



UiT Norges arktiske universitet

Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi

Luffuktighet i bolighus

Air humidity in dwelling houses

Mona Hansen

Masteroppgave i BYG-3900, Vår 2023

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på 2 år studietid fra sivilingeniørstudiet «Bygg og Miljø» ved institutt UIT Norges arktiske universitet, campus Narvik. Oppgaven utformet selv med innspill fra veileder vårsemesteret 2023.

Tematikken startet med planteinteressen. Etter hvert som fler og fler planter flyttet inn i huset og interessen større, ble også luftfuktighet innendørs en vurdering da tropiske planters opprinnelige opphav er fra tropiske områder med høy luftfuktighet. Som ingeniør ble også erfaring med luftfuktighet innendørs, treverk og inneklime en vurdering som måtte hensyntas. Etter lesing i flere rapporter og forskning internasjonalt, da det var lite å finne av nyere rapporter nasjonalt knyttet til for lav luftfuktighet, ble erfaringen at tema for lav luftfuktighet var mye større og mer komplekst enn først antatt. Interessen på tema ble enda større ved start av masterstudiet under fagene hvor tema luftfuktighet ble involvert. Etter luftfukter ble kjøpt og testet ut over en periode, oppdaget jeg personlig at problemet med sprukne hendene og tørt hår som jeg har vært plaget med i mange år, forsvant. Dette gjorde interessen enda større, som igjen gjorde at jeg foretok en uformell spørreundersøkelse i plantemiljø på hvordan luftfuktighet andre hadde innendørs, årstall på hus konstruksjon og antall planter i hus som var i kategorien små, medium og store. I vinter 2022 startet jeg i ny jobb hos hus entreprenør, og så raskt at reklamasjon på gulv var en gjenganger i nye hus. Da vi målte luftfuktigheten i hus med utfordringer, så vi at husene hadde luftfuktighet fra 12 % og lavere, som ble konklusjon for spesielt gulvproblematikk. Når tiden da var inne for å velge tematikk til masteroppgaven, var jeg ikke i tvil på hvilket tema jeg ønsket, for å både kunne gå mer i dybden samt gjøre egne tester samt kunne dele kunnskapen og funnene videre.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min hovedveileder og førsteamanuensis, Svein-Erik Sveen for veiledning og gode innspill underveis i oppgaven. I tillegg til Rune Becher i FHI som har bidratt med innspill og diskusjoner før start med masteroppgaven og på slutten.

Sammendrag

Denne masteroppgaven er en litteraturstudie av luftfuktighet i bolighus, i tillegg til en case studie i bolighus knyttet til luftfuktighet ved planter. Oppgaven dekker litteraturstudie knyttet til forskning og fakta både i Norge og internasjonalt.

Ifølge verdens helseorganisasjon (WHO) oppholder en person seg 90 % av tiden innendørs. Luftfuktighet er en av faktorene som er avgjørende for at inneklima er tilfredsstillende. Godt inneklima i bolighus er viktig for både helse, trivsel og komfort. Ved senere forskning vises det til at luftfuktighet har en større betydning også knyttet mot luftveissykdommer, noe som ble mye bedre kjent under Covid-19. I tillegg til inneklima, så påvirkes materialer i bolighus av luftfuktighet, som treverk, som er en stor andel av Norske bolighus og er hygroskopisk. Planter er en av faktorene som folkehelseinstituttet (FHI) og andre aktører trekker frem som fuktighetskilde ved for tørr inneluft. Hensikten med målingene var å analysere hvor stor betydning planter kan ha for økning av luftfuktighet i bolighus både med balansert ventilasjon og lukket rom uten ventilasjon.

Resultater av litteraturstudie viser at det er lite målinger og forskning gjort i Norge knyttet til for lav luftfuktighet i nyere hus. Dette ser ut til å ha større fokus internasjonalt der en kan finne tydelige anbefalinger på luftfuktighet. Gjennomsnittlig anbefaling er 30-50% luftfuktighet. I Norge er man mer forsiktig med anbefalinger, men oppgir kun at luftfuktighet over 70% er for høyt og ekstremt lav luftfuktighet under 20 % bør unngås. I Norge informeres det også av FHI at luftfuktigheten har liten innflytelse på hvordan inneklimate oppleveres. Internasjonalt er det tydeligere anbefalinger og forskning gjort på innemiljø både knyttet til stressnivå, luftveisproblematikk og hud/hår utfordringer ved for lav luftfuktighet.

Målingene knyttet til plantene viser at planter har effekt på luftfuktigheten i bolighus. Ved økt antall planter innendørs kan man øke luftfuktigheten. Utfordringen i Norge er at flere planter er avhengig av sollys for å bidra i større grad til evapotranspirasjon. Spesielt i Nord hvor det er kaldere med lavere luftfuktighet utendørs og fyring sesong innendørs, er sollys fraværende flere mnd. i året. En annen utfordring er at en vanlig husstand ikke har ønske med så mange planter innendørs som det er gjort i målingene for å få økt luftfuktighet.

Forslag til videre arbeid er å gjøre flere undersøkelser i nyere bolighus. Det vises på målinger gjort at luftfuktigheten kan komme under 10% i vintersesong. I tillegg bør det komme mer fokus i Norge på hva luftfuktighet gjør med inneklima og materialer i bolighus. Dette også med mer tydelige anbefalinger på min. luftfuktighet og forslag til tiltak som kan øke luftfuktigheten som samsvarer med material produsentenes minstekrav.

Abstract

This master thesis is a literature study about indoor humidity in dwelling houses. This task cover literature to science and facts in Norway and international as well a case study in a dwelling house with humidity attachment with plants.

According to the World health organisation (WHO) the average person is about 90% of their time indoors . Humidity is one of the factors that is crucial for the indoor clime is good. Good indoor clime in dwelling houses is important for health, comfort, and wellbeing. With later science it is shown that humidity has a bigger impact against respiration illness, which is more awareness under covid-19. As the indoor clime, the material is affected of humidity this specifically wood that is hygroscopic. Wood is also a big part of building materials in Norway. Plants indoor is one of the factors that Folkehelseinstituttet (FHI) mention as a humidity source for dry air . The purpose with the measurement is to analysis how significant impact plants can have on air humidity in dwelling houses with both ventilation system and closed room without ventilation.

The result of literature shows that there are lesser amounts of measuring and science done with too low humidity in newer houses. It seems like there is bigger focus on this theme internationally, and we can find a clearer recommendation on humidity indoor. Summary recommendations is 30-50 % air humidity. In Norway there is more cautions with recommendation , but there is some information that over 70% is too high and extreme low under 20% should be avoid. In Norway there is also information that humidity has minimal impact on how the indoor clime feels. Internationally there is clearer recommendations and science done in indoor clime related to stress, respiratory problems, and skin/hair with to low humidity.

The measurement with plants shows that they have effect on humidity in dwelling houses. With increasing amounts of plants we can rise the humidity. But the challenge in Norway is that plants are dependent on sunlight to contribute in larger humidity to evapotranspiration. Specifically in the