsentrasjon av CO ₂ ved starttidspunkt
C_0	ppm	Utekonsentrasjon av CO ₂
C_N		Normalisert CO ₂ konsentrasjon
$\ln [C_N]$		Naturlige logaritme til C_N
t	s	Tid

2 Teori

Dette kapitlet utarbeider det teoretiske grunnlaget som er avgjørende for forståelsen av vinddrevet trykkforskjell, forskjellige luftlekkasjer og problemer med luftlekkasjer. Den teoretiske kunnskapen som presenteres i dette kapitlet gjør seg særlig gjeldende både for det metodiske arbeidet, og er også relevant i den kommende diskusjonen.

2.1 Lufttetthet i bygninger

2.1.1 Hva er dette?

Det var tidligere vanlig å bygge klimaskjermen utett slik at bygningen ventilerte seg selv. Luftsifte i boligen vil således skje enten gjennom vindpåvirkningen eller den termiske oppdriften som skyldes temperaturforskjellen mellom ute og inne, noe som varierer med årstidene. For å kunne ventilere med naturlig ventilasjon kreves det at det er mange små og store hull i konstruksjonen som fører til at uteluften lekker gjennom. Dette er lite gunstig i klimaet i Norge. Dette skyldes at tilfeldige luftlekkasjer i bygningskonstruksjonen gir en kontinuerlig tilførsel av kald og uoppvarmet luft inn til det oppvarmede areal, og som dermed gir et økt behov for oppvarming eller kjøling (Holøs & Aurlien 2014).

I et bygg kan luftutskiftning være kontrollert eller ukontrollert; dersom utskiftningen er ukontrollert kalles det infiltrasjon eller eksfiltrasjon. Til sammenligning vil kontrollert utskiftning forekomme gjennom ventilasjonsanlegget. Infiltrasjon i bygninger forstås som den ukontrollerte strømmen av utvendig luft til det innvendige oppvarmede arealet som kommer gjennom sprekker og hull i konstruksjonen (Kraniotis et al. 2014). Eksfiltrasjon betegnes som luftlekkasjer fra det oppvarmede arealet til uteluft. Luftinfiltrasjon har en sentral rolle i energiforbruket i bygninger, og en bedre forståelse av hvordan infiltrasjonen påvirker bygninger er dermed helt grunnleggende for å kunne lage nullenergibygninger. Forskjellen i temperatur mellom ute og inne, og trykkforskjeller som skjer som følge av vind er hovedfaktorene for at det skal forekomme en luftinfiltrasjon (Kraniotis 2014).

Kraniotis (2014) påpeker at det kan se ut til at det er den varierende vinden og da særlig turbulensen som oppstår og skaper vindkast, som styrer infiltrasjonsraten til lave bygninger. I varierende vind vil det oppstå strømnings som påvirker den konstante luftstrømmen gjennom sprekker og hull i konstruksjonen og dermed fører det til et avvik fra gjennomsnittet. I små bygninger som boligbygg vil infiltrasjonen ha mye å si for luftlekkasjene i bygget, mens i

større bygninger vil infiltrasjon være mindre avgjørende. Infiltrasjon i små bygninger kan være en av de største grunnene for at det vil være luftlekkasjer og dermed et økt energibruk (Deru & Burns 2003). Ved vindhastigheter over 4m/s vil vind være den drivende faktoren for luftskifte (Blom 1994).

2.1.2 Hvorfor bygge tett?

Ventilasjon

Luftlekkasjer gjennom klimaskjerm gir bare et ekstra varmetap siden varmen fra avtrekksluften ikke blir resirkulert. Byggeforskriftens krav til ventilasjonsanlegg er en temperaturvirkningsgrad på 80 % (DiBK §14-2 2017). Kravet kan tilfredsstilles ved å bruke et mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinner. Ved å ha en åpen klimaskjerm, er det tilnærmet umulig å tilfredsstille kravene siden varmen ikke blir gjenvunnet. Andelen varme som kommer gjennom luftlekkasjene er sterkt væravhengig; dette medfører at varmetapet kan øke betydelig ved tilfeller av sterk vind eller særdeles kaldt vær. Lekkasje er som regel ikke jevnt fordelt utover konstruksjonen, noe som kan føre til at det er krevende og utfordrende å lykkes med en behagelig og effektiv oppvarming. Om lekkasjetallet n_{50} øker fra 2 til 3 h^{-1} vil energibehovet til en moderat vindutsatt bolig i Oslo øke med 5% (Holøs & Aurlien 2014).

God inneluft

For at bygninger skal være energieffektive er det en forutsetning at inneklimaet er bra. God inneluft og energieffektive boliger forutsetter at man har kontroll på tilførsel, avtrekk og lufttettheten til konstruksjonen (Hole & Aurlien 2013). For å kunne opprettholde kravet til forskriften er det videre nødvendig at ventilasjonssystemet er dimensjonert og regulert for bygningen, samt at klimaskjerm og brannsoner er så lufttette som mulig. «Tette hus» har gjerne en negativ klang og assosieres med dårlig og innestengt luft. Inneluft som er for dårlig betyr bare at ventilasjonssystemet er for dårlig, ikke at bygningen er for tett (Blom & Uvsløkk 2012).

Fuktsikring

Det estimeres at 60-80 % av alle byggeskader kommer av fukt eller påvirkning fra fukt. Det er fukt som gjør at det oppstår korrosjon, soppvekst og annen biologisk aktivitet, frostsprengning og svelling. Fukt kan dessuten føre til helsefarlig emisjon fra materialer (Geving 2005).

Luftlekkasjer i klimaskallet kan medføre økt risiko for fuktskader i konstruksjonen. Det er i kalde perioder konstruksjonen er mest utsatt for fuktproblematikk – her er temperaturdifferansen størst og luftstrømmen vil bli større. Inneluft har som regel høyere

fukttinnhold enn uteluft, og det er dermed større sannsynlighet for fuktskader når luftstrømmen beveger seg innenfra og utover.

Komfort, trekk

Hvis det er utettheter i bygninger så kan det oppleves som sjenerende trekk. Det er mange som kan oppleve at dette er kjølig og man vil da øke temperaturen; følgelig øker behovet for energi.

Redusert oppvarmingsbehov

For å få redusert behovet for oppvarming er det kravet til lufttetthet som har mest å si. Lekkasje i klimaskallet øker behovet for oppvarming og energi ved at luftlekkasjene gjør at det blir et større luftskifte og dermed et større ventilasjonsvarmetap. Lekkaseluften går ikke innom varmegjenvinner slik at mindre varme blir gjenvunnet. Luft som kommer inn i konstruksjonen vil sirkulere rundt i isolasjon og redusere virkningsgraden til materialet (Blom & Uvsløkk 2012).

Brann

Det er ikke nødvendigvis slik at brannen sprer seg gjennom utettheter til korridorer, trapperom og brannceller - men røyk, gasser og ny oksygentilførsel kan komme gjennom utetthetene. I de fleste tilfeller hvor liv går tapt relatert til brann er det for øvrig røykdannelsen og påfølgende røykforgiftning som er årsaken (DSB 2016).

Radon

Eksposering av radon øker faren for å få lungekreft. Verdens helseorganisasjon har konkludert med at den nest viktigste årsaken til lungekreft etter røyking er radon (WHO 2016). Radon er en radioaktivgass – i nye bygninger forekommer radon hovedsakelig som resultat av utettheter i konstruksjoner i grunnen. Byggeforskriften TEK 17 har krav til at bygninger for varig opphold skal ha radonsperre mot grunn - og i områder der radonforekomsten er høy, er det svært viktig å fokusere på lufttetthet (Bjaanes 2013). Ved å ha god lufttetthet i tak og vegger vil lekkasjene gjennom gulvet reduseres og trykkforskjellen over gulvet vil reduseres. Teknisk forskrift TEK 17 stiller krav til at det ikke skal være mer enn 200 Bq/m³ i nybygg som en grenseverdi (Statens strålevern 2017).

Lukt og forurensning

Luft i, under eller utenfor boligen, kan være forurenset på ulike måter. I fler-bolig-hus kan utettheter i skillekonstruksjon føre til at mat- og røyklukt blir overført fra tilstøtende

boenheter, mugglukt eller soppsporer blir trukket opp fra krypkjeller, eller eksos fra parkeringskjeller. Dette kan gi uheldige utslag for individene som bor i boligen og kan dessuten fremprovosere en allergisk reaksjon. For at det ikke skal kunne oppstå spredning av lukt må skillekonstruksjonen være helt tett og det kan heller ikke eksistere noen interne luftlekkasjer. For at disse problemene skal unngås bør det ikke være noen interne luftlekkasjer, og de innvendige boenhetene bør ha like strenge krav til lekkasje som ytterveggene (Blom & Uvsløkk 2012).

Lyd

For at det ikke skal bli problemer med lyd fra utvendig og innvendig kilder er det en forutsetning at det er bra lufttetthet (Blom & Uvsløkk 2012).

Allergener og smitte

Når tilluft kommer gjennom ventilasjonsanlegget og blir filtrert vil det være mye mindre veistøv, pollen og annen utendørs forurensning enn luft som kommer gjennom lekkasjer. På områder med smittefare, som eksempelvis sykehus og institusjoner er det en forutsetning at det ikke er lekkasjer som kan spre smitten rundt (Blom & Uvsløkk 2012).

2.1.3 Luftlekkasjer

Luft som er stillestående isolerer best. Det er ikke selve isolasjon som isolerer, men luften mellom fibrene i isolasjon som blir varmet opp. På utsiden av bygget ligger en vindsperre som skal hindre at kald luft blåser inn i bygget, mens dampsperran hindrer at fuktig kommer fra inneluften og ut i konstruksjonen. For at dette skal fungere må vindsperren være minst ti ganger så diffusjonsåpen som dampsperran slik at den fuktige luften i konstruksjonen kan trekke ut. Vi kan sammenligne et bygg med en anorakk, for å forstå hvordan luften beveger seg i bygget. En anorakk som har lagvis med ull fungerer slik at anorakken holder vinden ute, og ulla isolerer fordi det er luft mellom lagene (Lavenergiprogrammet 2017).

Gjennomblåsing og anblåsing

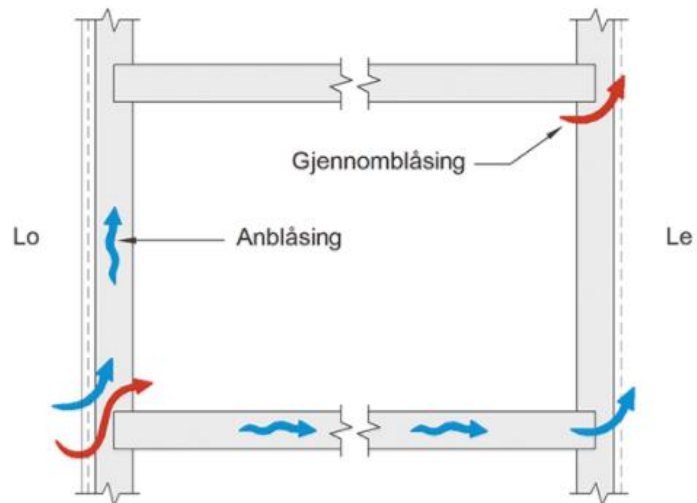
Det skiller generelt sett mellom to typer luftlekkasjer, gjennomblåsing og anblåsing. Ved gjennomblåsing strømmer luft gjennom klimaskjermen; både vindspærren og dampspærren. Dette skjer begge veier, og er kjent som infiltrasjon og eksfiltrasjon. Hvis det er ulik temperatur og trykk rundt klimaskjermen vil det oppstå et varmetap. Kravet som Teknisk forskrift stiller til luftlekkasjer med lekkasjetallet blir målt ved gjennomblåsing.

Anblåsing er når luft strømmer gjennom åpninger i vindspærren og inn i isolasjon et sted og kommer ut igjen et annet sted.

Anblåsing skjer primært dersom det er forskjellig vindtrykk på vindspærren. Det vil bli et større varmetap siden det blir

bevegelser i luften i isolasjonen og

isolasjonsevnen til konstruksjonen blir redusert. Det vil ikke nødvendigvis bli et høyere lekkasjetall til bygningen. For at det ikke skal oppstå anblåsing er det viktig at skjøter i vindspærren og dampspærren er helt tette. Figur 2.1 viser hvordan anblåsing og gjennomblåsing kan være (Holøs & Aurlien 2014)



Figur 2.1. (viser hvordan luftlekkasjer kan oppstå (Holøs & Aurlien 2014))

Drivkrefter

For at det skal oppstå luftlekkasjer må det være en forskjell i lufttrykket mellom ute og inne. Det er tre måter det kan skapes drivkrefter over bygningskroppen som kan provosere frem en luftstrøm gjennom lekkasjer (Blom & Uvsløkk 2012).

- Vind
- Ulik temperatur mellom ute og inne
- Vifter i ventilasjonsanlegg, kjøkkenhetter og ventiler

Når vind treffer en bygning vil dette skape trykkforskjeller over bygningen. Der vinden treffer en bygning vil hastigheten til vinden stanse opp og således skape et høyere trykk på fasaden – dette betegnes som stagnasjonstrykk (Quirouette & Arch 2004). Hastigheten til vinden vil gå over til å bli et trykk på fasaden. På lo side (vindsiden) vil det skapes et overtrykk utvendig som medfører en raskere luftstrøm gjennom bygningskroppen og dermed en nedkjøling av isolasjonen. Det vil oppstå anblåsing i isolasjon og luftstrømmer vil bevege seg gjennom isolasjonen. På le side vil det oppstå et undertrykk som suger inneluften ut gjennom konstruksjonen. Dette vil

føre til at det blir et varmetap og større risiko for kondensering i konstruksjonen (Edvardsen & Ramstad 2012). Disse trykkforskjellene er med på å skape luftlekkasjer dersom ikke bygningskonstruksjonen er helt tett. Vinden gir som regel et lite undertrykk inne,

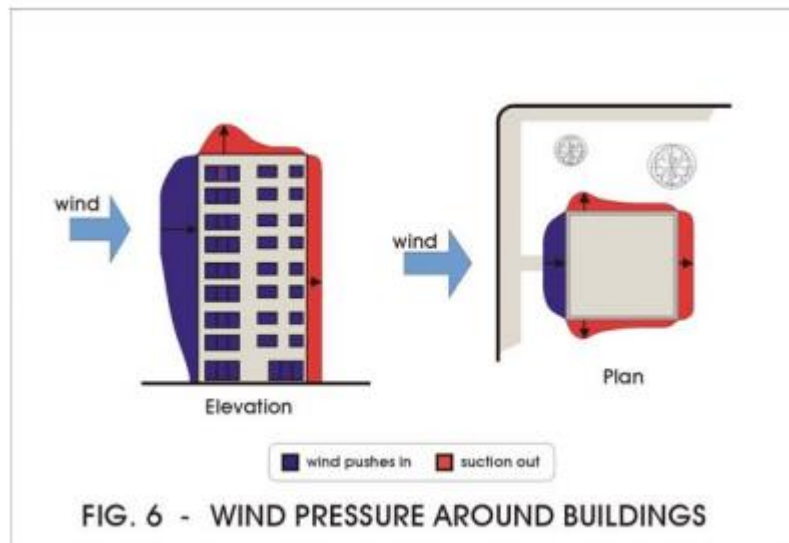
men hvis det er en stor overvekt av utettheter på lo side, kan det bli overtrykk inne (Blom & Uvsløkk 2012). Trykkforskjellen som oppstår som følge av vind mellom le og lo side kan presenteres slik (Holøs & Aurlien 2014):

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ [Pa]}$$

Likningen består av:

v - som representerer vindhastighet [m/s]

ρ - som representerer luftas densitet (ca. 1.2 kg/m³ ved normalforhold)



Figur 2.2, Vindpåvirkning på bygning, trykk og sug (Quirouette and arch, 2004)

Det naturlige trykket eller atmosfærisk trykk skyldes vekten til all luft over oss på et gitt areal. Kald luft er tyngre enn varm luft. Dette betyr at kald luft har høyere tetthet, og det medfører at kald luft synker og varm luft stiger. Denne bevegelsen kjennetegnes som skorsteinseffekten.

Effekten kan speiles i bevegelsen av luft i en varm pipe, som fører til oppdrift i pipen.

Dette vil si at hvis det er temperaturforskjeller mellom ute- og inneluft, eller tilstøtende bruksenheter så vil det bli en trykkforskjell. Det vil bli et overtrykk høyt i bygningen, og parallelt med dette et undertrykk lavt i bygningen (Geving 2005). I kalde perioder vil trykkforskjellen ha en større effekt, det blir

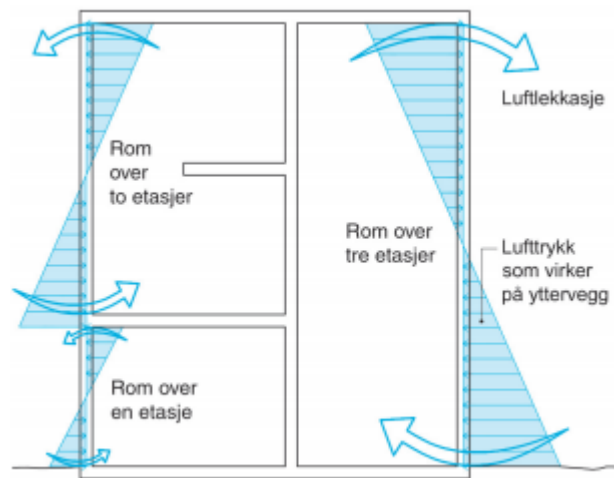
en høyere luftstrøm gjennom konstruksjonen i taket der fuktig luft

presses opp og ut. Samtidig vil det være et høyere undertrykk i kjeller og lavt i huset som gjør at fuktig luft fra grunnen suges inn gjennom utettheter og kan gi fuktskader. Nøytralsonen ligger omtrent ved halve høyden av bygget - her er trykket jevnt. En tommelfingerregel er at trykket stiger med omtrent 1 Pa per høydemeter over eller under nøytralsonen (Geving 2005).

Hvilket ventilasjonssystem som er brukt for bygningen påvirker trykkforskjellen og dermed luftstrømmen som kommer gjennom klimaskjermen. Mekanisk avtrekksventilasjon vil gi et undertrykk i bygninger. Dette kan føre til store trykkforskjeller over klimaskjermen og dermed at luftstrømmen gjennom lekkasjene blir høyere. Ved store trykkforskjeller kan det bli trekk gjennom enkeltlekkasjer og lukt kan lettere bli spredt. Balansert mekanisk ventilasjonsanlegg skal i de fleste tilfeller reguleres med lik avtrekk- og tilluftsmengde. Hvis dette er gjort riktig vil det være små trykkforskjeller (Holøs & Aurlien 2014).

2.1.4 Varmetap

Varmetap til bygninger kan skje på to måter; transmisjonsvarmetap - som er tap gjennom vegger, tak, vindu og lignende - og infiltrasjonsvarmetap. Transmisjonsvarmetap skjer ved forskjellige temperaturer mellom ute og inn og styres av de ulike U-verdiene, arealet og kuldebroene til forskjellige elementer. Varmetapet som skjer på grunn av transmisjon kan derfor beregnes og prosjekteres på forhånd (Holte Industri AS 2017). Infiltrasjonsvarmetap kommer av et varmetap gjennom luftlekkasjer og utettheter og er derfor avhengig av



Figur 2.3. Skorsteinseffekten, med nøytralsonen i midten (Geving 2004)

bygningens lekkasjetall, og ventilasjonsløsningen. Varmetapet som skjer på grunn av infiltrasjon kan ikke bestemmes, dette er noe som må måles etter at bygningen er ferdigstilt.

Det er teknisk forskrift som tilsier hvilket infiltrasjonsvarmetap som kan være gjennom klimaskjermen, og dette er knyttet opp mot lekkasjetallet på 0,6 (m³/(m³h ved 50Pa)). Det er mulig å fravike fra energikravene ved å omfordele på varmetapene, men da må man være innenfor minimumskravene og det totale energibehovet til boligen skal ikke økes (Klinski 2016).

2.1.5 Lekkasjetall, n50

Ved å måle luftlekkasjer i bygninger så kan målingen brukes til:

- Dokumentere at kravet til TEK 17 på lekkasjetall er akseptabelt
- Gjennomføre en energiberegning på bakgrunn av lekkasjetallet
- Finne elementer i konstruksjonen som kan gi redusert komfort
- Oppdage interne luftlekkasjer som kan gi økt risiko for brannspredning, lydproblemer, radon, forurensning
- Oppdage fuktskader

Etter en lekkasjemåling vil man få en lekkasjeluftmengde V_{50} som er ved en trykkforskjell på 50 Pa. Dette er et tall på hvor mye luft som må gjennom vifta for å opprettholde et overtrykk eller undertrykk på 50 Pa.

$$V = C * \Delta p^n$$

Hvor likningen består av:

V – som representerer volumstrømmen [m³/h]

C - koeffisient som sier hvor store mengder luft som kommer inn

Δp – representerer trykkforskjell over klimaskjerm [Pa]

n - eksponent som sier noe om hvilke lekkasjer som dominerer

Koeffisienten C er et tall på hvor mye luft som kommer inn gjennom klimaskjermen, mens eksponenten n sier noe om hvilke lekkasjer som opptrer (Holøs & Aurlien 2014). Kraniotis poengterer at eksponenten n vil kunne variere mellom 0,5 og 1. Hvis strømmingen er «turbulent» vil den få verdien $n = 0,5$ og når strømmingen er «laminær» vil den få verdien $n = 1$. Dersom lekkasjene er store vil koeffisienten n vanligvis komme nærmere 0,5 fordi strømmingen som oppstår vil bli mer turbulent gjennom store åpninger. I motsatt tilfelle,

dersom lekkasjene er små, vil koeffisienten n komme nærmere 1. Dette skyldes at strømmingen gjennom små åpninger er laminær.

Lekkasjetallet er en normalisert verdi som brukes til å sammenligne bygninger i forskjellige størrelser. Den beregnes ved å dividere lekkasjeluftmengden på oppvarmet volum beskrevet i NS 3031.

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V}$$

Hvor likningen består av:

V_{50} - representerer lekkasjeluftmengde ved 50 Pa [m^3/h]

V - representerer innvendig volum [m^3/h]

Tabell 2.1 viser en oversikt over de forskjellige målene på luftlekkasjer.

Tabell 2.1. vanlige mål på luftlekkasjer (Holøs & Aurlien 2014)

Enhet	Beregning	Benevning	Kommentar
n_{50} Lekkasjetall	$\frac{V_{50}}{\text{Oppvarmet volum}}$	h^{-1} eller oms/h	Brukes til energiberegning, og som forskriftskrav i Norge
q_{50} Luftlekkasje	$\frac{V_{50}}{\text{Klimaskjermens areal}}$	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	Brukes for å si noe om faktisk tetthet i konstruksjon
W_{50} Spesifikk lekkasjeluftmengde	$\frac{V_{50}}{\text{Oppvarmet gulvareal}}$	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	Brukes som forskriftskrav i Danmark.

2.2 Ventilasjonsanlegg i boliger

Ventilasjonsanlegg har to formål i bygninger. Det ene er å sikre at kvaliteten på luften er god nok, med tanke på komfort og helse. Det andre er å begrense luftfuktigheten innvendig for å hindre at det blir kondens og fuktskader i konstruksjonen og på overflater innvendig. Det finnes tre hovedprinsipper som er aktuelt når det gjelder ventilasjon; bventilasjon, naturlig ventilasjon og mekanisk avtrekk ventilasjon. Det anbefales av SINTEF Byggforsk å bruke balansert ventilasjon med lik avtrekk- og tilluftsmengde (Mysen 2015a).

Naturlig ventilasjon

I naturlig ventilasjon er det termisk oppdrift og vindsug over bygget som i hovedsak er de drivende kreftene for luftbevegelsene i bygget. Friskluft blir tilført gjennom utettheter i bygningskroppen og ventiler. Luftkvaliteten ute vil variere gjennom året og siden det er begrensede filtreringsmuligheter vil det oppstå ujevn og upålitelig ventilasjonsluft, trekk. Det benyttes ikke varmegjenvinner, noe som igjen vil øke behovet for oppvarming.

Mekanisk avtrekk

Mekanisk avtrekksventilasjon er i prinsippet det samme som naturlig ventilasjon ved at frisk luft kommer inn gjennom utettheter og ventiler, men det er en forskjell ved at det er vifter som suger et avtrekksluften. Avtrekksluften blir bedre regulert enn i naturlig ventilasjon. Det vil kunne oppstå trekk og et stort ventilasjonsvarmetap. Ved bruk av kun avtrekksvifter er det mer sannsynlig at det oppstår undertrykk i bygget, som medfører økt risiko for radoninntregning og fuktproblematikk (Mysen 2015a).

Balansert ventilasjon

Ved bruk av balansert ventilasjon er det vifter som sørger for at tillufts- og avtrekksluften er tilnærmet like. Kanaler innvendig fordeler friskluften rundt i bygningen, mens tilførselsventiler sørger for at luften kommer til de aktuelle rommene. Ved bruk av dette systemet er det mulig med varmegjenvinner og den bør ha en virkningsgrad på minst 80% (Thunshelle 2015). Dette medfører en sentral tilføring av tilluften, kontroll på luftmengder og hastigheter ved de enkelte rom, mulighet for å gjenvinne varmen fra avtrekksluften, oppvarmet tilluft og redusert risiko for radon i inneluften.

Det bør nevnes at det finnes noen ulemper; det vil være økt vedlikeholdsbehov, fare for betydelig svikt i anlegget ved manglende vedlikehold og ingen ventilasjon ved strømbrudd.

2.3 Hva er CO₂?

CO₂ er den kjemiske forbindelsen mellom karbon og oksygen, kalt karbondioksid. Den er både fargeløs og luktløs. CO₂ er en viktig komponent i atmosfærisk luft - i gjennomsnitt er det 0,004% (400 ppm) karbondioksid i atmosfæren. CO₂ dannes i forbrenningsprosesser som ved kull, og petroleum, men også i stoffskiftet til organismer som gjør at det kommer ut i utåndingen (Haraldsen & Pedersen 2017).

Ved utånding produserer mennesker om lag 15-20 liter CO₂ per time. I normale tilfeller som vil kunne oppstå i inneluften er ikke CO₂ farlig. Det laveste nivået der man har opplevd og

sett negative effekter ved for mye CO₂ er 10 000 ppm. Ved å måle mengden CO₂ i inneluften oppnår man en god indikasjon på vanndamp og forurensning fra mennesker. Den sier noe om kvaliteten på luften og fungerer som en indikator på det hygienisk luftskifte som er vanskelig å måle. Kroppslukter kan være et godt eksempel på dette. Studier har vist at CO₂ konsentrasjonen kan beskrive intensiteten av kroppslukter (Attramadal et al. 2015).

I Teknisk forskrift § 13-1, 3 ledd står det at «ventilasjonen skal være tilpasset forurensningsbelastning fra personer». Veiledning sier at karbondioksid er et mål på hvor stor forurensning som kommer fra personer. Ved et høyt innhold av CO₂ i inneluften er det for dårlig kapasitet på ventilasjonsanlegget i forhold til hvor mange personer som befinner seg i rommet. Arbeidstilsynet anbefaler at man ligger under den anbefalte faglige normen som er på 1000 ppm (Arbeidstilsynet 2016). Mysen (2015b) sier at den nødvendige luftmengden per person kan beregnes ved å ta hensyn til forskjellige aktivitetsnivåer etter formel [654] i byggdetaljer 421.503. Ved å bruke ventilasjonsanlegg med CO₂ sensor vil anlegget kunne regulere seg selv ved å ta utgangspunkt i forholdet mellom personbelastning og aktivitetsnivå (Mysen 2015b).

3 Metode

I dette kapittelet beskrives det hvilke metoder som er brukt for å samle dataene. Det vil dessuten greies ut om hvordan dataene er samlet inn, og på hvilken måte dataene er iverksatt og nyttiggjort for å produsere et gitt forskningsresultat.

3.1 Forskningsmetoder

3.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

Med utgangspunkt i en foreliggende problemstilling er det nødvendig å iverksette et redskap for å systematisk samle inn informasjonen som vil bidra til å svare på det aktuelle forskningsspørsmålet. Hvilken metode som benyttes som forskningsredskap i denne prosessen avhenger av problemstillingens format og ordlyd og hvilke informasjonskilder som benyttes for å belyse temaet. Innledningsvis er det relevant å tydeliggjøre forskjellene mellom kvalitative og kvantitative metoder.

Kvalitativ metode brukes primært for å kunne samle inn meninger og opplevelser, ved å observere, ha samtale eller lese tekst på noe som ikke lar seg måle eller tallfeste. Dette innebærer at forskningen går ut på undersøkelser i dybden. For å tilegne dataene mening må disse tolkes og kodes ut i fra konteksten (Dalland 2013). Således kan kvalitativ metode betraktes som teorigenererende. Kvantitativ metode gjør at det skapes data som kan tallfestes, og gir i den forstand et godt grunnlag for å foreta regneoperasjoner. Dette gjør at dataene som blir skaffet kan beskrives og forklares ved hjelp av tabeller, figurer eller statistiske verdier som eksempelvis gjennomsnitt (Dalland 2013). Ved bruk av kvantitativ metode blir altså et stort antall data undersøkt for å teste en hypotese opp mot virkeligheten; mens ved bruk av kvalitativ metode vurderes en eller få observasjoner i dybden og det produseres et svar ut i fra disse - dataene er dessuten gjerne i tekstform (Dahlum 2017).

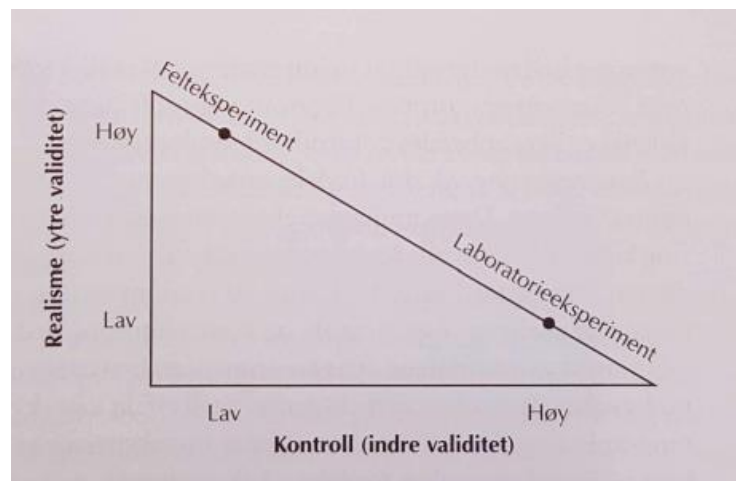
Ved å forenkle dette kan vi si at de som bruker kvalitative metoder er «tolkere», mens de som bruker kvantitative metoder er «tellere». I all hovedsak er det måten datainnsamlingen gjennomføres, som skiller de to metodene (Dalland 2013).

3.1.2 Validitet og reliabilitet

For å kunne kvalitetssikre dataene og metoden i vitenskapelige forsøk og undersøkelser må man forstå og fremheve begrepene validitet og reliabilitet. I følge Ringdal (2001) er

reliabilitet et begrep som omfatter påliteligheten til undersøkelsen. Pålitelighet oppnås ved at det brukes samme måleinstrument og tas gjentatte målinger som gir samme resultat. Validitet er et begrep som omfatter gyldigheten til det som måles – altså at det som ønskes å undersøkes faktisk er det som blir målt. Høy validitet i forskningsspørsmålet oppnås og til dels forutsettes av høy reliabilitet. Det kan hevdes at reliabilitet er et rent empirisk spørsmål, mens validitet til sammenligning krever at det er en teoretisk vurdering i tillegg (Ringdal 2001).

I undersøkelser vil det alltid oppstå feil, men om samme måling gjentas flere ganger så vil feilen kunne variere rundt et gjennomsnitt og således bli mer tilfeldig. Om disse feilene er små vil forsøket ha høy reliabilitet (Tønnesen 2017). Når det gjelder validiteten til en undersøkelse er det viktig å skille mellom den indre og ytre validiteten. Et forsøk eller et eksperiment har sin styrke i den indre validiteten, altså hvor sikkert man kan trekke slutninger. Jo bedre kontroll man har på undersøkelsen, dess sterkere vil den indre validiteten bli. Derimot vil dette medføre at generalisering, realismen til forsøket kan bli svekket, og den ytre validiteten reduseres. I laboratorieeksperiment vil man som regel ha langt bedre kontroll enn i felteksperiment; dette medfører en høyere indre validitet, men dataene og funnene kan lettere generaliseres i felteksperiment (Ringdal 2001). Figur 3.1 viser



Figur 3.1, Forhold mellom indre og ytre validitet (Ringdal 2001)

forholdet mellom laboratoriet- og feltforsøk, og tilhørende validitet for disse forsøkene.

3.1.3 Anvendt metode i oppgaven

Denne oppgaven tok sikte på å finne ut hvordan hastigheten og retningen på vinden gjør at luftskifte endres gjennom de interne luftlekkasjene i en bygning. For å svare på denne problemstillingen var det nødvendig å produsere og hente inn nye data, altså førstehåndsinformasjon. Med utgangspunkt i den gitte problemstillingen og tematikken er det nyttig å iverksette kvantitativ metode i studiet av et forskningsprosjekt, for å hente inn nye data. Forskningsprosjektet ble i korte trekk gjennomført på følgende vis; innsprøyting av CO2

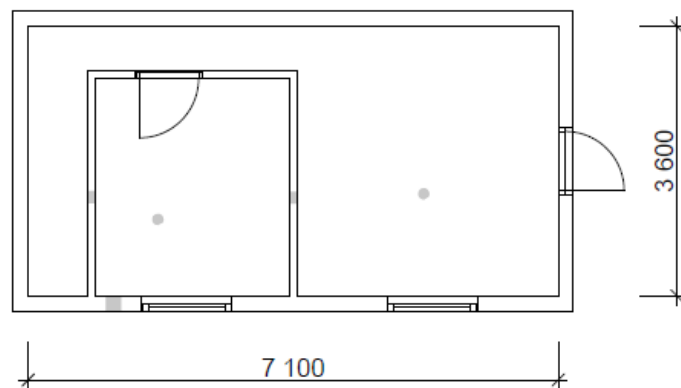
inn i lite rom i modulen, for deretter å studere hvordan luftskifte endres med hensyn på vind og tid.

3.2 WEE moduler

WEE modulene er utplassert på Søråsjordet som er et meteorologisk felt tilhørende NMBU. Søråsfeltet er plassert på et jorde så det er lite eller ingen forstyrrelser fra vegetasjon, bygninger eller andre objekter.

WEE modulene er bygget i massivtre og kalt A og B. I dette er forsøket er kun A brukt. Modulene er bygd opp med 100 mm massivtre med utvendig isolasjon på 100 mm på sørfasade og 150 mm på nordfasade, i taket er det 250 mm. Modulene er plassert oppå 200 mm trykkfast isolasjon. På den trykkfaste isolasjonen er det dampsperre så 100 mm opplekket tregulv med parkett. Mellom massivtre og isolasjon er det en Tyvec vindsperre og på utsiden av isolasjon er det en vær og UV bestandig vindsperre. Det er 250 mm isolasjon i taket og 200 mm i gulvet

Figur 3.2 viser plantegningen til modul A. I det lille rommet er det plassert ut 5 hull, hvor det største er på 130 mm og til venstre for vinduet. De fire andre hullene er på 110 mm og utplassert ved at det er to hull på hver vegg. De er plassert



ovenfor hverandre ved at to er nede mot gulvet og to er oppe

ved taket. I modul A er det to PC'er som logger og registrer strømforbruk, temperatur, relativ fuktighet og luftstrømmen gjennom ventilasjonsanlegget. Disse parameterne er det mulig å styre gjennom PC.

Figur 3.2. Plantegning av modul A, med plassering av hull og Rotronic målere (Georg Thorsnes)

3.3 Utstyr som er brukt

I dette delkapittelet er det beskrevet hvilket utstyr som er brukt for å skaffe de aktuelle dataene som kreves for å svare på problemstillingen.

3.3.1 Blowerdoor

I henhold til TEK 17 er det krav om tetthet gjennom klimaskallet, dette måles ved 50 Pa trykkforskjell. Trykkmetoden er beskrevet i NS-EN 13829. Kravet til lekkasjetall er 0,6 luftomsetninger per time (Blom & Uvsløkk 2012).

Blowerdoor Minneapolis er en av de mest brukte viftene for å måle tettheten til bygninger. I denne oppgaven har Blowerdoor Standard modell 4.1 blitt brukt, denne har en kapasitet på 7200 m³/h. Det følger med en aluminiums ramme og en duk som festes rundt rammen, dette gjør at rammen passer de fleste døråpninger. Rammen med viften settes inn en av ytterdørene i konstruksjonen. Ytterdører og vinduer lukkes, mens innerdører holdes åpne. Alle åpninger mot uteluft må tettes og lukkes, (brannspjeld, ventiler, spjeld etc.), vannlåser, sluk og toalett fylles med vann (Blom & Uvsløkk 2012). Viften skaper et overtrykk eller undertrykk avhengig av hvilken vei vifta står i rammen. De medfølgende ringene som sitter på viften tas av eller på avhengig av hvilken luftmengde som går gjennom viften. Det er mulig å måle både manuelt og automatisk ved å koble inn et apparat som heter DG-700. DG-700 kan presist styre og måle luftmengden for deretter regne ut trykkforskjellen som oppstår over viften.



Figur 3.3. Plassering av Blowerdoor (Foto: Georg Thorsnes)

Ved å gjennomføre automatiske trykktester kobler man DG-700 i en PC og benytter et program kalt TECTITE. Programmet krever utvendig og innvendig temperatur, vindforhold, og måle baseline til bygget. Dette gjøres ved å dekke til viften slik at den måler trykkforskjellen mellom ute og inne gjennom programmet. I følge NS-EN 13829 skal det måles minimum fem punkter i området rundt 50 Pa. TECTITE har ti forhåndsprogrammerte

punkter, 25-70 Pa. Ved å bruke TECTITE kan man få ferdig utregnet q50 og n50 ved å definere volumet og arealet til området som vurderes.

Før det gjennomføres en trykktest av et bygg, kan man bruke systemet til feilsøking. Dette gjøres ved å sette viften til å cruise ved eksempelvis 50 Pa. Deretter kan man gå rundt å kjenne med håndbaken eller med et røykapparat for å finne eventuelle utettheter og sjekke at det som er tapet igjen er tett. Kan i tillegg være aktuelt å ta bilder med et termograferingskamera for å identifisere eventuelle lekkasjer. Når man skal gjennomføre en test med Blowerdoor bør det blåse lite, helst ingenting.

3.3.2 Sporgassmåling

Ved å måle med sporgass er det ønskelig å finne ut hvor raskt et luftskifte skjer i eksempelvis et rom eller en bygning. For at en gass skal kunne brukes til målinger som sporgass er det viktig at den oppfyller følgende kriterier (Kraniotis 2014)

- Sikkerhet: ikke brennbar, ikke giftig, ikke gir allergiske reaksjon osv. dette vil si at gassen ikke skal gjøre skade på folk, materialer eller objekter i omgivelsene rundt testprosjektet.
- Reaktivitet: gassen skal ikke reagere kjemisk eller fysisk med noe av det som finnes i nærheten av testprosjektet.
- Følesløs: gassen skal ikke påvirke prosessen som blir undersøkt, den skal ikke påvirke tettheten til luft og luftstrømmen i systemet.
- Unik: gassen skal kunne gjenkjennes i all luft.
- Målbar: konsentrasjon av gass som er injisert i systemet må kunne kvantifiseres med et instrument.

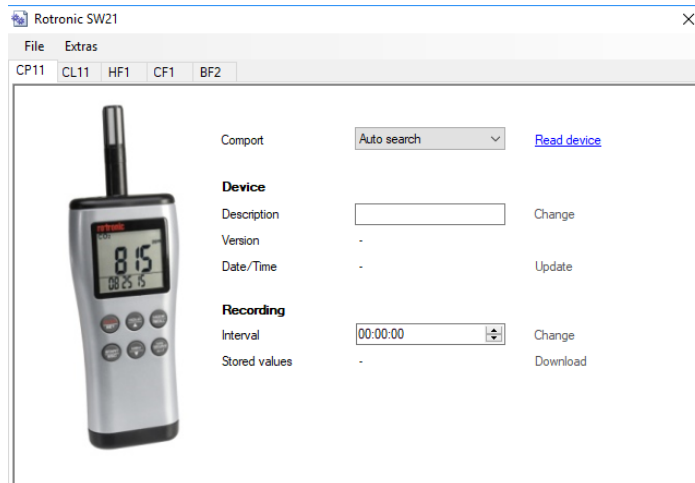
Ut ifra disse kriteriene er det blitt ytterligere vanlig å bruke CO₂ som en sporgass, mye grunnet at gassen er billig og enkel å skaffe. I denne oppgaven er det brukt CO₂ som en sporgass for å se hvor raskt et luftskifte skjer ved forskjellige retninger og styrker på vinden. Det bør nevnes at før målingene kan tas er det vesentlig at gassen blandes godt inn i volumet som skal testes. Ifølge E741 kan det ikke være en større forskjell enn 2 % på volumet som testes og volumet utenfor. Det er tre metoder for å måle på sporgass (ASTM International 2006).

1. Synkende gass konsentrasjon. Et volum fylles opp med en gitt mengde sporgass som blandes jevnt inn i hele volumet. Etter en viss tid måles mengden sporgass som er

igjen, ved å regne ut den naturlige logaritmen på konsentrasjonen til start gassen og sluttgassen vil man få luftvekslingen over en gitt tid.

2. Konstant gass utslipp. Tilfører en konstant mengde med gass for å undersøke hvor raskt gassen forsvinner.
3. Konstant gass konsentrasjon. Tilfører gass så volumet man undersøker har en konstant konsentrasjon av gassen

I denne oppgaven er det brukt synkende gass konsentrasjon. Det sprøytes CO₂ inn i et rom slik at konsentrasjon av CO₂ i rommet er 4000 ppm (parts per million). Målingene blir gjennomført med Rotronic CP11. Ved å bruke Rotronic CP11 kan dataene loggføres fra hvert sekund, til hver femte time. Det blir logget temperatur, relativ fuktighet (RF) og



Figur 3.4, Skjerm bilde av Rotronic SW21 med CP11 (skjerm bilde av SW21)

CO₂. I denne oppgaven er det valgt å logge for hvert 30 sekund. Måleapparatet kobles sammen med en PC ved å bruke programmet Rotronic SW21, se figur 3.4.

3.3.3 Multimeter

Et multimeter er et instrument som kan måle og logge flere forskjellige verdier som vindhastighet, lufttrykk og lufttemperatur. I forsøkene som er blitt gjennomført i forbindelse med dette prosjektet er det brukt et TSI VelociCalc Plus 8386.

3.3.4 Bordvifter

En standard bordvifte med en diameter på 24 cm og en kapasitet på 23W. Viften kan ikke rotere.

3.4 Datainnsamling

I dette delkapittelet vil det presenteres en beskrivelse av hvordan innsamlingen av dataene har foregått og hvordan disse dataene er fremstilt for å vise fram de ønskede resultatene.

3.4.1 Innhenting av data

Det er i denne oppgaven brukt to metoder for å samle inn data, trykktest med Blowerdoor og sporgassmåling. Blowerdoor er brukt for å skaffe lekkasjetallet til modulen, lekkasjetallet til det lille rommet og C og n for det interne hullet og hullet i yttervegg. Sporgassmåling er brukt for å studere hvor stort luftskifte vil være ved forskjellige hastigheter og retninger på vinden.

Før trykktestingen av modulen ble det gjennomført en trykktest av en enebolig i Seterhøybakken 9 i Oslo som var i regi av Handverksbygg AS. Trykktesten i modulen foregikk ved at Blowerdoor ble plassert i døren til det lille rommet, se figur 3.2 Det ble gjennomført 4 trykktester i det lille volumet der den første testen var at alle hullene var tapet igjen; i den andre testen ble hullet på yttervegg mot sør åpnet; tredje testen var det ene interne hullet åpent; mens i den fjerde testen var begge hullene åpne. Modul A ble også trykktestet for å se at det ikke var noen store luftlekkasjer gjennom klimaskjermen og rundt vinduer. Alle trykktestene foregikk for øvrig ved 50 Pa undertrykk, unntatt testen av modul som skjedde ved både undertrykk og overtrykk.

I sporgassmålingen ble det brukt Rotronic CP11 målere, en blandeviske samt et brannslokkingsapparat fra NMBU som inneholdt CO₂. Kalibrering av Rotronic målerne skjedde opp imot uteluften sin CO₂ konsentrasjon (400 ppm), dette var før målingene ble gjennomført og igangsatt. For ordens skyld ble hver logger sjekket i forkant av den enkelte målingen, for å forsikre nøyaktighet hva angår innstillinger og lignende. Før hver måling ble dessuten konsentrasjonen av CO₂ i uteluften målt, temperatur ute og inne og vindretningen i det aktuelle tidsrommet når målingen ble igangsatt. CO₂ konsentrasjonen ble målt med samme måler hver dag for å minske feilen ved forskjellige målere. Standard E742 beskriver at det ved sporgassmåling skal det brukes en viske for å skape en uniform blanding av luften i målevolumet (ASTM International 2006).

Forsøket med sporgass har blitt gjennomført ved å sprøyte CO₂ inn i det lille rommet i modul A. CO₂ ble sprøytet inn ved hjelp av et brannslukkingsapparat, til ønsket konsentrasjon av CO₂ hadde nådd 4000 ppm. Når konsentrasjonen var på 4000 ppm ble rommet forlatt. Under forsøket ble det brukt tre Rotronic CP11 målere, der måler 1 hang i taket 190 cm over gulvet (10 cm i uk. av panelet), måler 2 sto plassert på et bord 70 cm over gulvet, mens måler 3 sto i rommet utenfor for å logge CO₂ som kom inn i det andre rommet. Måler 3 var en kvalitetssikring på at CO₂en ikke forsvant gjennom taket eller ander uttettetheter i konstruksjonen - og at måler 1 og 2 logget riktig. Se figur 3.5 for utplassering av måler 1 og 2. Rotronic målerne ble satt til å logge hvert 30 sekund. Ventilasjonsanlegget ble skrudd av og ventilasjonskanalen ble tapet igjen for å unngå forstyrrelser i forsøkets fremgang. Det ble plassert ut to vifter hvor den ene var i det lille rommet og blåste diagonalt oppover, mens den andre sto på gulvet i rommet utenfor. Ved bruk av vifte er det avgjørende at den ikke står på for sterke styrke så den blåser luften ut gjennom hullene istedenfor å blande luften.



Figur 3.5.. Utplassering av måler 1 og måler 2 i lite rom (Foto: Georg Thorsnes)

Vindmålingene er blitt gitt av avdelingsingeniør Signe Kroken på bioklimatiske studier BIOKLIM ved NMBU. Instrumentene som logger vind lagrer retning og hastigheten på vinden hvert tiende minutt. De meteorologiske instrumentene er plassert på Søråsjordet, som er samme sted modulene er utplassert. Figur 3.6 viser plassering av Søråsjordet i forhold til TF-bygningen på NMBU.



Figur 3.6, Satellittbilde av TF-bygningen ifht.. Søråsjordet (google.no/maps 2017)

I dette forsøket er det blitt målt med sporgass over to perioder. Den første perioden var 19/10 – 04/11 og den andre var 22/11 – 30/11. I den første ble det ikke brukt en vifte for å blande luften og ha en uniform blanding, her ble også

målerne plassert rett over hverandre. Det sto en panelovn plassert under vinduet til venstre for det utvendige hullet med mål om å sørge for den nødvendige oppdriften av luften og dermed sirkulasjonen. Dette var gjort fordi det var planlagt å se hvordan luftskifte skjedde oppover i rommet og hvor mye temperaturen var utslagsgivende på luftskifte. I denne perioden ble resultatene litt annerledes enn hva som var rimelig å forvente, og derfor ble det tatt nye målinger for å forsikre at de første resultatene var riktige, eller eventuelt å avdekke en målefeil. Slike tiltak bidrar til å forsikre forskningsprosjektets validitet og således reliabiliteten. I den andre perioden ble forsøket endret noe ved at det ble satt inn to blandeviser og det interne hullet ble åpnet og lukket på samme dag. Det interne hullet var åpent på morgenen og lukket på ettermiddagen/kveld. Dette ble gjort på dager med så stabile vindforhold som mulig.

Avslutningsvis bør det nevnes at for datoene 22/10 og 23/10 i den første perioden ble det utvendige hullet lukket. Dette var en kontrollert manipulasjon for å kunne avkrefte eller bekrefte tidlig i forsøket om metoden fungerte.

3.4.2 Fremstilling av resultater

Dataene som er fremskaffet ved bruk av sporgassmåling og vinddata som er gitt av BIOKLIM er presentert i grafer og tabeller i neste kapittel. Det skal vises hvordan luftskifte øker med økende vindhastighet og 'riktig' vindretning som i dette forsøket er fra sør. Dataene som er fremstilt blir vist fra vindretningene nord og sør. Luftskifte som skjer i volumet er regnet ut ved å finne den normaliserte konsentrasjon til CO₂ (C_n), og deretter den naturlige logaritmen til C_n . Grafene har $\ln(C_n)$ på y-aksen og vindhastighet på x-aksen.

$$C_n = \frac{C(t) - C_0}{C(0) - C_0} \quad \ln(C_n)$$

Hvor likningen består av:

C_n – representerer normalisert CO₂ konsentrasjon

$C(t)$ – representerer konsentrasjon til CO₂ ved aktuelt tidspunkt

$C(0)$ – representerer konsentrasjon til CO₂ ved start tidspunkt

C_0 - representerer uteluftens CO₂ konsentrasjon.

Ved å bruke tabell 2 fra standard E741 kan man finne ut minimumsvarigheten som sporgassmålingen må ha i forhold til hvilket luftskifte som oppstår.

Tabell 3.1. Minimumsvarighet for luftinfiltrasjonstest

Luftskifte [1/h]	Minimum varighet av test [h]
0,25	4
0,5	2
1	1
2	0,5
4	0,25

Vindretningen er satt opp i grader hvor tabell 3.2 viser den aktuelle vindretningen mot gradene.

Tabell 3.2. Vindretning i forhold til grader.

Vindretning i grader	Vindretning
0/360	Nord
45	Nordøst
90	Øst
135	Sørøst
180	Sør
225	Sørvest
270	Vest
315	Nordvest

Instrumentene som BIOKLIM bruker logger vinden hvert tiende minutt. Det er regnet ut en gjennomsnittshastighet og -retning for det aktuelle tidsrommet. Tabell 3.1 viser minimumstiden for hvor lenge et forsøk må vare ut i fra hvilket luftskifte som oppstår. Det er denne tiden som har vært avgjørende for når vindmålingene blir hentet ut og varigheten på disse.

Blowerdoor vil gjennom programmet Tectite gi lekkasjetallet om volumet er angitt på forhånd. Man vil også få koeffisienten C og eksponenten n fra Tectite. C og n er for de to

hullene er regnet ut ved å finne volumstrømmen gjennom hullene og lage en graf i Excel med volumstrøm på y-aksen og trykk på x-aksen. Trendlinjen gjennom de aktuelle punktene vil gi C og n for hullene, se kapittel 4.2.

4 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene som er skaffet ved bruk av sporgass og trykktesting. Resultatene illustreres gjennom tekst så vel som grafer og tabeller, og presenteres systematisk

4.1 Sporgassmåling

4.1.1 Periode 1

Tabell 4.1, tabell som viser vind og luftskifte i periode 1

DATO	MÅLER 1			MÅLER 2		
	Vindretning	Vindstyrke	Luftskifte	Vindretning	Vindstyrke	Luftskifte
19.OKT	355	0,8	0,72	355	0,9	0,696
20.OKT	27,3	2,6	0,492	27,3	2,6	0,36
22.OKT	23	3,4	0,084	24	3,4	0,084
23.OKT	23	1,9	0,216	22	1,9	0,204
24.OKT	124	5,1	0,732	124	5,1	0,72
01.NOV	286	0,9	0,54	283	0,9	0,576
02.NOV	11	5,4	0,756	11	5,4	0,78
03.NOV	202	5	1,752	202	5	1,932
04.NOV	208	3,6	1,812	208	3,6	1,908

I tabell 4.1 er luftskifte med vindretning og vindhastighet presentert i den første perioden av forsøket. De aktuelle gradene av vindretningene og hvordan himmelretning kan tolkes er presentert i tabell 3.2. For datoene 22/10 og 23/10 var det utvendige hullet lukket for å kunne bekrefte eller avkrefte om metoden fungerte – disse datoene er derfor uthevet i blått.

4.1.2 Periode 2

Tabell 4.2, tabell som viser vind og luftskifte når internt hull er åpent i periode 2

DATO	MÅLER 1			MÅLER 2		
	Vindretning	Vindstyrke	Luftskifte	Vindretning	Vindstyrke	Luftskifte
22.NOV	71	3,2	0,612	71	3,2	0,612
23.NOV	178	8,9	3,084	178	8,9	3,036
24.NOV	201	3,1	1,68	201	3,1	1,8
25.NOV	190	4,5	2,664	189	4,6	2,664
29.NOV	358	4,9	0,984	358	4,9	0,984
30.NOV	18	3,5	0,552	18	3,5	0,54

Tabell 4.2 viser vindretning, vindhastighet og luftskifte til de aktuelle dagene i periode 2. I denne tabellen er det interne hullet i det lille rommet åpent.

Tabell 4.3, tabell som viser vind og luftskifte når internt hull er lukket i periode 2

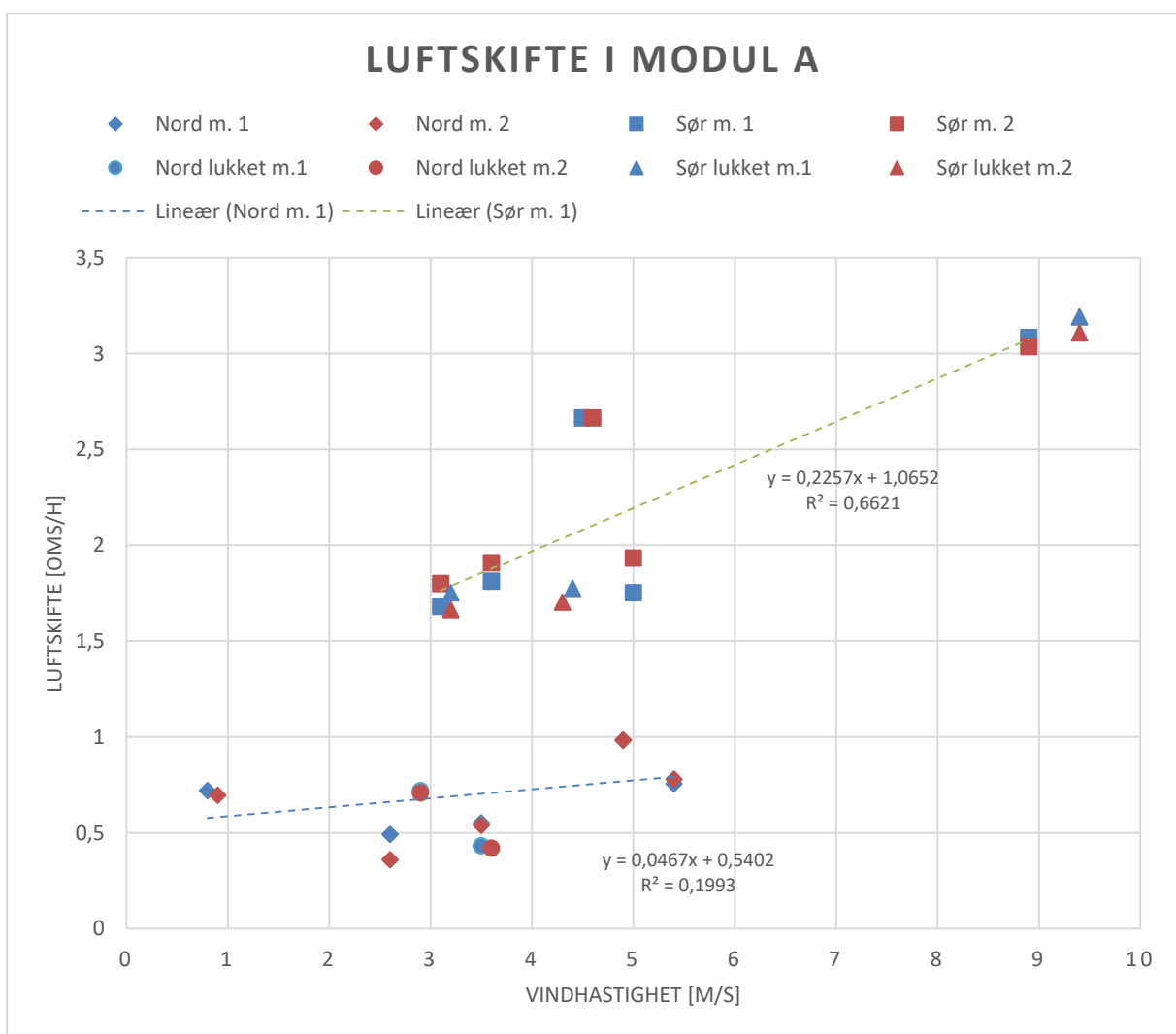
DATO	MÅLER 1			MÅLER 2		
	Vindretning	Vindstyrke	Luftskifte	Vindretning	Vindstyrke	Luftskifte
22.NOV	322	1,2	0,612	322	1,2	0,588
23.NOV	177	9,4	3,192	177	9,4	3,108
24.NOV	182	4,4	1,776	184	4,3	1,704
25.NOV	193	3,2	1,752	193	3,2	1,664
29.NOV	334	2,9	0,72	334	2,9	0,708
30.NOV	15	3,5	0,432	15	3,6	0,42

Tabell 4.2 viser vindretning, vindhastighet og luftskifte til de aktuelle dagene i periode 2. I denne tabellen er det interne hullet i det lille rommet lukket.

I tabell 4.2 og 4.3 er målingene gjennomført på samme dag. Det interne hullet var åpent på morgenen og lukket på kvelden.

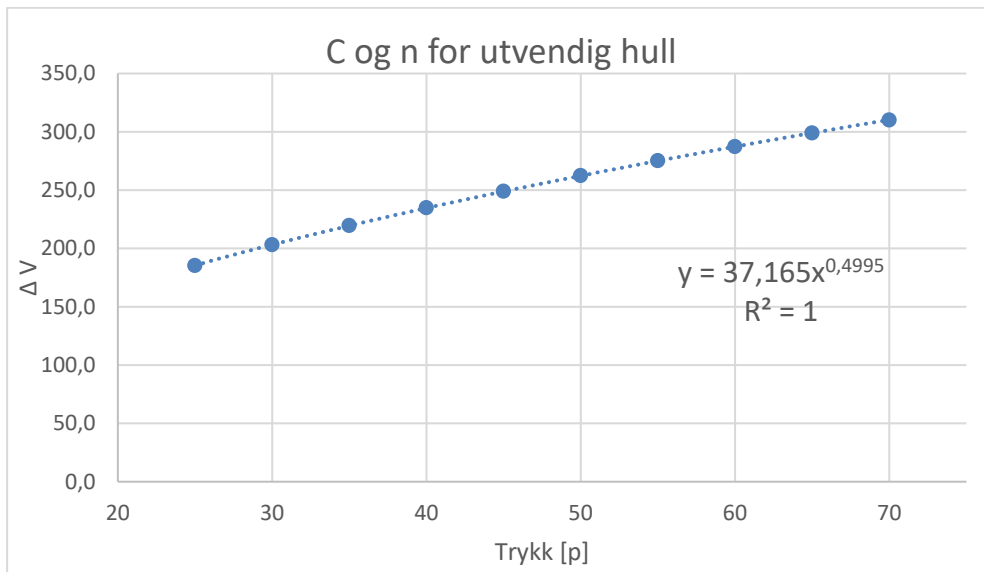
4.1.3 Luftskifte i modul A

Dataene som er fremskaffet ved bruk av sporgass er presentert i grafen nedenfor. Det er kun vindretningen nord og sør som er presentert, men målinger fra begge periodene er brukt. Begge målerne er i samme graf, merket med en m. og følgelig nummert for å skille mellom de to målerne. Beskrivelse av de aktuelle vindretningene og om det interne hullet er åpent eller lukket er vist på oversiden av grafen. Se vedlegg 1 og 2 for den naturlige logaritmen til C_n og derav luftskifte for de aktuelle dagene og målerne.



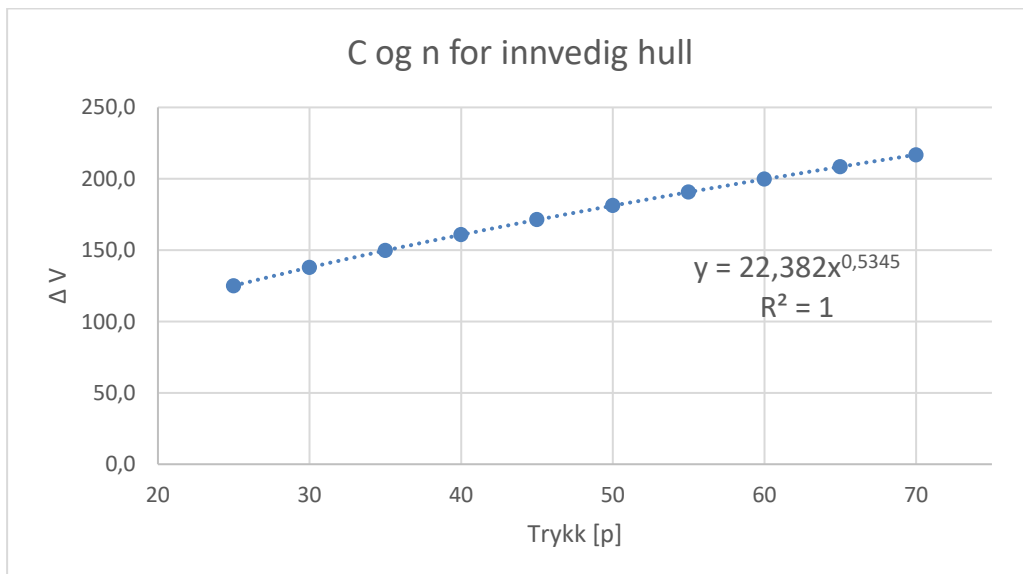
Figur 4.1. Luftskifte mot økende vindhastighet

4.2 Differansetrykkmetoden i modul A



Figur 4.2, utregning av C og n for utvendig hull

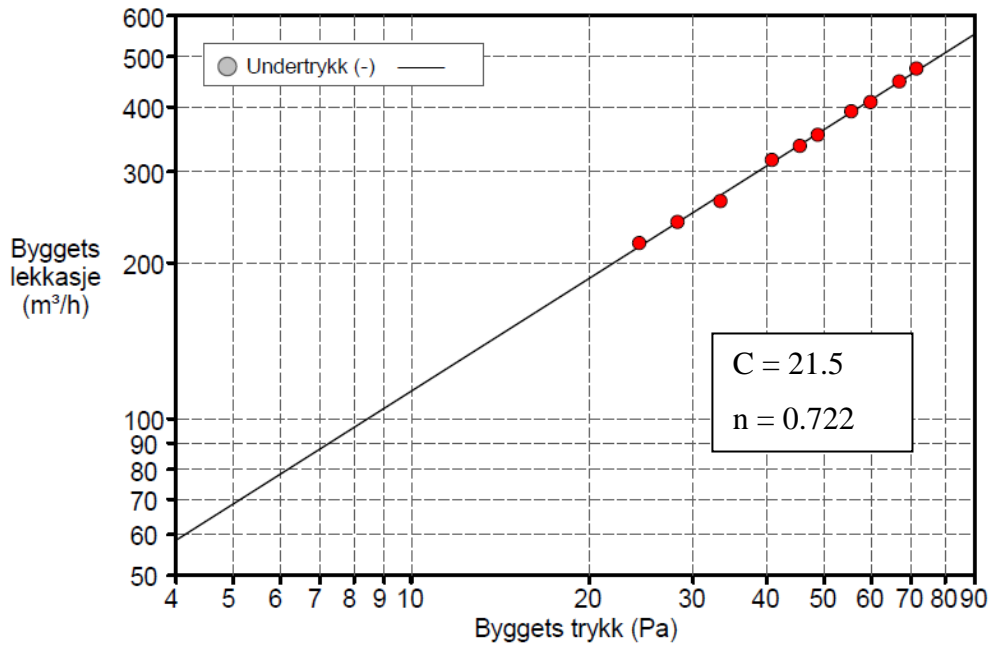
Som vist på figur 4.2 vil det utvendige hullet ha en konstant $C = 37,2$ og $n = 0,5$. Delta V er forskjellen på volumstrømmen mellom utvendig hull og lukket hull



Figur 4.3, utregning av C og n for internt innvendig hull

Som vist på figur 4.3 vil det innvendige interne hullet ha en konstant $C = 22,38$ og $n = 0,54$. Delta V er forskjellen på volumstrømmen mellom utvendig hull og lukket hull.

4.3 Differanse 2



Figur 4.4, undertrykksmåling av Seterhøybakken

Viser nedenfor en utregning på hvordan C til det interne hull og det utvendige hullet kan være ved å bruke n tilsvarende et bygg bygget et dagens forskrift. Bruker formelene.

$$V = C * \Delta p^n \quad \text{og} \quad n_{50} = \frac{V_{50}}{V}$$

Utrekning på internt hull

$$V_{50} = 22.4 * 50^{0.72} = 377.5 \text{ m}^3$$

Bruker forskriftskrav på lekkasjetall n=0.6

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V} \Rightarrow V = \frac{V_{50}}{n_{50}} = \frac{377.5}{0.6} = 629.2 \text{ m}^3$$

Antar en takhøyde på 2.4 m

$$A = \frac{629.2}{2.4} = 262.2 \text{ m}^2$$

Utrekning på utvendig hull

$$V = 37.2 * 50^{0.72} = 626.9 \text{ m}^3$$

Bruker forskriftskrav på lekkasjetall n=0.6

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V} \Rightarrow V = \frac{V_{50}}{n_{50}} = \frac{626.9}{0.6} = 1044.8 \text{ m}^3$$

Anta en takhøyde på 2.4 m

$$A = \frac{1044.8}{2.4} = 435.3 \text{ m}^2$$

5 Diskusjon

I dette kapittelet så vil resultatene diskuteres og analyseres opp imot de foregående kapitlene. Diskusjon og analyse presenteres i sammenheng med hverandre, for å bidra til en effektivisert og tydeliggjort forståelse av tematikken og forskningsprosjektets resultater.

5.1 Innsamling av data

I denne oppgaven er innsamlingen av data gjennomført på feltlaboratoriet ved Søråsfeltet. Dette gjør at den ytre validiteten blir styrket betraktelig i forhold til om det hadde vært på et laboratorium innendørs. Fra teori kapittel 2.3.2 påpeker Blom og Ulvsløk (2012) at det er temperatur, vind og avtrekksvifter som er den drivende kraften til luftskifte. Blom (1994) sier videre at når vindhastigheten er mer enn 4 m/s så vil vind være den dominerende faktoren for luftskifte.

Vind er sjelden stabil både med tanke på retning og hastighet og den kan dermed variere stort i løpet av få minutter. Det vil også være kast i vinden som gjør at hastigheten øker betraktelig i noen sekunder eller opptil minutt. Vindkastene gjør at vinden kan bli mer turbulent og oppføre seg annerledes enn om den er konstant. Kraniotis (2014) skriver at ved å regne på gjennomsnittet ved retning og hastighet vil man undervurdere inflasjonsraten, særlig når det gjelder eksponerte bygninger og åpent terreng. Han skriver videre at det er et behov for å inkludere styrken og varigheten til vindkast for å beregne mer korrekte luftskifter.

Da det i denne oppgaven var ønskelig å gi et mer generelt bilde av hvor mye luftskifte varierte med hensyn på konstant vind og interne luftlekkasjer, ble det tatt en avgjørelse på å se bort ifra innvirkningen på vindkast. I følge Tormod Aurlien ligger gjennomsnittlig hastighet på vinden i Ås kommune på 3 m/s. De dagene det har vært høyere hastigheter har vindretningen og hastigheten variert mye. Dette medførte at det har vært vanskelig å skaffe gode målinger i en fordelaktig stor mengde. På grunnlag av dette og at det ikke finnes nok gode data til å sammenligne er målingene fra periode 1 og periode 2 presentert i samme graf.

Resultatene fra den første perioden støttet ikke opp under hypotesen vår om at høyere vindhastighet vil føre til økte interne luftlekkasjer. Etter en prat med Tormod Aurlien var det derfor ønskelig å ta nye målinger og endre litt på forsøket for å se om det var noen feil på de første målingene eller om det var noe annet som var feil. Det viste seg at de første målingene ikke skilte seg nevneverdig fra de siste.

Måler 1 og måler 2 var plassert over hverandre i begge periodene av forsøket. I den første perioden av forsøket var plasseringen av målerne tenkt å se hvordan skorsteinseffekten virket. Det kom frisk luft gjennom det utvendige hullet som ble varmet opp av panelovnen for deretter å stige og skape nok bevegelse på luften til at blandingen ble uniform. Dette viste seg å være vanskelig å bekrefte med de dataene som var til rådighet. Ved å se på tabell 4.1 kan man se at det er litt større forskjell på luftskifte mellom måler 1 og 2 enn i tabell 4.2, men det er en lite markant forskjell. Det kan derfor se ut som at når den varme luften steg så vil det ha vært nok bevegelse på luften til at blandingen har blitt tilnærmet uniform.

Lukkingen av det utvendige hullet på datoene 22/10 og 23/10 er en kontrollert manipulasjon for å tidlig kunne bekrefte eller avkrefte om metoden fungerte. Denne manipulasjonen er en kontrollmekanisme for å sjekke at målingene vi fikk var de som var tenkt å finne. Denne formen for manipulasjon styrker reliabiliteten ved at man har en større kontroll på eventuelle feil. I tabell 4.1 så viser resultatene at vi får en reduksjon av luftskifte, noe som er med på å bygge opp hypotesen om at infiltrasjonen gjennom klimaskjermen vil øke ved høyere vindhastigheter. I den andre perioden av sporgassmålingen er det og gjennomført en form for manipulasjon ved at det interne hullet blir lukket eller åpnet.

Når det gjelder modulene på Søråsjordet er disse blitt betraktelig slitt etter mange år i vær og vind og en rekke gjennomførte forsøk opp igjennom årene. Tapen som holder på plass vindspærren rundt vinduene hadde løsnet i en av dagene mellom periodene som er målt. Det er også mange små sprekker og hull i vindspærren.

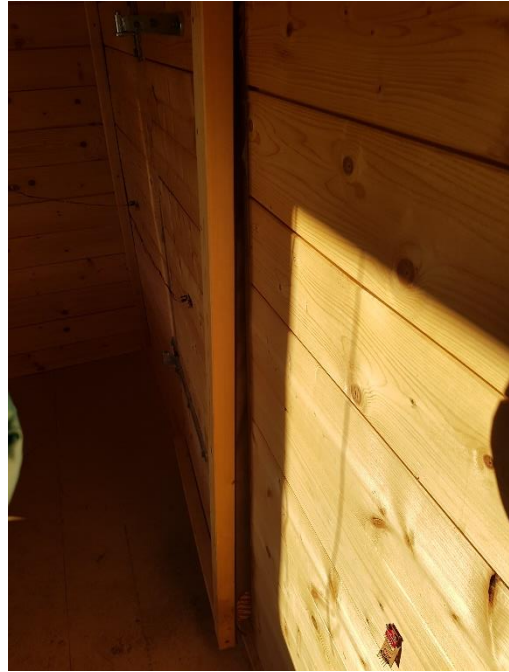
I våres og sommer har det vært gjennomført mange undersøkelser der det ble tilført fuktighet til inneluften for å se om massivtre kan ta opp den relative fuktigheten i luften for så å gi den tilbake utover kvelden og natten. Med all den fuktigheten som er tilsatt kan det se ut som det er skjedd drastiske endringer på massivtreelementene.

Elementene har trukket seg fra og sammen så mange ganger at de har dratt i stykker seg selv og fester.



Figur 5.1. Ødelagt vindspærre på modul A (Foto: Georg Thorsnes)

I dette forsøket gjorde alle ødeleggelsene på modulen til at reliabiliteten ble svekket. Det var krevende å ha kontroll over mulige feil, særlig feilene som ikke var synlig for det blotte øyet. Døren inn til det lille rommet hadde strukket seg såpass mange ganger at den hadde slått seg, og dermed dratt i stykker beslaget og ikke kom helt inni karmen. Kalibreringen av Rotronic CP11 skjedde ved å ta konsentrasjonen til CO₂ i uteluft som er antatt å ligge rundt 400ppm. Uteluften sin CO₂ konsentrasjon kan ha hatt litt andre verdier enn 400 ppm, noe som gjør at det kan ha blitt feil på Rotronic apparatene ved kalibrering. De ble kalibrert på likt ved siden av hverandre for å minimere den risikoen.



Figur 5.2. Dør inn til lite rom, skjev etter mange målinger (Foto: Georg Thorsnes)

5.2 Sporgassmåling

Figur 4.1 illustrer dataene til måler 1 og måler 2 ved hjelp av en graf. Det er ingen nevneverdig reduksjon på luftskifte om det interne hullet er lukket eller åpent. Hypotese 1 sier at når hastigheten på vinden øker så vil luftskifte øke. Som vist på figur 4.1 så stemmer dette når vindretningen er fra sør. Trendlinjen for målerne når retningen på vinden er fra sør er 0.22 som vil si at luftskiftet øker med 0.22 oms/h for hver økning vinden har på 1 m/s. Noe overraskende er at luftskiftet nesten ikke øker når hastigheten på vinden øker når vindretningen er fra nord.

Når vindretningen er fra sør, kan det se ut til at det er en liten nedgang i om det interne hullet er åpent eller lukket for måler 2. Denne nedgangen er for liten til at det kan trekkes en slutning for hypotese 2 om at infiltrasjon i rom med god intern er lavere enn i rom med dårligere intern tetthet. Luftskifte på måler 1 som var i taket har gått litt raskere enn måler 2 som sto på bordet. Det kan se ut som dette er en målefeil siden begge hullene var langt nede i rommet og luftskifte derfor burde skjedd litt raskere på måler 2.

r²-verdien på figur 4.1 viser korrelasjonen for hvor godt trendlinjen passer inn med de målte dataverdiene. Det er en bedre korrelasjon på trendlinjen når vindretningen er fra sør, 0.66 mot

0.199. Dette er litt overraskende for det ser ut som at trendlinjen passer bedre til de målte dataene når vinden er fra nord.

En plausibel forklaring for resultatene av denne undersøkelsen vil nå være at de interne luftlekkasje som allerede er i modulen er store. Dette vil si at det interne hullet med en diameter på 110 mm ikke har vært stort nok til å skape noen spesielle endringer i luftskifte.

Vifter som er brukt kan ikke roteres, de var og litt sterke til å være bordvifter. Det er mulig at det kunne blitt litt andre resultater om viftene kunne rotere og blandet luften bedre, men det er lite trolig. Som tidligere nevnt ble viftene ble satt på den svakeste styrken for å ikke blåse den blandede luften ut av hullene. Det er en viss mulighet for at viftene likevel var litt for sterke, noe som medfører at resultatene kan ha blitt litt annerledes enn forventet. Multimenteret som skulle brukes til å logge trykkforskjellen mellom ute og inne var gammelt og programvaren utdatert, så det gikk ikke å bruke.

Plasseringen av modulene, som har vært antatt bra grunnet plassering på et flatt jorde med lite vegetasjon og bebyggelse, har ikke hatt den ønskede kvaliteten. På sørsiden av modulene er det plassert ut to solcellepanel på rekke som har en høyde på ca. 3.5 m, hvor den første er 66 m fra modulen, mens den bakerste er 91 m fra modulen. Solcellepanelene har en vinkel på ca. 45° noe som vil gjøre at når vinden fra sør treffer panelene vil den bli presset oppover og bli turbulent. Solcellepanelene virker som en 'spoiler' på vinden. Vinden som treffer modulene vil kunne ha en annen vindretning og hastighet enn det som er målt av BIOKLIM. Det kan derfor hevdes at disse panelene har gjort at vinden har blitt ustabil – og dette kan prege manglende samsvar mellom hypotese og målingenes resultater.



*Figur 5.3. Plassering av det ene solcellepanelet mot modulene
(Foto: Georg Thorsnes)*

5.3 Differansetrykkmetoden

Som nevnt i kapitel 3 ble det gjennomført en trykktest på modul A for å finne C og n på de individuelle hullene for å sammenligne med et reelt bygg. Trykktesten i Seterhøybakken i Oslo ble iverksatt med mål om å se hvordan Blowerdoor fungerte, men hadde også

forskningsmessig verdi som en indikator på hvordan C og n ville være i et hus bygget etter dagens forskrift og standard.

Koeffisienten C og eksponenten n ble regnet ut for å kunne sammenligne hull og påpeke hvor små eventuelle luftlekkasjer kan være for å tilfredsstille forskriftskravet. I følge Tormod Aurlien er det vanlig å bruke en eksponent $n = 0.7$, dette var tilnærmet likt det som kom fra målingen på Seterhøybakken. Arealene for det interne hullet er $A_i = 95 \text{ cm}^2$ og det utvendige er $A_u = 132.7 \text{ cm}^2$, i modulen er hullene store, men det kan antas at de er spredt i konstruksjonen som små hull og sprekker i vindsperre og dampsperre. Som vist i utregning i kapittel 4.3 så vil en enebolig på 435 m^2 kunne ha hull og sprekker i vindsperre/dampsperre på $A_u 132.7 \text{ cm}^2$, mens en enebolig på 262 m^2 vil kunne ha hull/sprekker på 95 cm^2 . I 2003 var gjennomsnittsboligen som ble bygget i Norge på 133 m^2 (Andersen 2004). Det er lite trolig at dette tallet har endret seg noe drastisk siden 2003. Dette betyr at det er veldig små hull som kan være for at man skal kunne tilfredsstille kravene i den nye forskriften TEK 17.

Vedlegg 11 og 12 er det gjennomført en trykktest av Blowerdoor 4.0 og 4.1. Ved å se på vedleggene er det en stor forskjell på viftene. Målingene ble gjennomført med samme duk og ramme for å minske feilmarginene på at dukene eller rammene kunne være forskjellig. På grunn av vanskelige vindforhold og instrumenter som ikke har fungert ble det søkt om utsettelse til å ta nye målinger.

6 Konklusjon

I denne oppgaven er det ikke funnet noen signifikant sannsynlighet mellom vind og infiltrasjon i interne luftlekkasjer. Det er liten eller ingen trykkforskjell mellom de to innvendige volumene og de lekkasjene som allerede var mellom rommene har vært store nok. Det kan derfor ikke sees noe forskjell på luftskifte om det interne hullet er åpent eller lukket. Derimot er trykkforskjellen mellom ute og inne større og det kan observeres en trend mellom lufthastighet og luftskifte når retningen er fra sør. Sammenhengen er ikke statistisk signifikant.

Ved å regne på trykkforskjellen på grunn av vind bruker man konstantene 0.8 for l_o (trykk) og -0.5 for l_e (sug). Det er ikke så store forskjeller mellom disse konstantene i forhold til at det skulle hatt noen spesiell betydning for dette forsøket – og dermed heller ikke gitt så store utslag på resultatene. Det skjer et større luftskifte når hastigheten på vinden øker fra sør, men ikke nord. Videre kan det tolkes slik at når vindretningen har vært fra nord så har luften inne i det lille rommet tatt andre veier enn gjennom det interne hullet. Luften kan eksempelvis ha gått rundt vinduet, gjennom andre hull i de innvendig veggene eller ut til friluft gjennom utvendig hull.

I følge Kranitios (2014) kan man ikke neglisjere betydningen av vindkast; denne påstanden ble bekreftet ved dette forsøket. Det kan derfor se ut til at den ustabile vinden har vært en større bidragsyter på luftskifte enn hva som var tenkt. Det kan dessuten se ut til at temperaturdifferansen har vært en større faktor til luftskifte og at denne heller ikke kan neglisjeres. Validitet og reliabiliteten til dette forsøket er veldig svak. Avslutningsvis bør det fremheves at det har vært mange feil og mangler som har gjort at det ikke kan generaliseres – forskningsprosjektets resultater er derfor ikke egnet til å representere reelle fakta.

Det viste seg i ettertid at det å måle på trykkforskjellen mellom ute og inne er helt avgjørende for neste forsøk. Det foregår en pågående doktoravhandling av Steriani Charisi der det brukes et multimeter for å måle på trykkforskjellen mellom ute og inne.

6.1 Videre arbeid

Gjennom denne undersøkelsen har det vært tatt mange målinger for å finne interne luftlekkasjer med hensyn til vindretning og hastighet. Det har vært begrenset tid og instrumenter til rådighet, men det har vist seg at interne luftlekkasjer er noe man burde undersøkt mer. Det kunne derfor vært interessant å sett videre på følgende;

Innledningsvis hadde det vært særdeles interessant og gjennomført ytterligere målinger med samme vindstyrke og vindretning, for på den måten å utarbeide et mer eksakt og pålitelig grunnlag for datamateriale. Videre er det relevant å teste sporgassmåling på et større bygg; med mål om å vurdere hvordan de interne luftlekkasjene atferdsmessig beveger seg gjennom bygninger. Dessuten kan det være av forskningsmessig verdi å gjennomføre en undersøkelse på interne luftlekkasjer i et laboratorium, da dette vil gi eksakte og presise vindmålinger som ikke er preget av andre forhold og som dermed ikke varierer hva angår retning og hastighet. Avslutningsvis kan det være av interesse å studere plausible årsaker til interne luftlekkasjer i dybden; eksempelvis sjakter til ventilasjon, vannrør og eventuelt elektriske kabler som er utette og transporterer mye luft gjennom bygningen – eller staghull fra betongstøpen i badekabiner som ikke er tettet før badekabiner er montert. Slike forhold gjør seg relevant til ovennevnte tema.

7 Referanser

- Andersen, A. (2004). *Bolig, omgivelser og miljø*: ssb.no. Tilgjengelig fra:
<https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/bolig-omgivelser-og-miljo--30965> (lest 13.12.20017).
- Arbeidstilsynet. (2016). I: arbeidsplassen, V. o. k. o. l. p. (red.). Trondheim: Arbeidstilsynet.
- ASTM International. (2006). *E741 Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution*. : ASTM International.
- Attramadal, T., Schwarze, P. & Becher, R. (2015). *Anbefalte faglige normer for inneklime*. Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt.
- Bjaanes, E. (2013). 520.706 Sikring mot radon ved nybygging. *Byggforskserien*.
- Blom, P. (1994). 552.302 Naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus. *Byggforskserien*.
- Blom, P. & Uvsløkk, S. (2012). *Bygg Tett! Sintef Byggforsk*.
- Dahlum, S. (2017). *Kvantitativ analyse*. Store Norske Leksikon. Oslo. Tilgjengelig fra:
https://snl.no/kvantitativ_analyse (lest 18.11.17).
- Dalland, O. (2013). *Metode og oppgaveskriving*, b. 5. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Deru, M. & Burns, P. (2003). Infiltration and Natural Ventilation Model for WholeBuilding Energy Simulation of Residential Buildings *TRANSACTIONS-AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS*: 801-814.
- DiBK §14-2. (2017). *Krav til energieffektivitet*: Direktoratet for Byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2/> (lest 05.12.2017).
- DSB. (2016). *Brannstatistikk 2016*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (lest 05.12.17).
- Edwardsen, K. I. & Ramstad, T. (2012). *Håndbok 53 Trehus*, b. 9. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Geving, S. (2005). 421.132 Fukt i bygninger, Teorigrunnlag. *Byggforskserien*.
- Google Maps (2017). Tilgjengelig fra:
<https://www.google.no/maps/place/Ås/@59.6628134,10.7767043,770m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x46415c9664dfa9df:0xe55e810644f196b6!8m2!3d59.6864303!4d10.7930107?hl=no> (lest 05.12.2017)
- Haraldsen, H. & Pedersen, B. (2017). *Karbondioksid*. Oslo: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/karbondioksid> (lest 20.11.17).

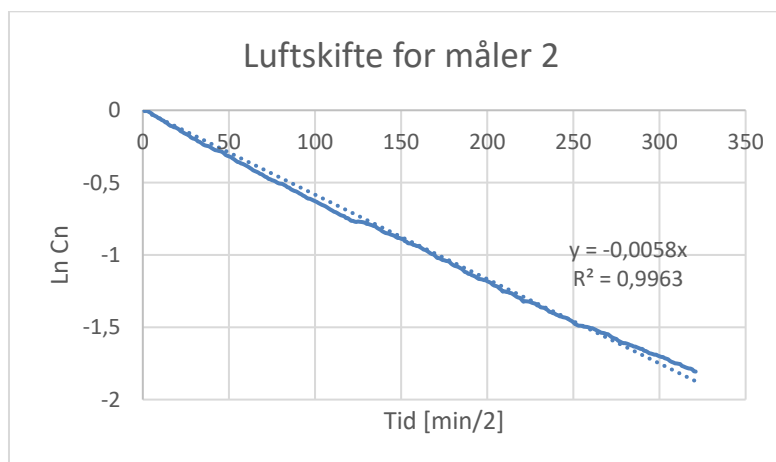
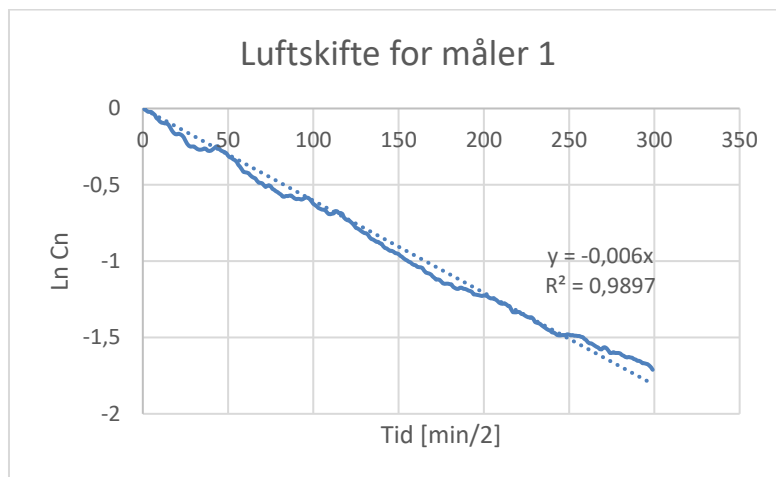
- Hellevik, O. (1999). *Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*. b.6. Oslo: Universitetsforlaget
- Hole, I. & Aurlien, T. (2013). 520.401 Lufttetting av bygninger. Fremgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall. *Byggforskserien*.
- Holte Industri AS. (2017). *Dimensjonering av varmeeffekt*. Gvarv. Tilgjengelig fra: <http://holteindustri.no/dimensjonering-av-varmeeffekt> (lest 06.12.17).
- Holøs, S. & Aurlien, T. (2014). 474.624 Luftlekkasjemåling av bygninger, hensikt og vurdering. *Byggforskserien*.
- Iden, H. F. & Sandeggen, O. (2015). *Bygningsinterne luftlekkasjer*. Ås: NMBU.
- Jansen, E. (2016). Klimaendringer og klimarisiko: Norsk klimastiftelse.
- Klinski, M. (2016). 473.103 Energikrav til boligbygninger ved energiltak og omfordeling av varmetap. *Byggforskserien*: 10.
- Kraniotis, D. (2014). *Dynamic characteristics of wind-driven air infiltration in buildings*: Norwegian University og Life Sciences.
- Kraniotis, D., Aurlien, T. & Thiis, T. K. (2014). Investigating Instantaneous Wind-Driven Infiltration Rates using the CO2 Concentration Decay Method. *International Journal og Ventilation*, 13: 111-124.
- Lavenergiprogrammet. (2017). *Lufttethet og luftlekkasjer*: lavenergiprogrammet.no. Tilgjengelig fra: <http://lavenergiprogrammet.no/artikkel/lufttethet-og-luftlekkasjer/> (lest 01.10.2017).
- Miljødepartementet, D. k. K.-o. (2016). Meld. St. 41 Klimastrategi for 2030. Oslo: Det kongelige Klima- og Miljødepartementet.
- Mysen, M. (2015a). 552.301 Ventilasjon av boliger Prinsipp. *Byggforskserien*.
- Mysen, M. (2015b). 421.503 Luftmengder i ventilasjonsanlegg - Krav og anbefalinger. *Byggforskserien*.
- Quirouette, R. & Arch, B. (2004). Air pressure and the building envelope.
- Ringdal, K. (2001). *Enhet og mangfold*, b. 1. Bergen: Fagbokforlaget.
- Statens strålevern. (2017). *Anbefalte grenser for radon*: Statens strålevern. Tilgjengelig fra: <http://www.nrpa.no/fakta/89990/anbefalte-grenser-for-radon> (lest 15.10.2017).
- termofotonorge. (2013). *Luftlekkasjer er årsaken til store deler av varmetapene i en bolig*. termofotonorge. Tilgjengelig fra: <https://termofotonorge.no/luftlekkasje> (lest 06.10.2017).
- Thunshelle, K. (2015). 552.303 Balansert ventilasjon i småhus. *Byggforskserien*.
- Tønnesen, S. (2017). *Reliabilitet*. Store Norske Leksikon. Tromsø.

WHO. (2016). *Radon and health*. I: helseorganisasjon, V. (red.). Tilgjengelig fra:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/> (lest 15.10.17).

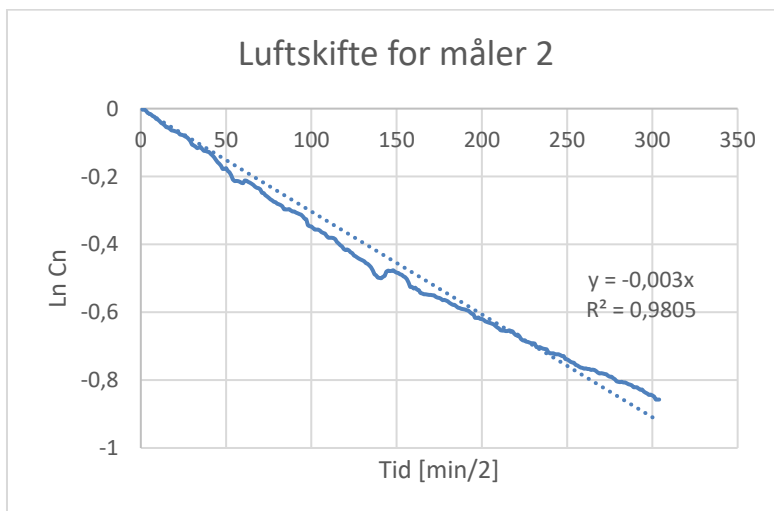
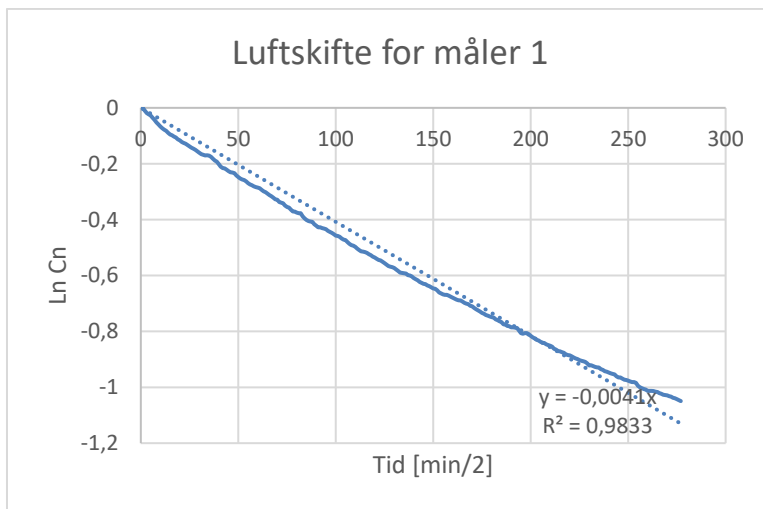
Vedlegg 1: Luftskifte for periode 1

Under er det lagt inn utregningene for luftskifte for de aktuelle dagene som er kikket på i periode 1. I denne perioden var det interne hullet åpent. Grafen er presentert med Ln (Cn) og tid som er 30 sek. Datoene er som følgene under.

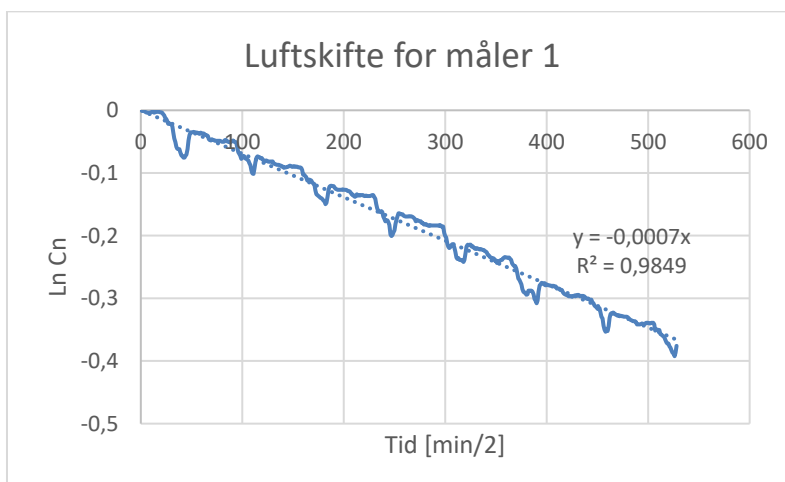
19/10-17

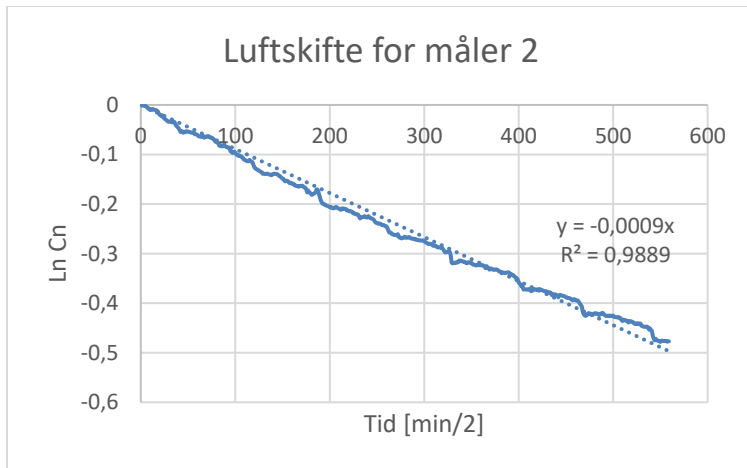


20/10-17

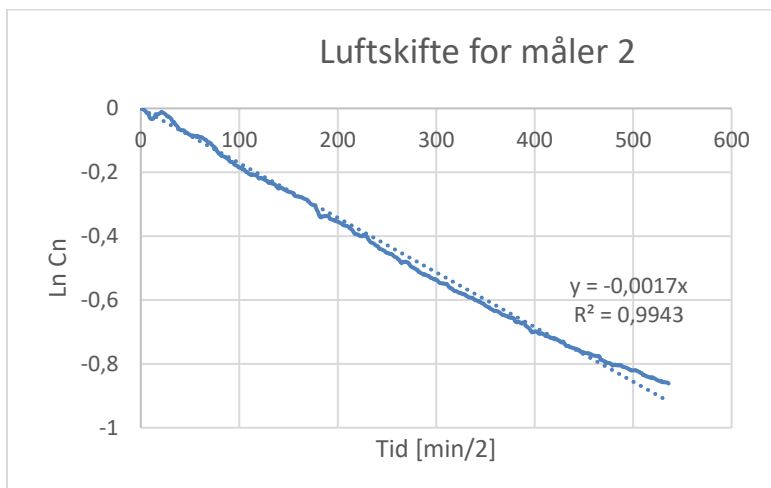
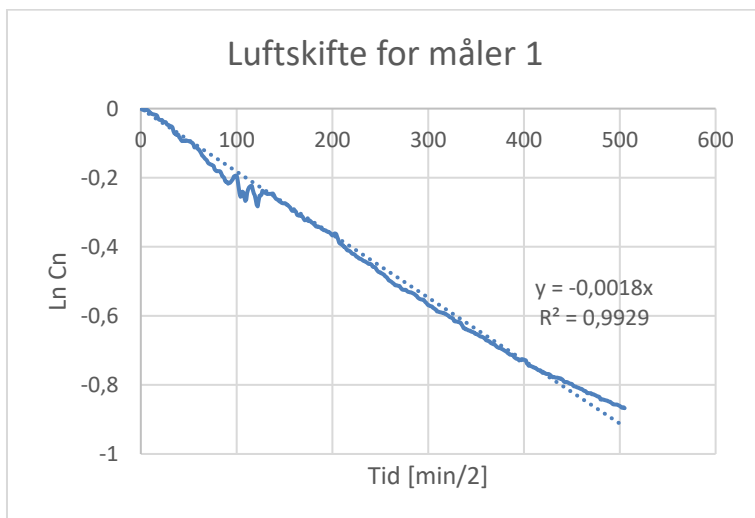


22/10-17

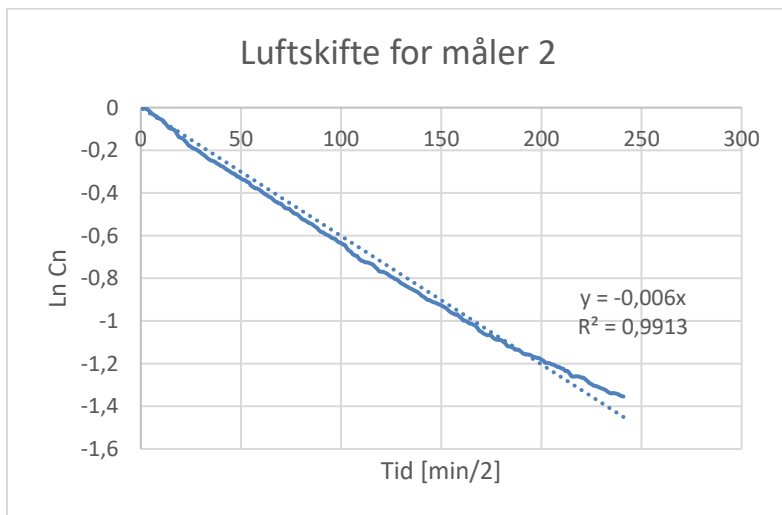
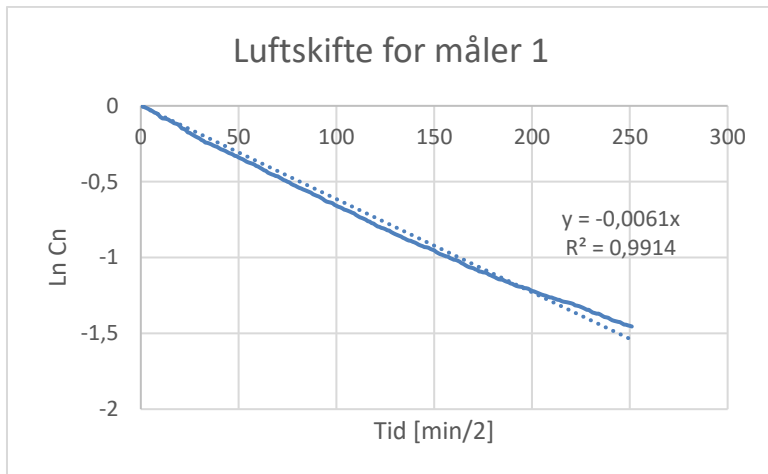




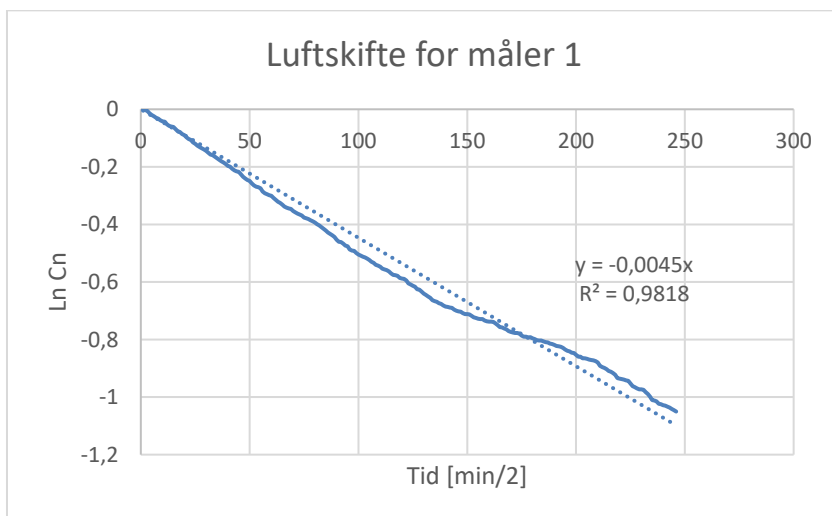
23/10-17

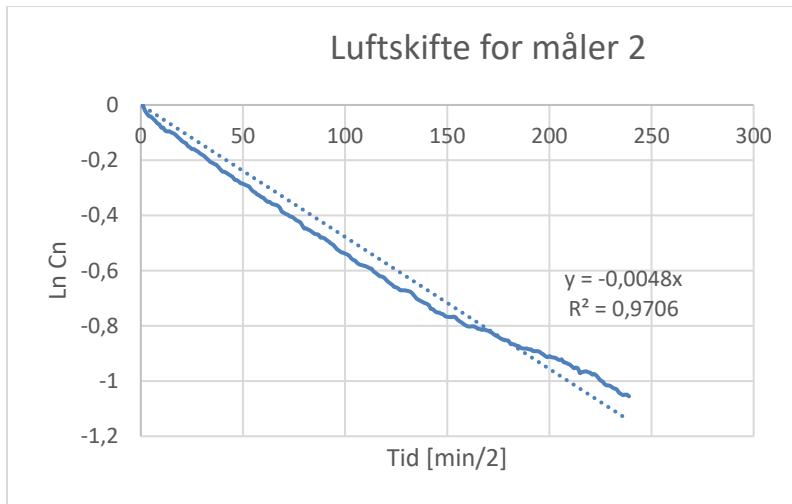


24/10-17

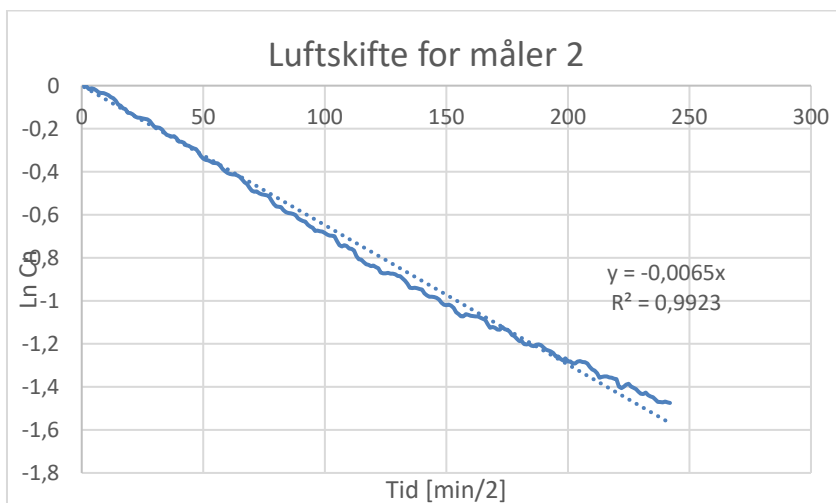
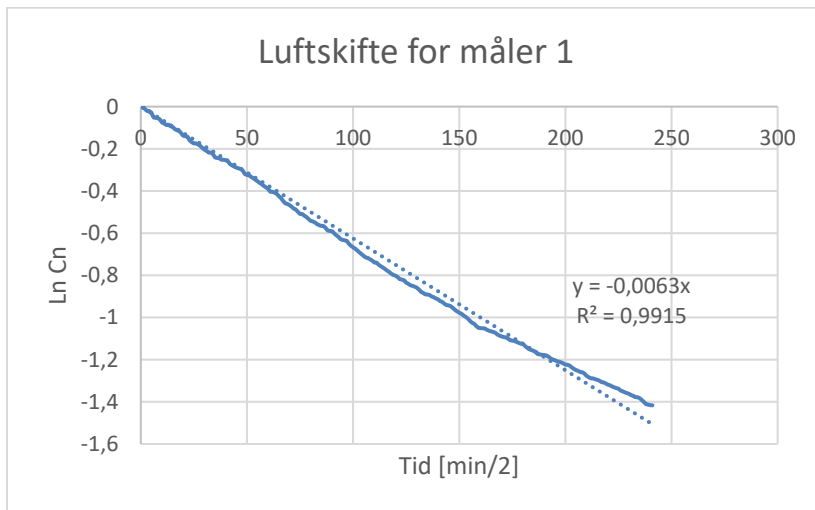


01/11-17

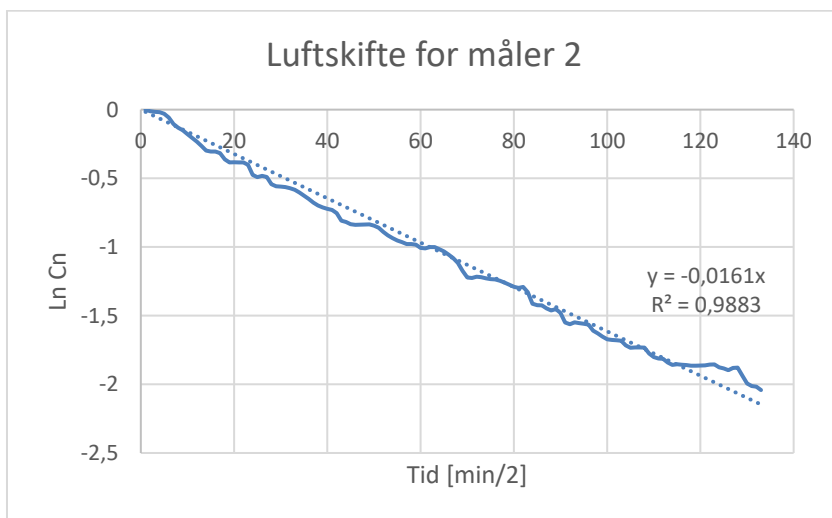
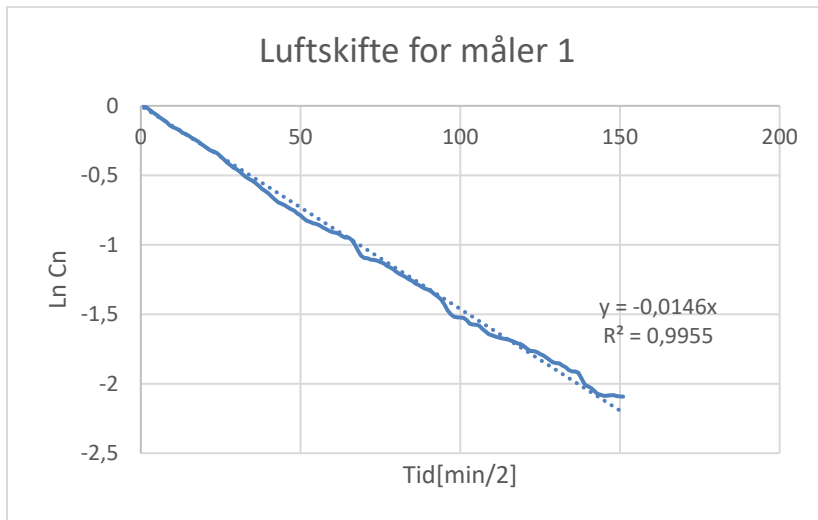




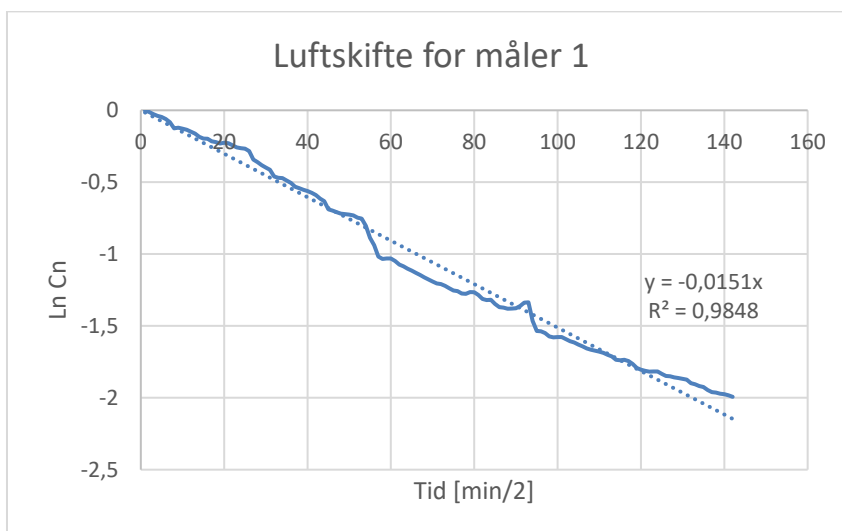
02/11-17

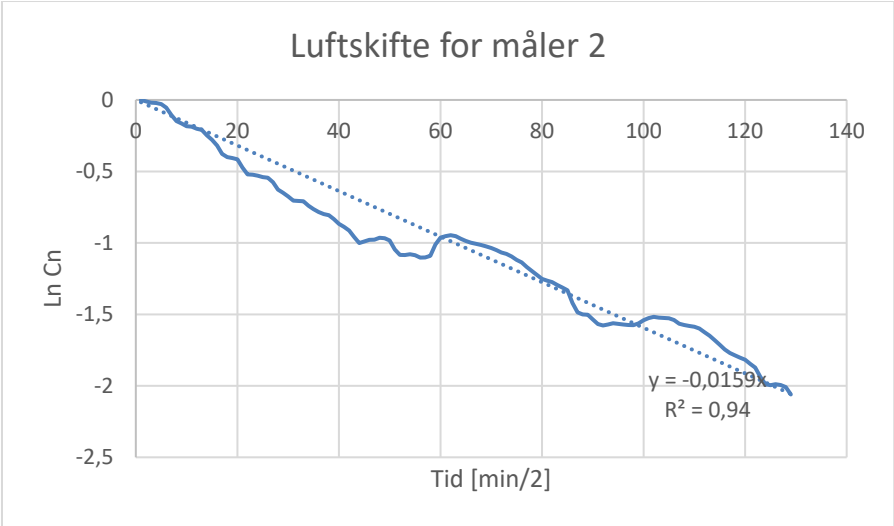


03/11-17



04/11-17

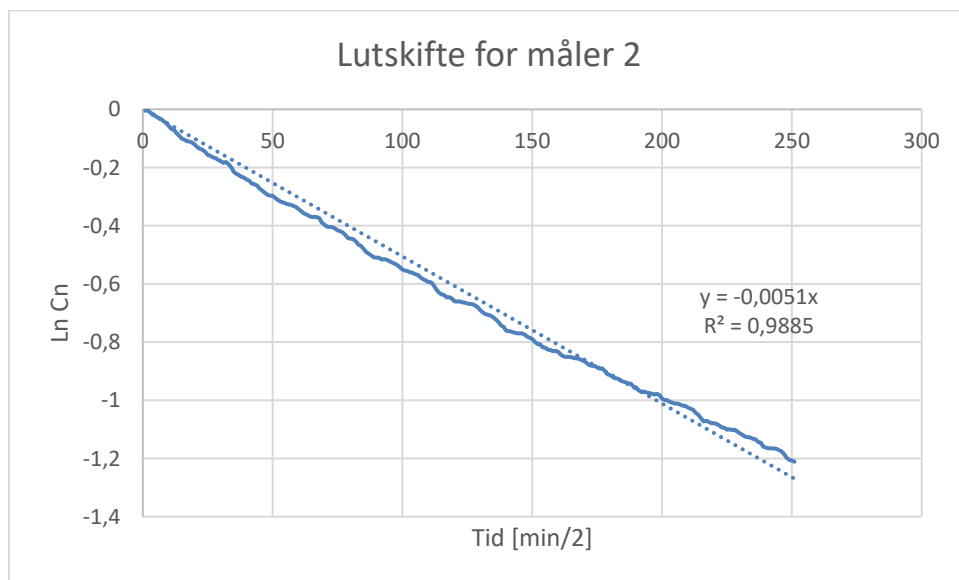
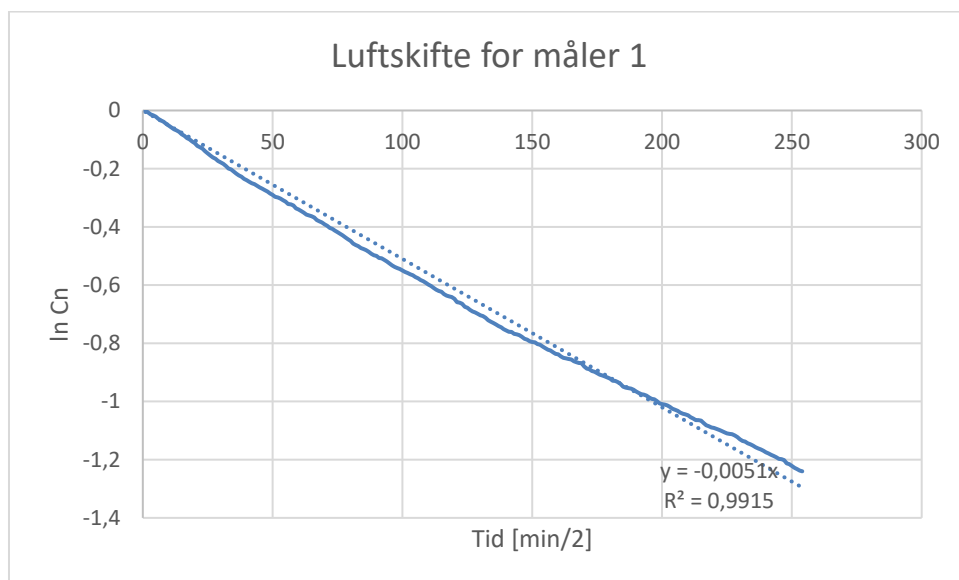




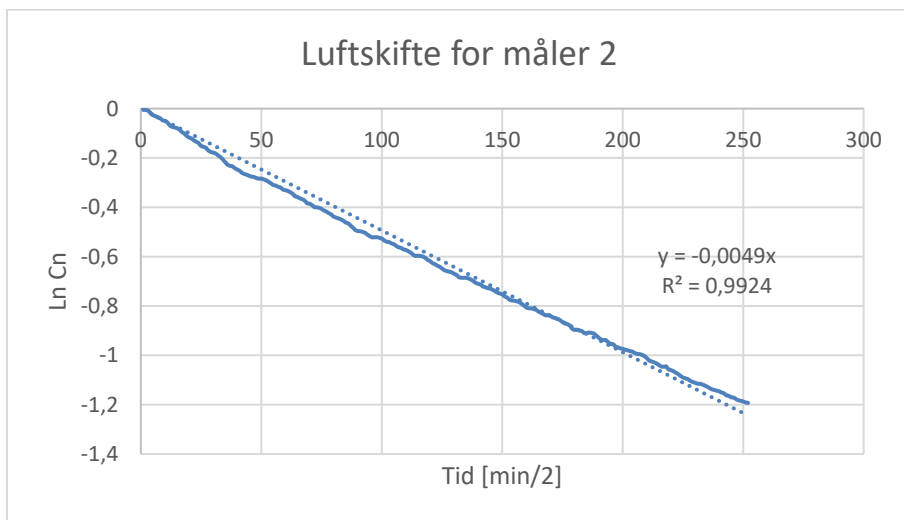
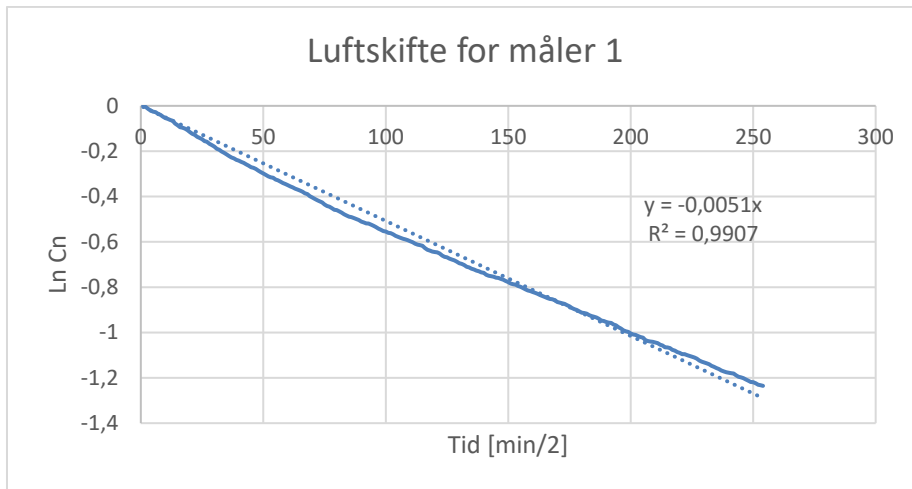
Vedlegg 2: Luftskifte for periode 2

Under er det lagt inn utregningene for luftskifte for de aktuelle dagene som er kikket på. Det er også skrevet om det interne hullet er lukket eller åpent. Grafen er presentert med $\ln(C_n)$ og tid som er 30 sek. Datoene 22-25/11 er vindretning fra sør, mens 29-30/10 er fra nord.

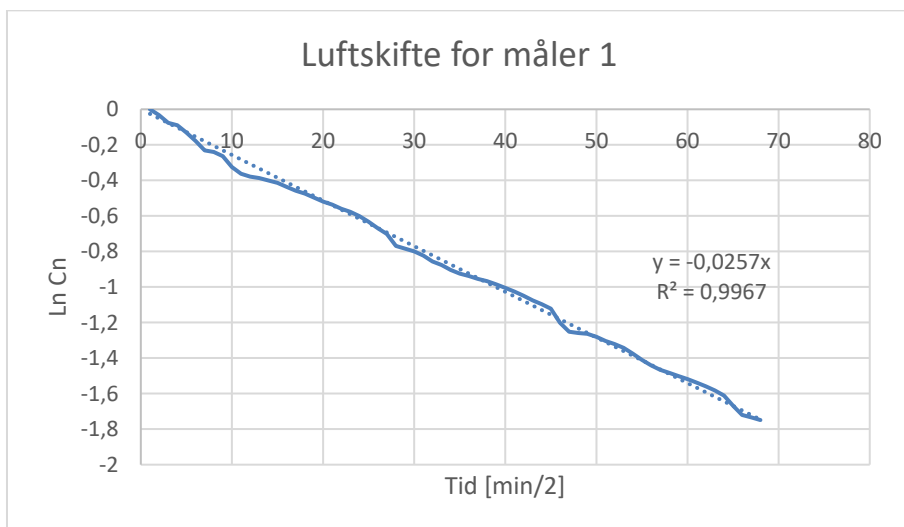
22/11-17, Internt hull åpent

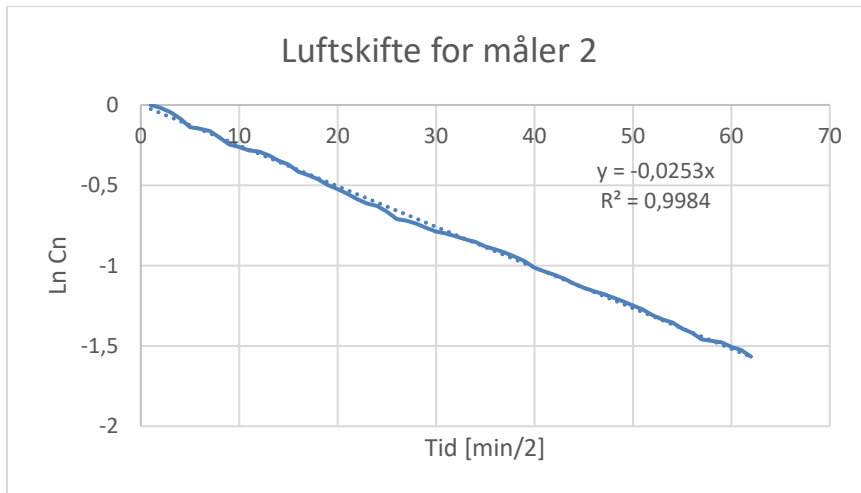


Internt hull lukket

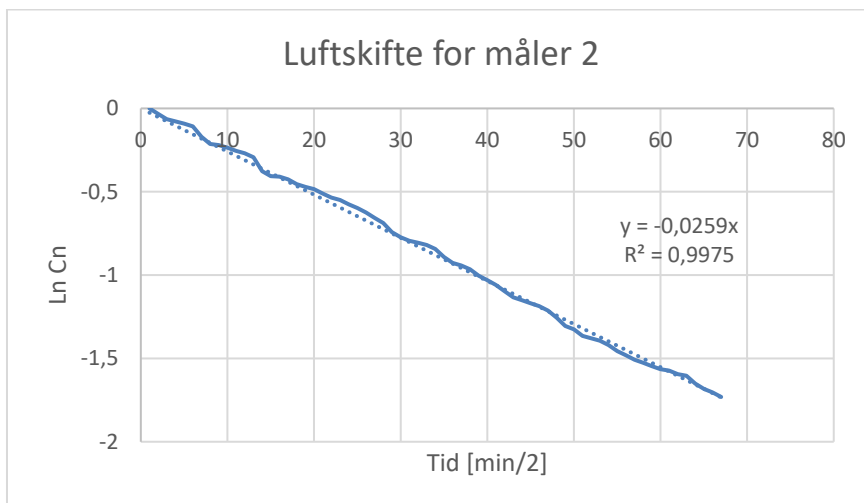
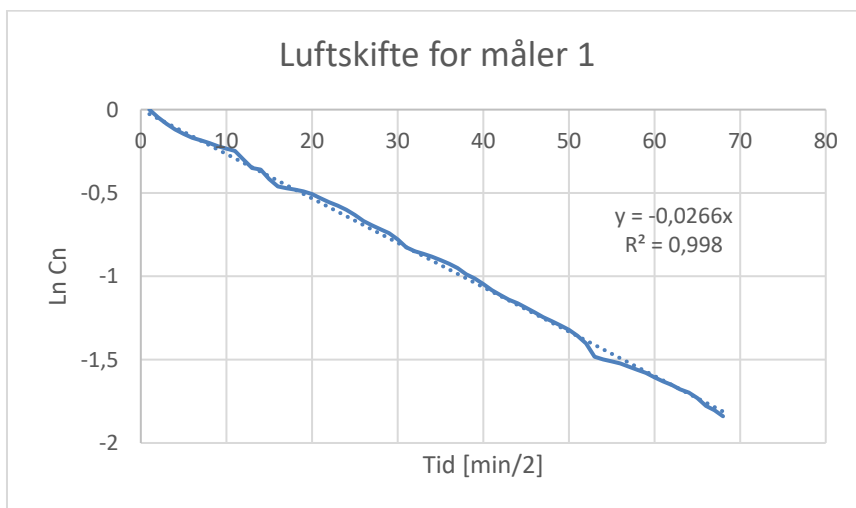


23/11-17, Internt hull åpent

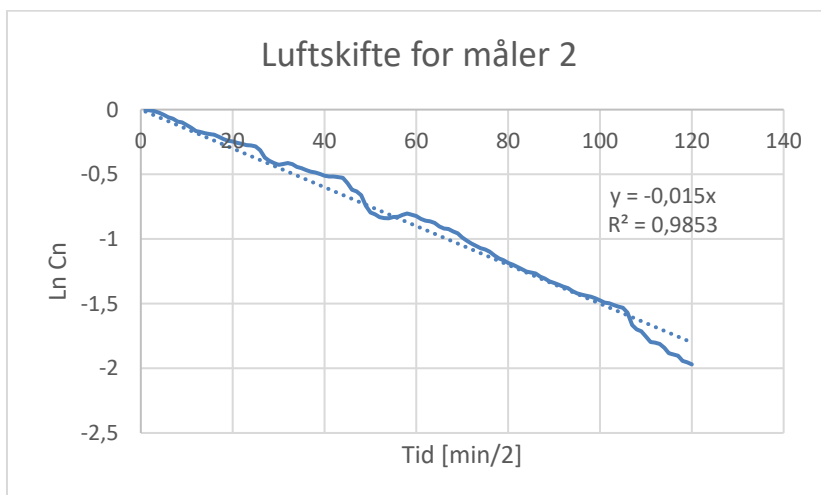
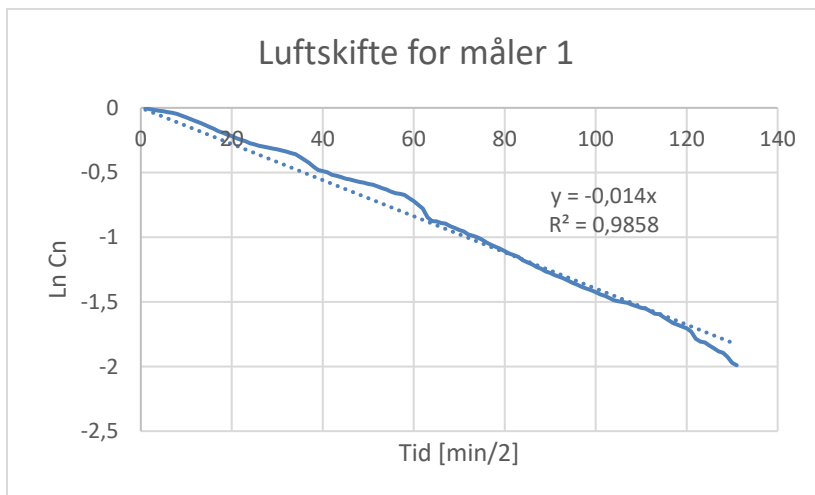




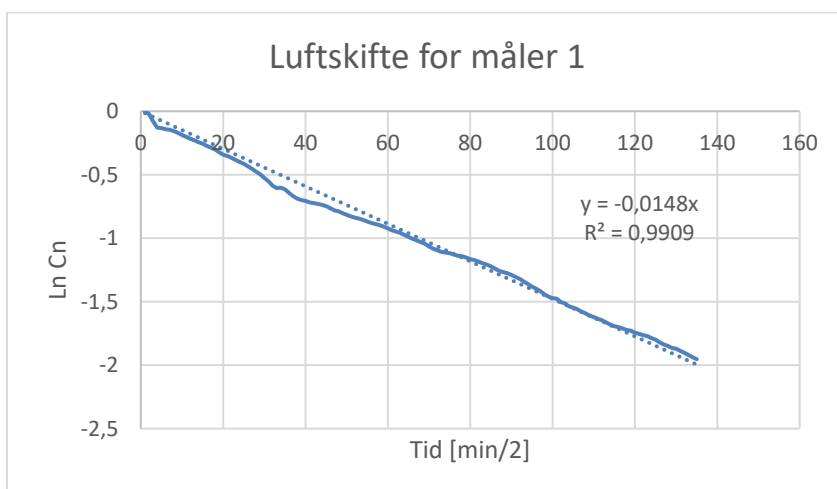
Internt hull lukket

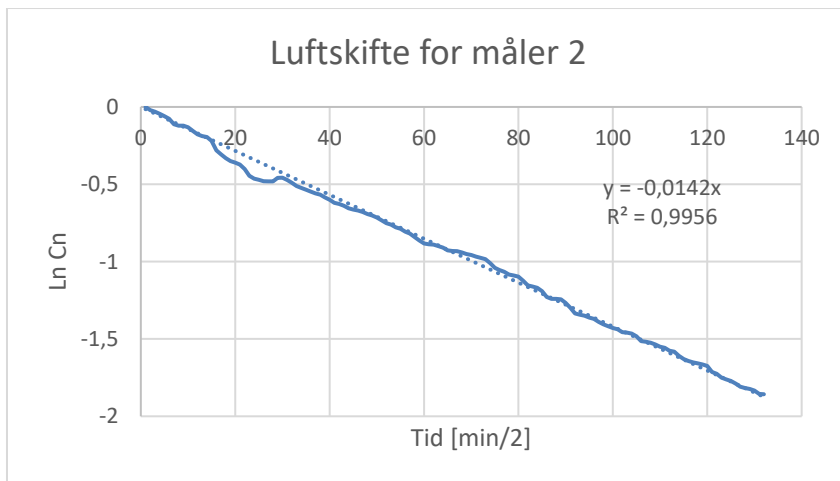


24/11-17, Internt hull åpent

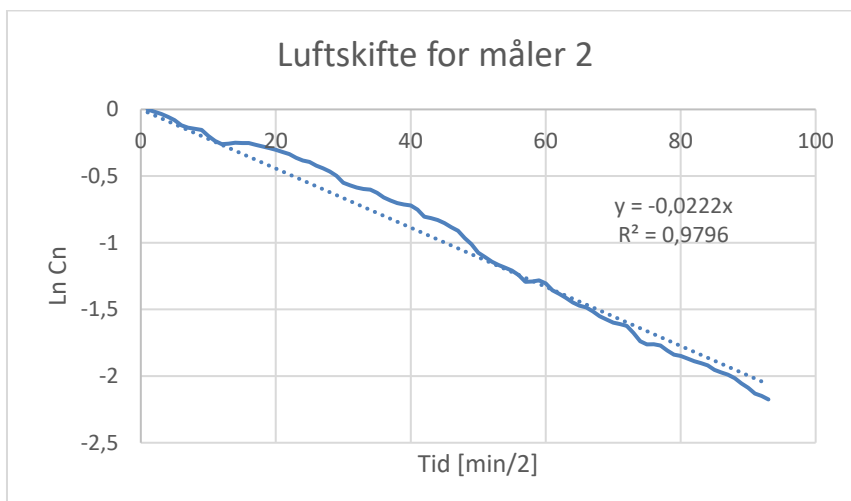
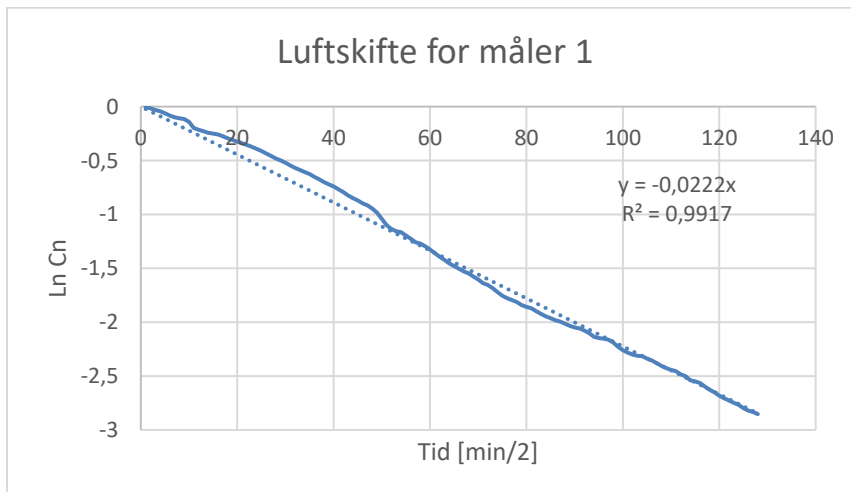


Internt hull lukket

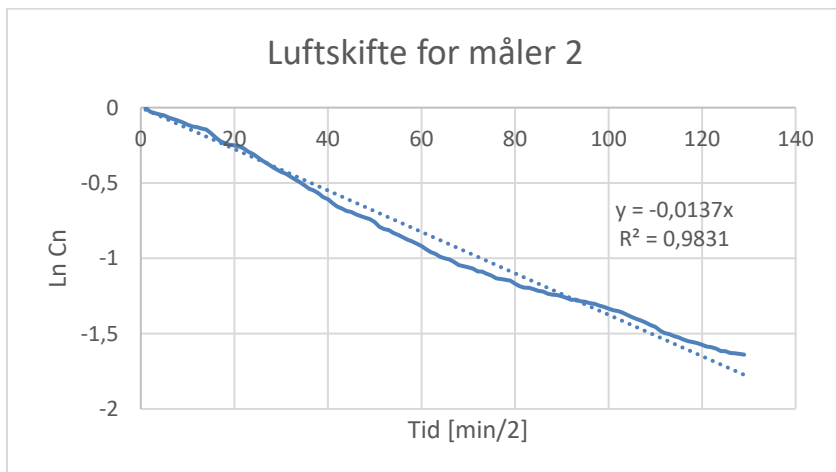
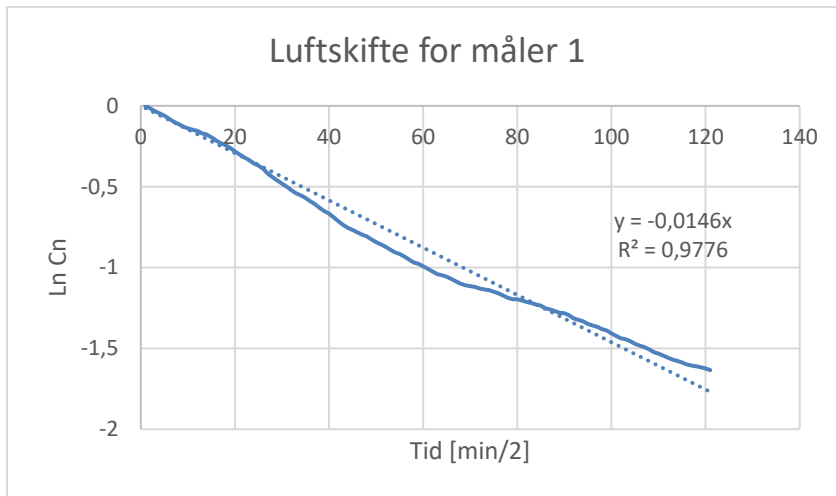




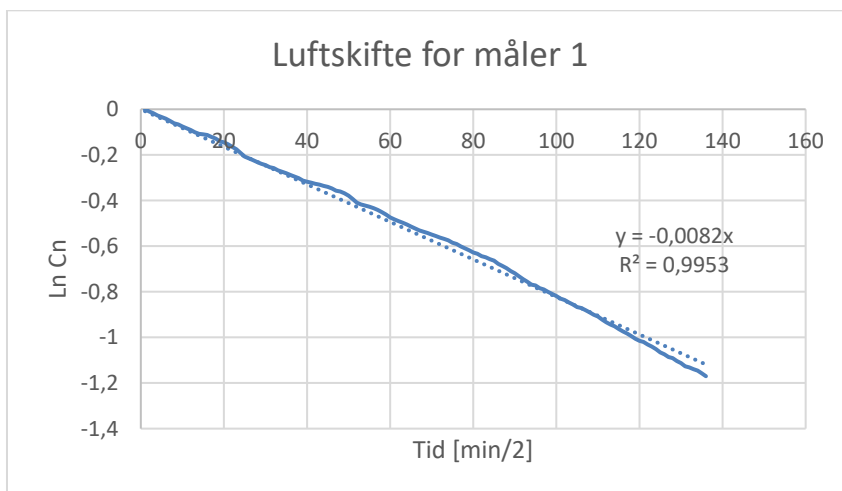
25/11-17, Internt hull åpent

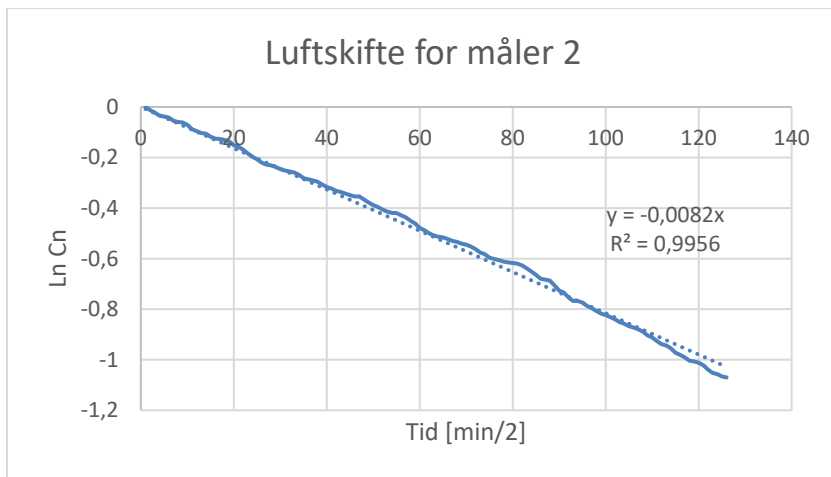


Internt hull lukket

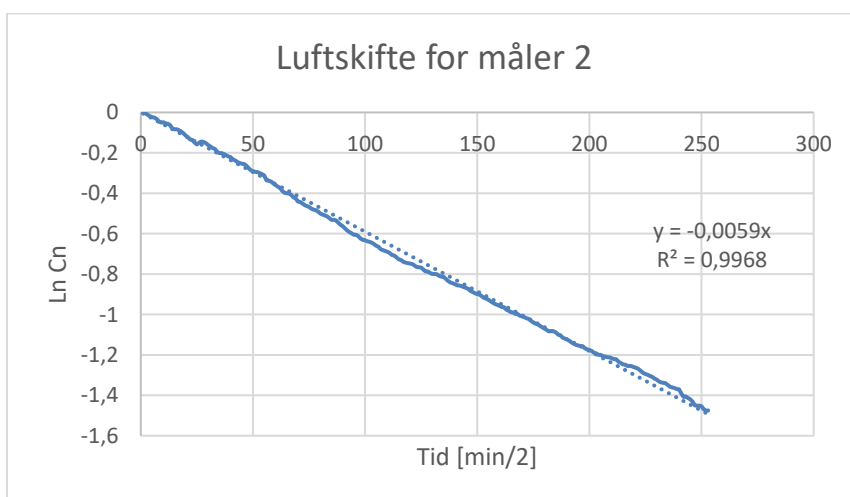
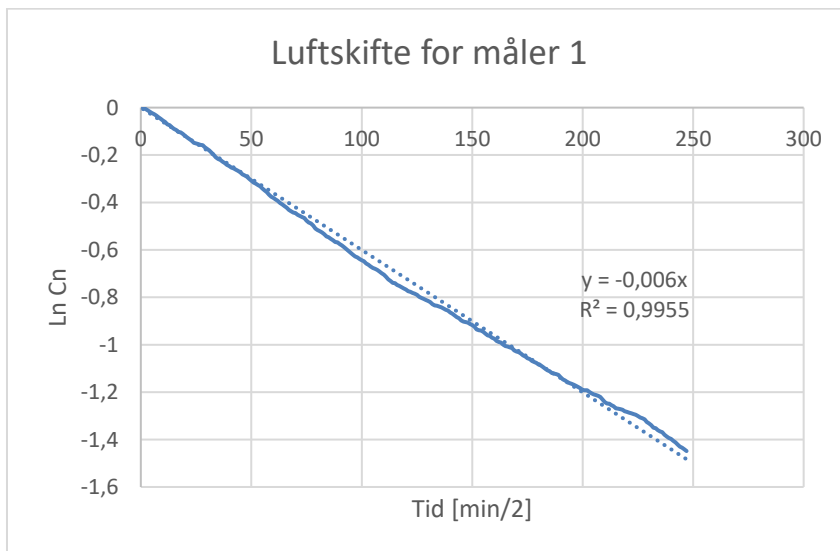


29/11-17, Internt hull åpent (vindretning fra nord)

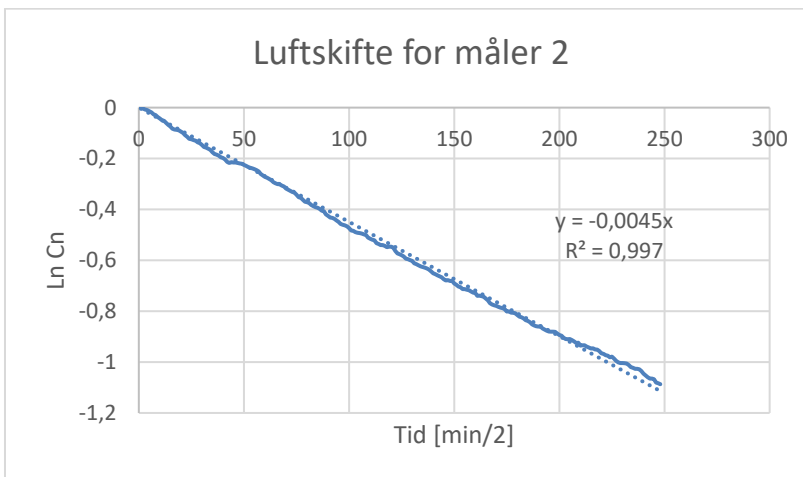
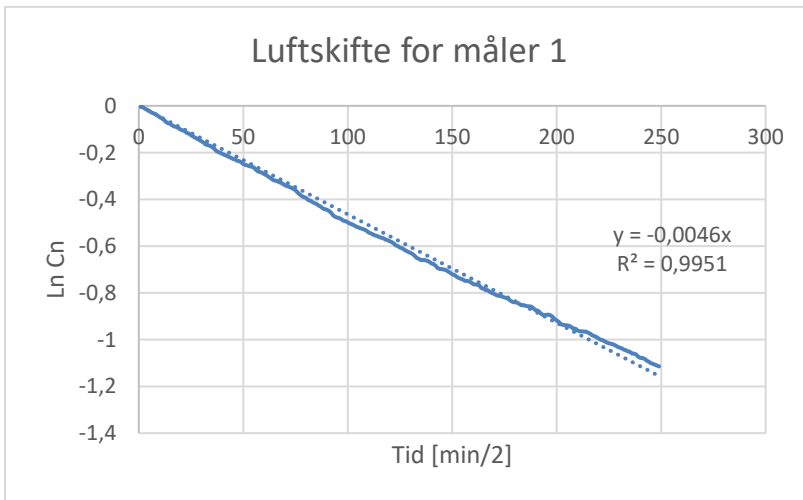




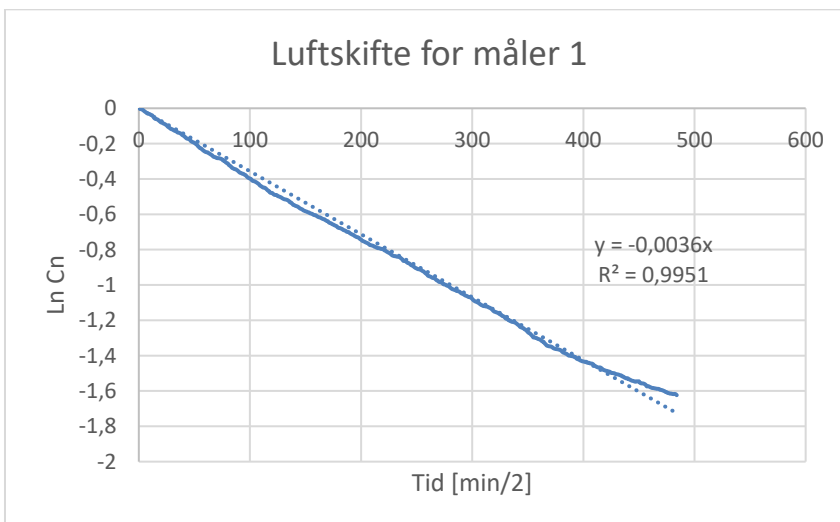
Internt hull lukket



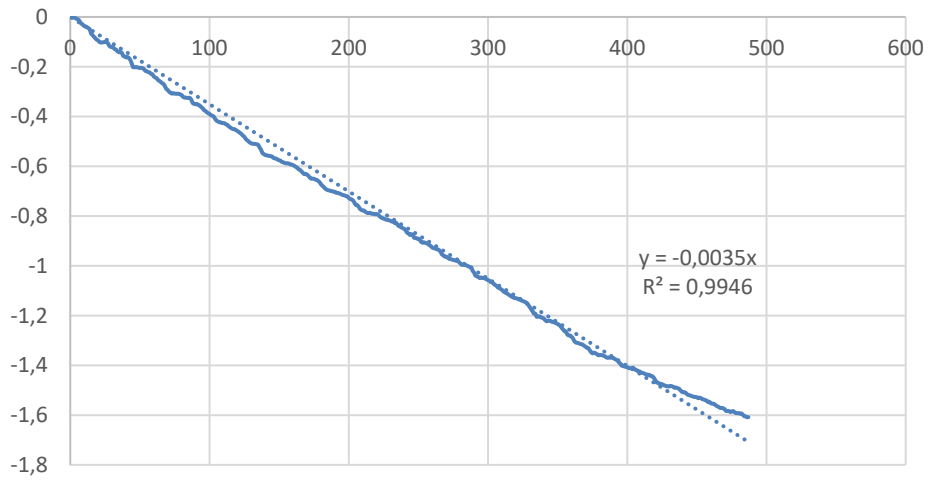
30/11-17, Internt hull åpent



Internt hull lukket



Diagrammtitel



Vedlegg 3, gjennomføring av sporgassmåling

Vindretningen og vindstyrken som er skrevet i dette notatet er kun for det aktuelle tidsrommet målingen ble satt på.

Den 19/10-17 hang jeg opp tre Rotronic målere i Modul A på Søråsjordet, måler nr 1 hang i taket, nr 2 sto på et bord under nr 1 og nr 3 sto i rommet utenfor.

Den 20/10-17 ble det samme gjort. Fikk ikke skrudd på Velocicalc for logging av trykkforskjellen.

Den 22/10-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor. Lukket igjen hull mot friluft (dette hullet er på veggen mot sør), internt hull var åpent. Temp inne er 20°C, utetemp er 5,6°C og vind er 2 m/s fra NØ (29°).

Målingen ble satt på 11:40. Fortsatt ikke brukt Velocicalc, ringer inn på mandag og hører hvordan den fungerer. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 404 ppm.

Den 23/10-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og måler nr 3 sto i rommet utenfor. Lukket igjen hull mot friluft, internt hull var åpent.

Temp inne er 21°C, utetemp er 5,1°C og vind er 3 m/s fra NØ (63°)

Målingen ble satt på 14:00. Fortsatt ikke brukt Velocicalc, vet fortsatt ikke hvordan den logger. Programvaren er for gammel for min PC, trenger en PC med Windows XP eller eldre. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 409 ppm.

Den 24/10-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og måler nr 3 sto i rommet utenfor. Åpnet hull mot friluft igjen, internt hull var åpent

Temp inne er 21°C, utetemp ute er 3,7°C og vind er 6,4 m/s fra SØ (118°)

Målingen ble satt på 12:20. Har ikke fått Velocicalc til å logge, men har tatt bilde av logger. Veksler veldig raskt med trykket, overtrykk fra 2-7 Pa, men ligger mest på 2 Pa.

CO2 konsentrasjonen i uteluften var 400 ppm.

Den 31/10-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent., internt hull var åpent.

Temp inne er 21°C, utetemp ute er 4,8°C og vind er 1,6 m/s fra S (180°)

Målingen ble satt på 11:40. CO2 konsentrasjon i uteluften var 394 ppm.

Den 01/01-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og måler nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft er åpent, internt hull var åpent.

Temp inne er 20°C, utetemp er 7,1°C og vind er 1,1 m/s fra V (289°)

Målingen ble satt på 14:20. CO2 konsentrasjonen i uteluften var 409 ppm.

Etter at målerne ble startet så jeg at det ikke logget som de skulle, målingen fra 31/10 var ødelagt. Var flyttet om på noen stikkontakter som gjorde at målerne ble forstyrret og ikke greide å logge.

Den 02/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og måler 3 sto utenfor

Hull mot friluft er åpent, internt hull var åpent

Temp inne er 21°C, utetemp er 8,1°C og vind er 2,8 m/s fra N (355°)

Målingen ble satt på 10:15. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 405 ppm.

Været er veldig fint, sol fra skyfri himmel.

Den 03/11-17 hang måler 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent, internt hull var åpent

Temp inne er 21,5°C (nettsiden til BIOKLIM var nede.)

Målingen ble satt på 13:25. CO2 konsentrasjon i uteluft var 404 ppm.

Veldig fint vær, sol fra skyfri himmel

Den 04/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent, internt hull er åpent.

Temp inne er 22°C, utetemp er 7,4°C og vind er 3,2 m/s fra S (162°)

Målingen ble satt på 13:20. CO2 konsentrasjonen i uteluften var 402 ppm.

Den 06/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft og internt hull er tapet igjen.

Temp inne er 21°C, utetemp er 6,9°C og vind er 1,3 m/s fra S (175°)

Målingen ble satt på 13:30. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 400 ppm.

Målingen var ødelagt da måler var full.

Periode 2,

Den 22/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var åpent. Satt inn vifte på gulvet på lite rom som blåser på skrå opp i taket og en vifte på stort rom som blåser ut i rommet. Ventilasjonen var tettet igjen og skrudd av på ny.

Temp inne var 21°C, utetemp var -4,6°C og vind var 3,6 m/s fra Ø (76°)

Målingen ble satt på 09:00. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 390 ppm.

Del 2 samme dag hang måler som tidligere på dagen.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var lukket igjen. Vifter hadde samme plassering.

Temp inne var 21°C, utetemp var -2,7°C og vind var 1,7 m/s fra N (328°), 9 cm med snø.

Målingen ble satt på 15:20. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 390 ppm.

Den 23/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var åpent. Vifter hadde samme plassering.

Temp inne var 21°C, utetemp var 8,4°C og vind var 10,2 fra S (179°), regnet og blåste mye, stormen Ylva. Måling ble satt på 10:40. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 402 ppm.

Del 2 samme dag hang målere som tidligere på dagen.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var lukket igjen. Vifter hadde samme plassering

Temp inne var 21°C, utetemp var 8°C og vind var 9,2 m/s fra S (174°), regner fortsatt mye.

Målingen ble satt på 14:30. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 402 ppm.

Den 24/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr sto 2 på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var åpent. Vifter hadde samme plassering.

Temp inne var 21°C, utetemp var 1,1°C og vind var 2,8 m/s fra S (161°), blå himmel, litt skyer. Målingen ble satt på 09:00. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 396 ppm.

Del 2 samme dag hang målere som tidligere på dagen.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var lukket igjen. Vifter hadde samme plassering.

Temp inne var 21°C, utetemp var 3,4°C og vind var 4,3 m/s fra S (185°), solnedgang.

Måling ble satt på 15:30. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 396.

Den 25/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent og internt var åpent. Vifter hadde samme plassering

Temp inne var 20°C, utetemp var -0,6°C og vind var 2,2 m/s fra SØ (150°)

Gikk tom for CO2 på apparatet så hentet et nytt på NMBU.

Måling ble satt på 10:00. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 394.

Del 2 samme dag hang målere som tidligere på dagen.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var lukket igjen. Vifter hadde samme plassering

Temp inne var 20°C, utetemp var 2,4 og vind var 2,4 m/s fra SV (213°). Sol og blå himmel.

Måling ble satt på 13:50. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 394.

Den 29/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent og intern hull var åpent. Vifter hadde samme plassering

Temp inne var 20°C, utetemp var 0,4°C og vind var 5,6 m/s fra N (2°)

Måling ble satt på 09:50. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 420 ppm.

Del 2 samme dag hang målere som tidligere på dagen.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var lukket igjen. Vifter hadde samme plassering.

Temp inne var 20°C, utetemp var 0,2°C og vind var 3,6m/s fra N (352°)

Målingen ble satt på 15:30. CO2 konsentrasjonen i uteluften var 402 ppm.

Den 30/11-17 hang måler nr 1 i taket, nr 2 sto på bordet og nr 3 sto i rommet utenfor.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var åpent. Vifter hadde samme plassering.

Temp inne var 20°C, utetemp var -1,0°C og vind var 3,3 m/s fra N (17°).

Målingen ble satt på 10:00. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 417 ppm.

Del 2 samme dag hang målere som tidligere på dagen.

Hull mot friluft var åpent og internt hull var lukket igjen. Vifter hadde samme plassering:

Temp inne var 20°C, utetemp var -1,1 og vind var 4,0 m/s fra N (13°)

Målingen ble satt på 15:15. CO2 konsentrasjonen i uteluft var 417 ppm.

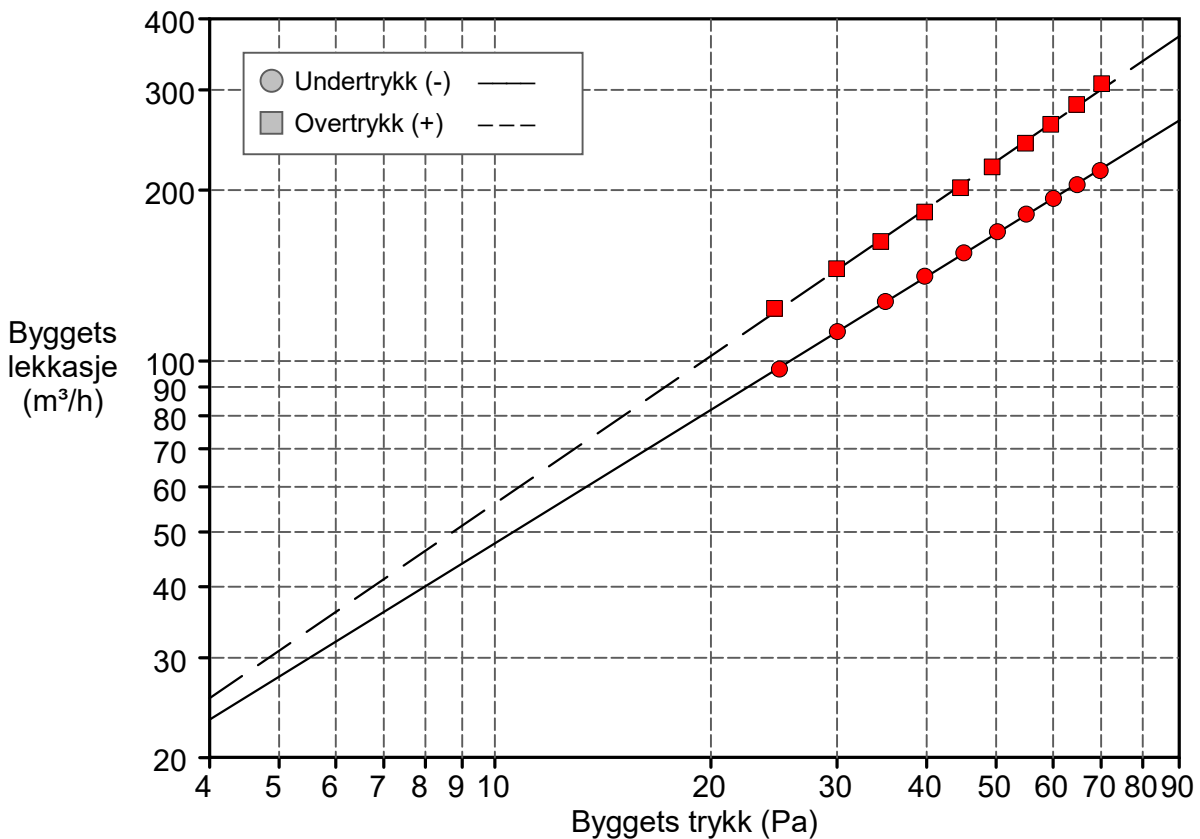


Testdato: 19.10.2017
Testfil: Måling av hele modul A
Kunde:

Testet av: Georg
Prosjektnummer:
Bygningens adresse: Massivtre bygg
Søråsjordet

	<u>Undertrykk</u>	<u>Overtrykk</u>	<u>Snitt</u>
Testresultat ved 50 Pascal:			
v50: m ³ /h Luftmengde	168 (+/- 0.4 %)	225 (+/- 0.9 %)	196
n50: 1/h (Luftskifteverdi)	2.84	3.81	3.33
w50: m ³ /(h·m ² Gulvareal)	6.45	8.64	7.55
q50:			
Lekkasjeareal:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm ²)	53.3 (+/- 1.6 %)	62.6 (+/- 4.2 %)	57.9
LBL ELA @ 4 Pa (cm ²)	25.2 (+/- 2.6 %)	27.5 (+/- 6.7 %)	26.3
Bygningens lekkesjekurve:			
Luftmengdekoefisient (Cenv) m ³ /(h·Pa ⁿ)	7.8 (+/- 4.1 %)	7.7 (+/- 10.4 %)	
Luftlekkasjekoeffisient (CL) m ³ /(h·Pa ⁿ)	7.9 (+/- 4.1 %)	7.7 (+/- 10.4 %)	
Eksponent	0.780 (+/- 0.011)	0.862 (+/- 0.027)	
Korrelasjonskoeffisient	0.99986	0.99925	

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk og Overtrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 5

Testdato: 19.10.2017 Testfil: Måling av hele modul A

Undertrykkstest 1:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
22.0	7.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

Δp _{0,1} -	Δp _{0,1} +	Δp _{0,1}	Δp _{0,2} -	Δp _{0,2} +	Δp _{0,2}
-0.8	0.0	-0.8	-0.8	0.0	-0.8

Data:

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.8	n/a	n/a				
-70.5	-69.8	116.9	225	216	-0.5	Ring C
-65.6	-64.8	104.6	212	204	-0.5	Ring C
-60.8	-60.1	93.9	201	193	-0.1	Ring C
-55.8	-55.0	83.1	189	181	0.4	Ring C
-51.0	-50.2	72.3	176	169	0.4	Ring C
-45.8	-45.0	61.2	161	155	0.3	Ring C
-40.5	-39.7	50.9	147	141	0.6	Ring C
-35.8	-35.0	41.8	132	127	0.2	Ring C
-30.8	-30.0	33.0	117	113	-0.0	Ring C
-25.7	-24.9	24.6	101	97	-0.7	Ring C
-0.8	n/a	n/a				

TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 4 of 5

Testdato: 19.10.2017 Testfil: Måling av hele modul A

Overtrykkstest 1:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
22.0	7.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

Δp _{0,1} -	Δp _{0,1} +	Δp _{0,1}	Δp _{0,2} -	Δp _{0,2} +	Δp _{0,2}
-0.6	0.0	-0.6	-0.6	0.0	-0.6

Data:

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.6	n/a	n/a				
69.5	70.2	203.0	299	308	2.2	Ring C
64.1	64.8	172.3	275	283	0.6	Ring C
58.9	59.6	147.6	254	261	-0.2	Ring C
54.3	54.9	127.2	235	242	-0.8	Ring C
48.7	49.4	105.6	213	220	-1.3	Ring C
44.0	44.6	89.6	196	202	-1.0	Ring C
39.1	39.7	74.0	178	183	-0.8	Ring C
33.9	34.5	58.7	158	162	-0.6	Ring C
29.3	30.0	47.4	141	145	0.5	Ring C
23.9	24.5	34.7	120	124	1.6	Ring C
-0.6	n/a	n/a				



Testdato: 11.10.2017
Testfil: Måling med alle hull tette
Kunde:

Testet av: Georg
Prosjektnummer:
Bygningens adresse: Massivtre
Søråsjordet
- Ås

Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m³/h Luftmengde 221 (+/- 0.2 %)
n50:
w50:
q50:

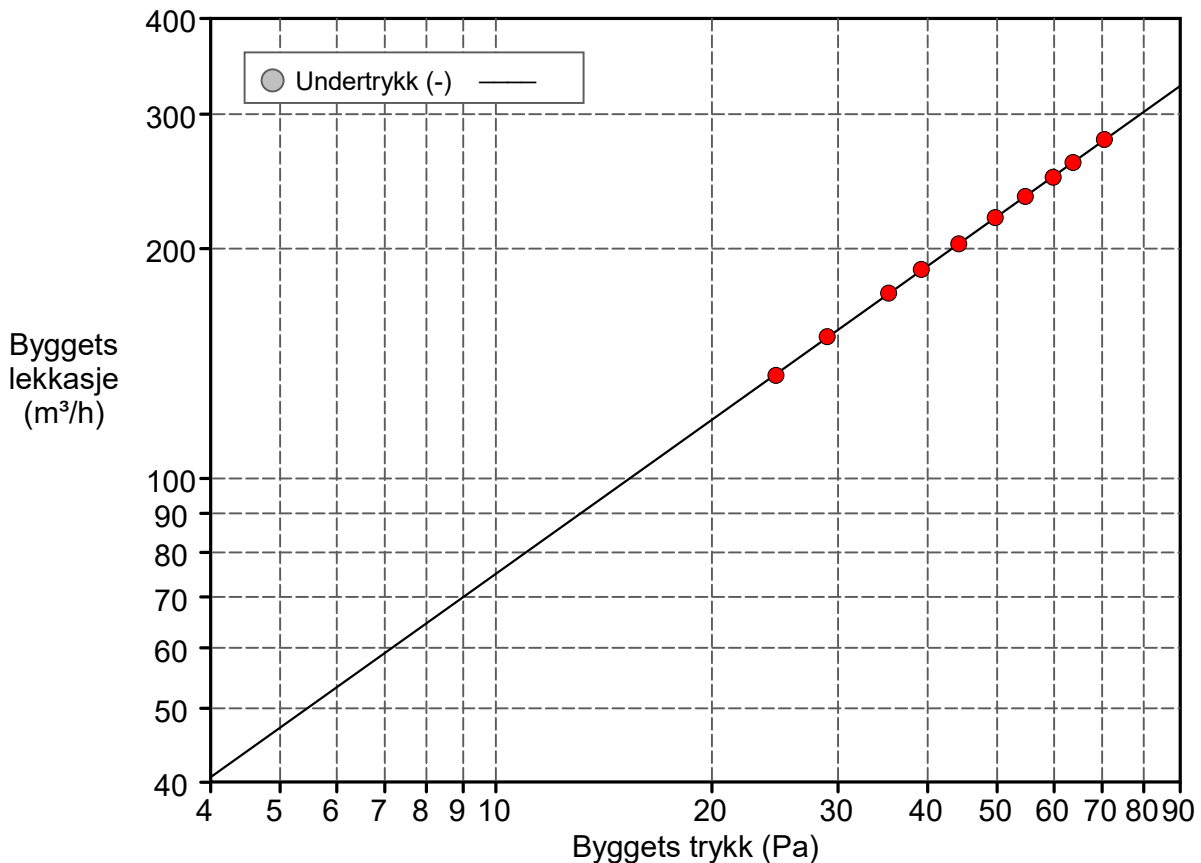
Lekkasjeareal:

83.8 cm² (+/- 0.8 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
43.8 cm² (+/- 1.2 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekkesjekurve:

Luftmengdekoefisient (Cenv) = 15.8 m³/(h·Paⁿ) (+/- 2.0 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 16.1 m³/(h·Paⁿ) (+/- 2.0 %)
Eksponent (n) = 0.669 (+/- 0.005)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99996

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 4

Testdato: 11.10.2017 Testfil: Måling med alle hull tette

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
20.0	7.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-0.4	0.2	-0.2	-1.5	0.0	-1.5

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.2	n/a	n/a				
-71.4	-70.5	186.9	286	278	0.1	Ring C
-64.6	-63.7	163.3	267	259	-0.1	Ring C
-60.7	-59.8	149.8	256	248	-0.3	Ring C
-55.6	-54.7	134.1	241	234	-0.0	Ring C
-50.6	-49.7	118.5	226	220	0.0	Ring C
-45.0	-44.2	101.6	209	203	-0.0	Ring C
-40.1	-39.2	87.5	194	188	0.3	Ring C
-36.1	-35.3	76.1	180	175	0.2	Ring C
-29.9	-29.0	59.0	158	153	0.2	Ring C
-25.4	-24.6	47.1	141	136	-0.4	Ring C
-1.5	n/a	n/a				



Testdato: 11.10.2017
Testfil: Måling med å åpne utvendig hull
Kunde:

Testet av: Georg
Prosjektnummer:
Bygningens adresse: søråsjordet
- Ås

Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m³/h Luftmengde 489 (+/- 0.5 %)
n50:
w50:
q50:

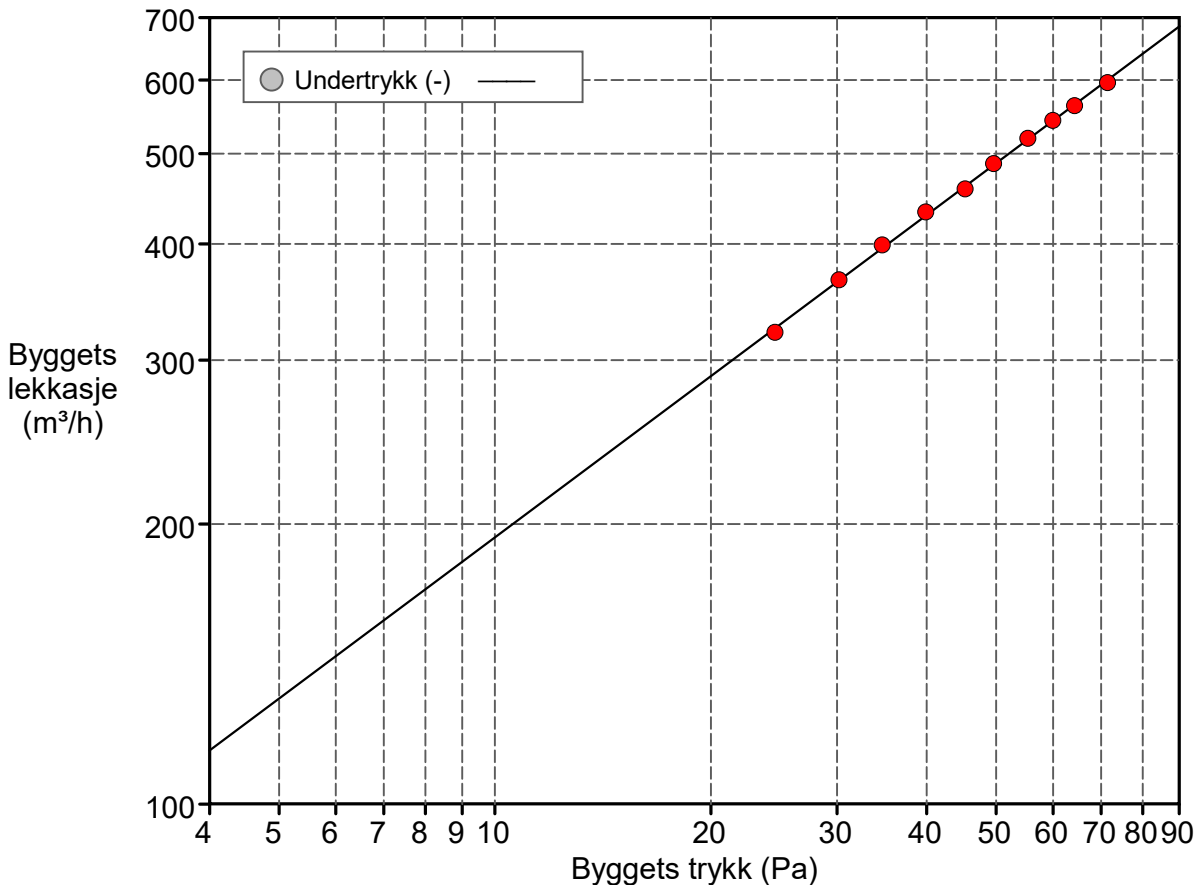
Lekkasjereal:

216.0 cm² (+/- 2.4 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
123.2 cm² (+/- 3.8 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekkasjeurve:

Luftmengdekoefisient (Cenv) = 50.5 m³/(h·Paⁿ) (+/- 5.9 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 51.5 m³/(h·Paⁿ) (+/- 5.9 %)
Eksponent (n) = 0.575 (+/- 0.015)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99947

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 4

Testdato: 11.10.2017 Testfil: Måling med å åpne utvendig hull

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
20.0	7.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

Δp _{0,1} -	Δp _{0,1} +	Δp _{0,1}	Δp _{0,2} -	Δp _{0,2} +	Δp _{0,2}
-0.4	0.0	-0.4	-0.6	0.0	-0.6

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.4	n/a	n/a				
-71.9	-71.4	57.6	612	596	-0.7	Ring B
-64.7	-64.3	51.4	578	563	-0.2	Ring B
-60.4	-59.9	47.7	557	543	0.1	Ring B
-55.8	-55.3	43.6	533	519	0.3	Ring B
-50.1	-49.6	38.5	501	488	0.4	Ring B
-45.7	-45.2	33.9	470	458	-0.7	Ring B
-40.4	-39.9	30.3	445	433	1.0	Ring B
-35.2	-34.7	25.7	409	399	0.8	Ring B
-30.7	-30.2	21.6	376	366	0.1	Ring B
-25.1	-24.6	245.8	330	321	-1.0	Ring C
-0.6	n/a	n/a				



Testdato: 11.10.2017
Testfil: Måling med åpning av innvedig hull
Kunde:

Testet av: Georg
Prosjektnummer:
Bygningens adresse:

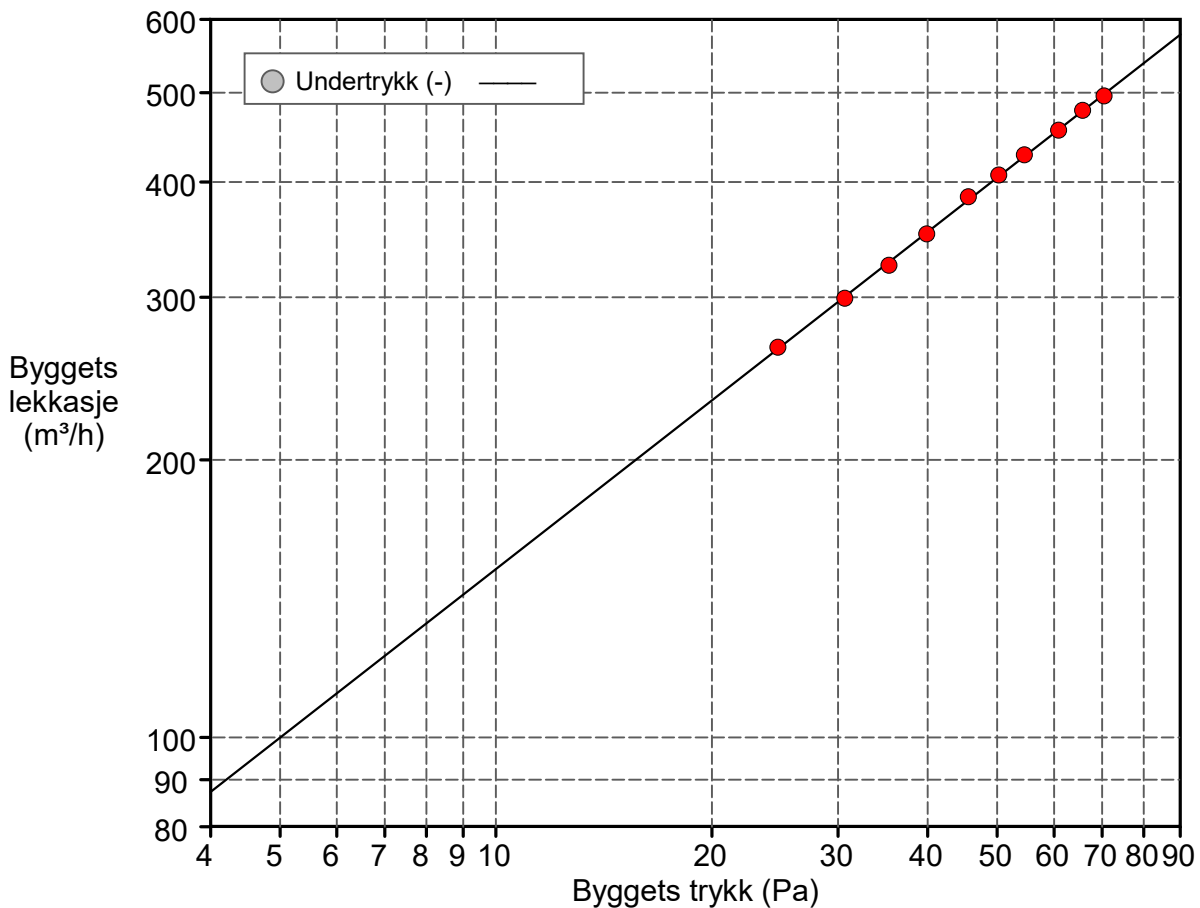
Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m³/h Luftmengde 405 (+/- 0.4 %)
n50:
w50:
q50:

Lekkasjereal: 169.9 cm² (+/- 1.8 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
94.1 cm² (+/- 2.9 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekkesjekurve: Luftmengdekoefisient (Cenv) = 37.0 m³/(h·Paⁿ) (+/- 4.5 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 37.6 m³/(h·Paⁿ) (+/- 4.5 %)
Eksponent (n) = 0.607 (+/- 0.012)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99972

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 4

Testdato: 11.10.2017 Testfil: Måling med åpning av innvedig hull

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
20.0	7.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

Δp _{0,1-}	Δp _{0,1+}	Δp _{0,1}	Δp _{0,2-}	Δp _{0,2+}	Δp _{0,2}
-0.4	0.0	-0.4	-0.3	0.0	-0.3

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.4	n/a	n/a				
-70.8	-70.4	39.9	510	496	-0.5	Ring B
-66.1	-65.8	37.1	492	478	0.1	Ring B
-61.2	-60.9	33.6	468	455	-0.1	Ring B
-54.9	-54.5	29.7	440	428	0.4	Ring B
-50.6	-50.3	26.8	418	407	0.3	Ring B
-45.9	-45.5	24.0	396	385	0.8	Ring B
-40.2	-39.9	293.2	361	351	-0.3	Ring C
-35.7	-35.3	252.0	334	325	-0.8	Ring C
-31.0	-30.6	214.8	308	299	-0.4	Ring C
-25.1	-24.7	169.5	272	265	0.5	Ring C
-0.3	n/a	n/a				



Testdato: 11.10.2017
Testfil: Måling med begge hull åpne
Kunde:

Testet av: Georg
Prosjektnummer:
Bygningens adresse:

Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m³/h Luftmengde 674 (+/- 0.5 %)
n50:
w50:
q50:

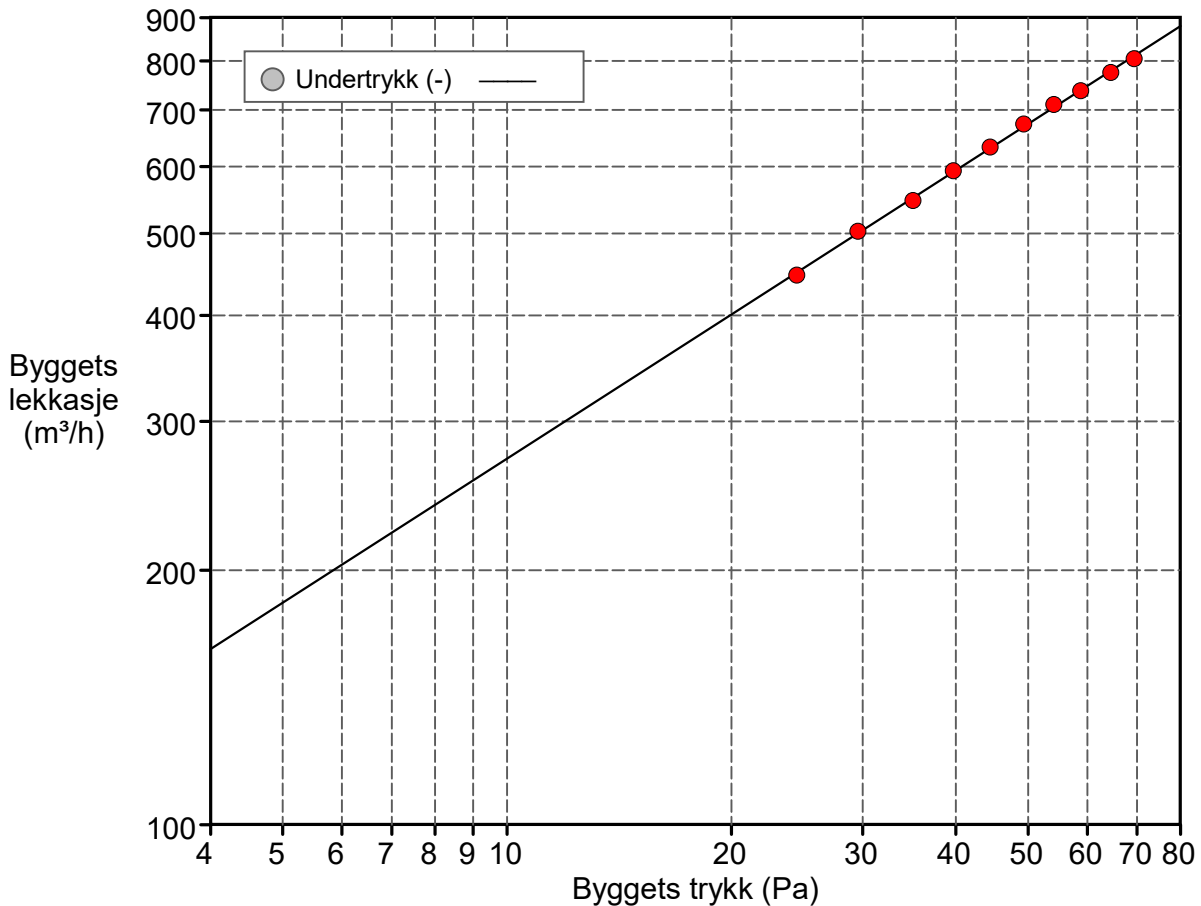
Lekkasjereal:

302.4 cm² (+/- 2.3 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
173.9 cm² (+/- 3.7 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekkasjeurve:

Luftmengdekoefisient (Cenv) = 72.2 m³/(h·Paⁿ) (+/- 5.7 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 73.6 m³/(h·Paⁿ) (+/- 5.7 %)
Eksponent (n) = 0.566 (+/- 0.015)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99947

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 4

Testdato: 11.10.2017 Testfil: Måling med begge hull åpne

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
20.0	7.0	101325.0

Før test

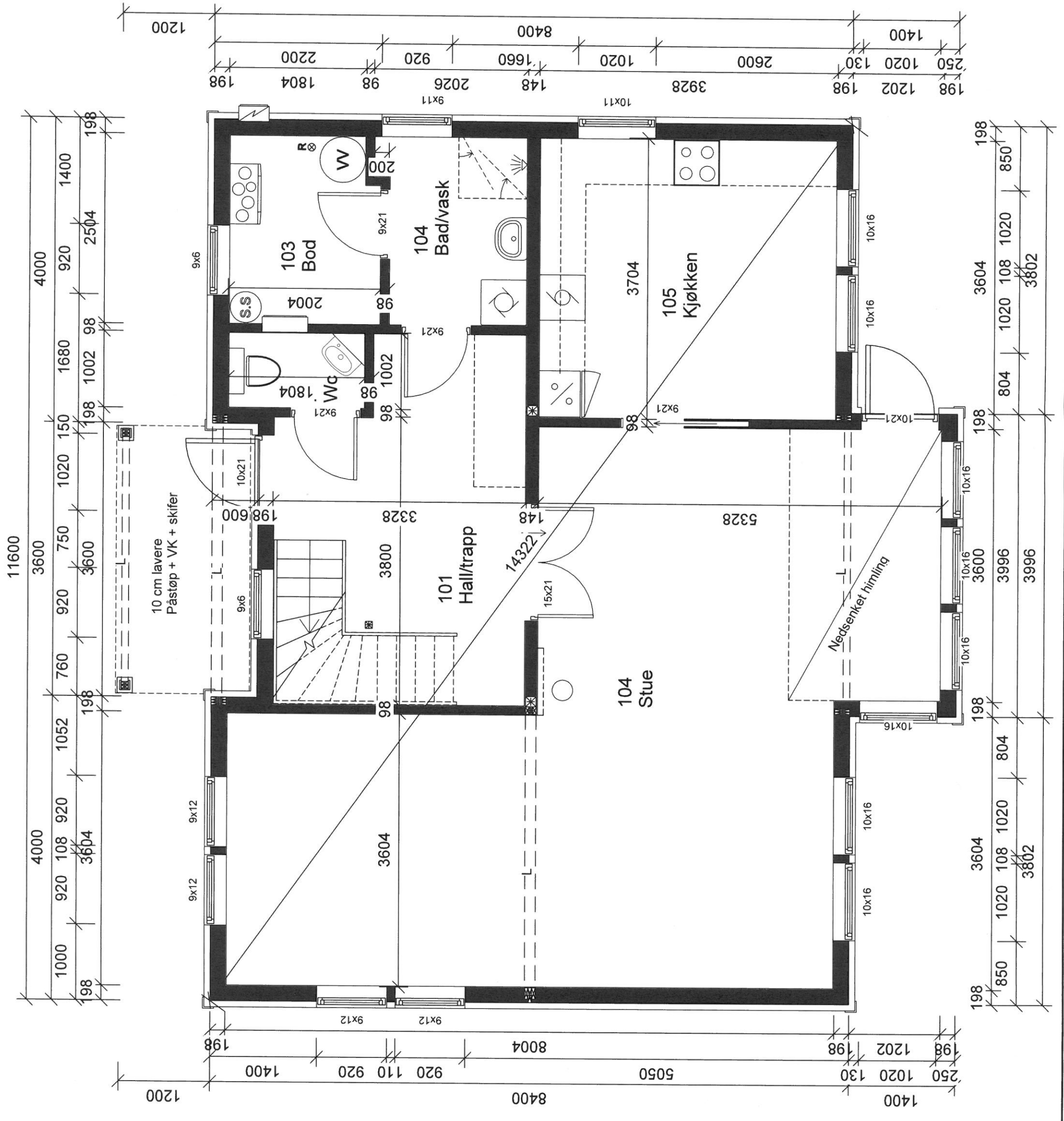
Data for baseline

Etter test

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-0.3	0.0	-0.3	-0.7	0.0	-0.7

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.3	n/a	n/a				
-69.8	-69.3	105.2	825	804	-0.8	Ring B
-65.0	-64.5	97.6	795	775	-0.5	Ring B
-59.3	-58.8	88.4	757	738	-0.1	Ring B
-54.6	-54.1	82.0	729	711	0.8	Ring B
-49.8	-49.3	73.6	691	674	0.8	Ring B
-44.9	-44.4	64.9	649	633	0.4	Ring B
-40.2	-39.7	57.0	609	593	0.3	Ring B
-35.5	-35.0	48.4	561	547	-0.7	Ring B
-30.0	-29.5	40.9	516	503	0.5	Ring B
-25.0	-24.5	32.2	458	447	-0.7	Ring B
-0.7	n/a	n/a				



MESTERHUS

MESTERHUS OSLO AS

REV:	DATE:	REVISJON:	SIGN:
A	02.03.17	Vask i wc 102 flyttet	agr
C	15.03.17	Vindu 105 øket bredde 10 cm.	agr

TILTAKSHAVER: Åse og Tom Paulsen		MÅL: 1 : 50	
BYGGEPLASS: Seterhøybakken 9	TILTAKSART: Enebolig		PROSJEKT NR: 22.12.16
G.nr/B.nr: G.nr 157. B.nr. 758	Utarbeidet av: AGBO boligprosjektering		TEGN NR: 243N-12 121016-E
KOMMUNE: 1176 Oslo	Vårveien 51, 1182 Oslo		
	Tlf.: 23035036 / 91596025		
	Email: post@agbo.no		



Testdato: 08.09.2017
Testfil: Seterhøybakken 9

Testet av: Georg
Prosjektnummer:

Kunde: Håndverksbygg
Erik Askautrud

Bygningens adresse: Enebolig
Seterhøybakken 9
Norge - 1176 Oslo

Telefon:
Fax:
E-mail: erik@handverksbygg.no

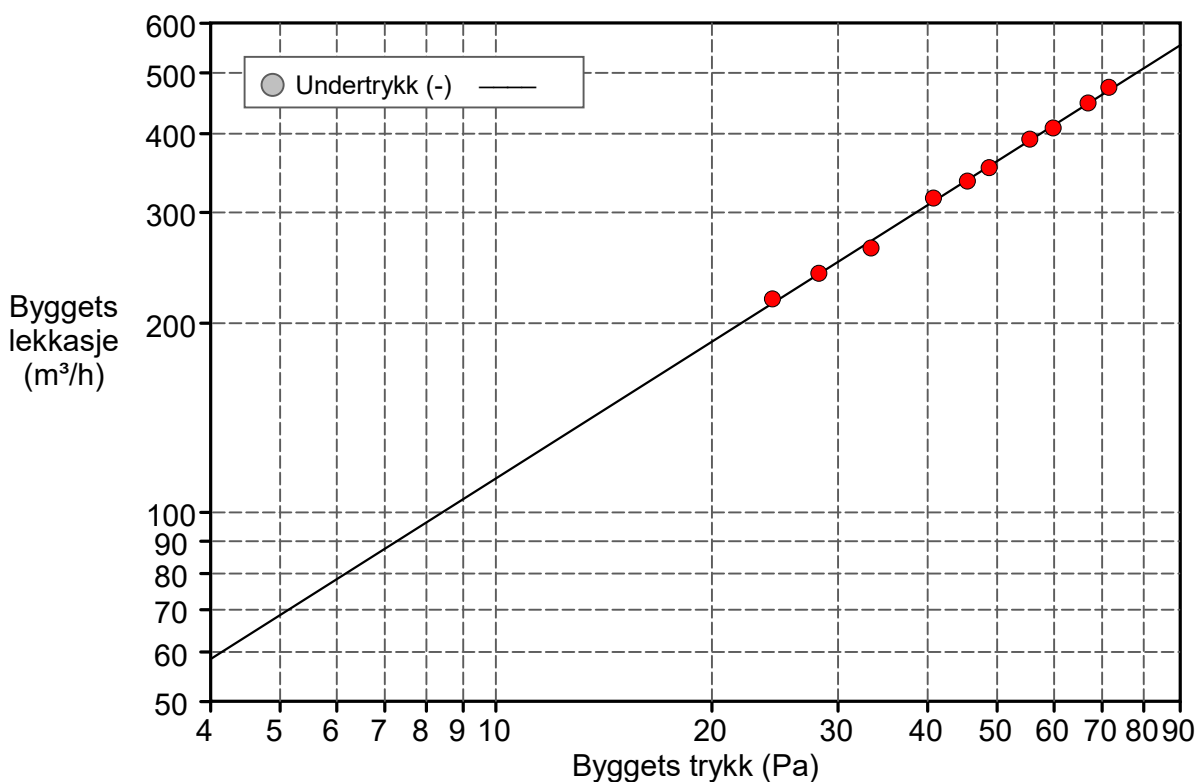
Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m ³ /h Luftmengde	362 (+/- 1.0 %)
n50: 1/h (Luftskifteverdi)	0.91
w50: m ³ /(h·m ² Gulvareal)	2.13
q50:	

Lekkasjeareal: 126.5 cm² (+/- 4.2 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
63.0 cm² (+/- 6.6 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekksejkeurve: Luftmengdekoefisient (Cenv) = 21.4 m³/(h·Paⁿ) (+/- 10.4 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 21.5 m³/(h·Paⁿ) (+/- 10.4 %)
Eksponent (n) = 0.722 (+/- 0.027)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99894

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETTETHET Side 3 of 4

Testdato: 08.09.2017 Testfil: Seterhøybakken 9

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
16.0	14.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-0.8	0.0	-0.8	-1.0	0.0	-1.0

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.8	n/a	n/a				
-72.4	-71.5	35.1	478	474	1.1	Ring B
-67.8	-66.9	31.3	452	448	0.2	Ring B
-60.7	-59.8	26.0	412	409	-0.9	Ring B
-56.4	-55.5	23.9	396	392	0.5	Ring B
-49.6	-48.7	19.4	356	353	-0.6	Ring B
-46.3	-45.4	259.3	339	336	-0.5	Ring C
-41.6	-40.7	230.0	319	316	1.2	Ring C
-34.2	-33.3	161.5	266	263	-2.5	Ring C
-29.1	-28.2	134.7	242	240	0.1	Ring C
-25.2	-24.3	112.4	220	219	1.6	Ring C
-1.0	n/a	n/a				



Testdato: 23.11.2017
Testfil: Blowerdoor 4.0

Testet av: Georg og Ludvik
Prosjektnummer:

Kunde:

Bygningens adresse: Kjeller
Kjeller på Fløy 5 i TF bygget

Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m³/h Luftmengde 321 (+/- 0.4 %)
n50:
w50:
q50:

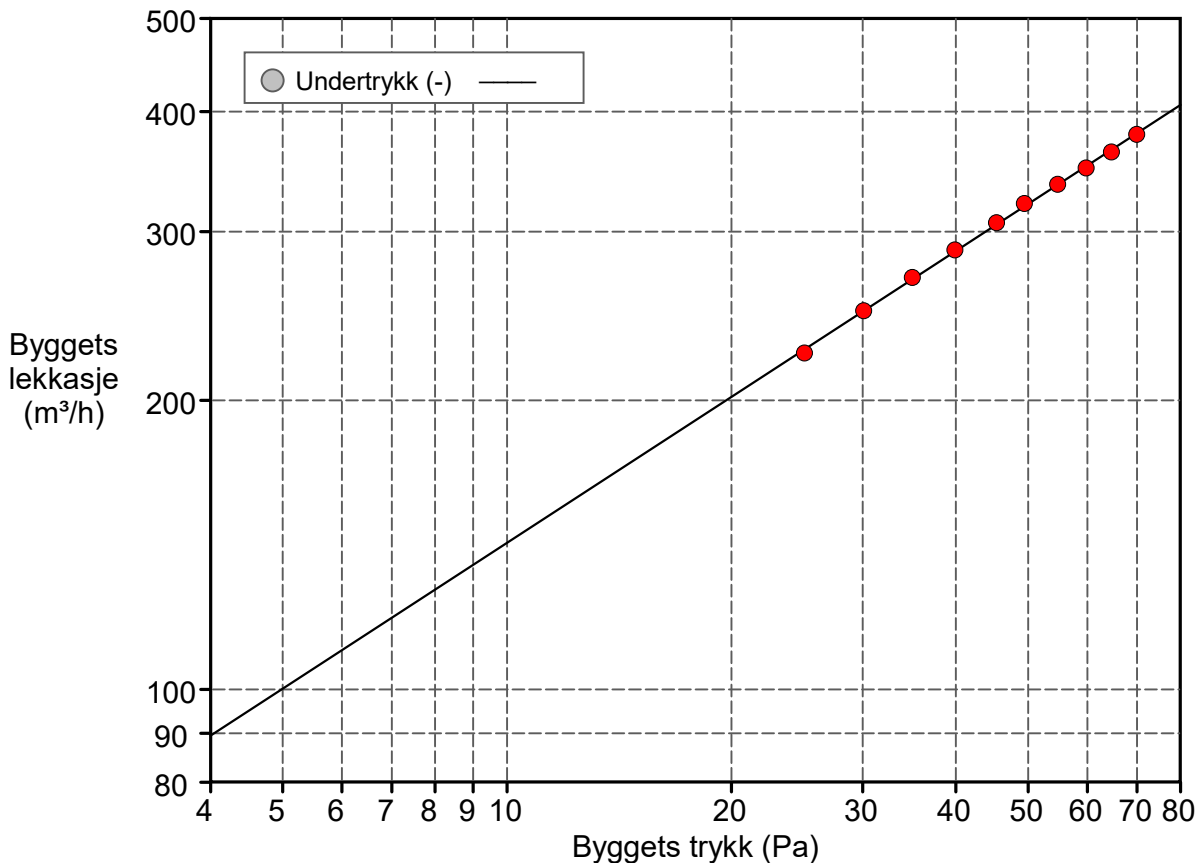
Lekkasjereal:

158.7 cm² (+/- 1.9 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
96.5 cm² (+/- 3.0 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekkesjekurve:

Luftmengdekoefisient (Cenv) = 44.4 m³/(h·Paⁿ) (+/- 4.7 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 44.4 m³/(h·Paⁿ) (+/- 4.7 %)
Eksponent (n) = 0.505 (+/- 0.012)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99956

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 4

Testdato: 23.11.2017 Testfil: Blowerdoor 4.0

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
20.0	20.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-0.0	0.1	0.0	-0.2	0.0	-0.1

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
0.0	n/a	n/a				
-70.0	-69.9	321.2	379	379	-0.3	Ring C
-64.7	-64.6	296.0	363	363	-0.5	Ring C
-59.8	-59.8	274.9	349	349	-0.4	Ring C
-54.8	-54.8	254.7	336	336	0.1	Ring C
-49.5	-49.4	233.1	321	321	0.7	Ring C
-45.4	-45.3	213.0	306	306	0.4	Ring C
-39.9	-39.9	187.8	287	287	0.4	Ring C
-35.0	-34.9	165.2	269	269	0.5	Ring C
-30.1	-30.1	141.4	248	248	0.0	Ring C
-25.1	-25.1	116.2	224	224	-0.9	Ring C
-0.1	n/a	n/a				



Testdato: 23.11.2017
Testfil: Blowerdoor 4.1

Testet av: Georg Og Ludvik
Prosjektnummer:

Kunde:

Bygningens adresse: Betong bygg
Kjeller i Fløy 5 på TF
- Ås

Testresultat ved 50 Pascal:

v50: m³/h Luftmengde 285 (+/- 0.5 %)
n50:
w50:
q50:

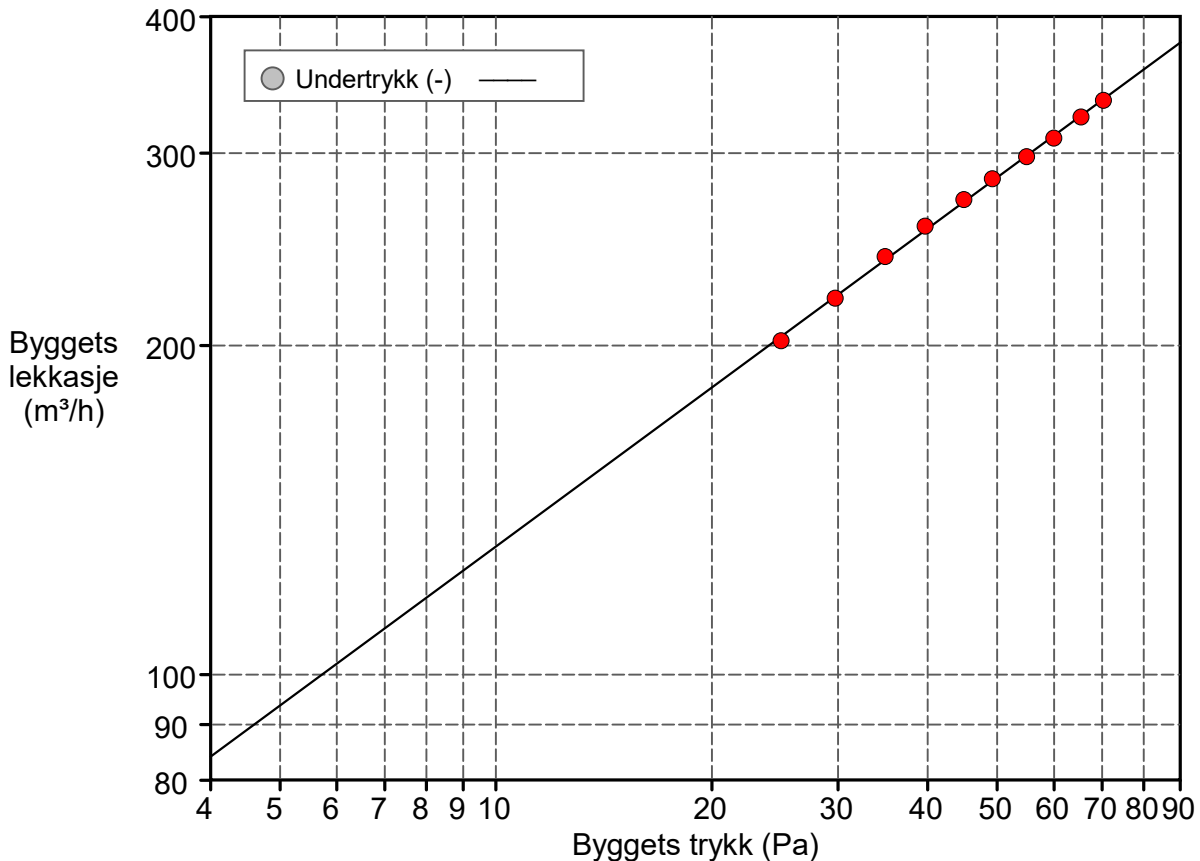
Lekkasjereal:

146.1 cm² (+/- 2.1 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
90.6 cm² (+/- 3.4 %) LBL ELA @ 4 Pa

Bygningens lekkesjekurve:

Luftmengdekoefisient (Cenv) = 43.0 m³/(h·Paⁿ) (+/- 5.3 %)
Luftlekkasjekoeffisient (CL) = 43.0 m³/(h·Paⁿ) (+/- 5.3 %)
Eksponent (n) = 0.483 (+/- 0.014)
Korrelasjonskoeffisient = 0.99939

Test standard: NS 13829
Testmetode: Undertrykk
Testmetode:
Hvis annen testmetode er brukt:



TEST AV BYGNINGERS TETHET Side 3 of 4

Testdato: 23.11.2017 Testfil: Blowerdoor 4.1

Undertrykkstest:

Klimadata

Innetemperatur (°C)	Utetemperatur (°C)	Barometertrykk (Pa)
20.0	20.0	101325.0

Før test

Data for baseline

Etter test

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-0.2	0.2	-0.1	-0.3	0.1	-0.2

Data

Nominell Bygningstrykk (Pa):	Baseline justert bygningstrykk (Pa)	Vifte trykk (Pa)	Nominell luftmengde (m ³ /h)	Juster mengde (m ³ /h)	% Feil	Vifte konfigurasjon
-0.1	n/a	n/a				
-70.4	-70.3	253.8	335	335	-0.3	Ring C
-65.6	-65.4	237.1	324	324	-0.3	Ring C
-60.0	-59.9	217.4	310	310	-0.5	Ring C
-55.0	-54.9	201.5	298	298	-0.2	Ring C
-49.3	-49.2	184.2	284	284	0.4	Ring C
-45.0	-44.9	169.2	272	272	0.5	Ring C
-39.8	-39.7	151.7	257	257	0.9	Ring C
-35.0	-34.9	134.0	241	241	0.7	Ring C
-29.8	-29.7	113.1	221	221	-0.3	Ring C
-25.1	-25.0	95.0	202	202	-0.9	Ring C
-0.2	n/a	n/a				



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway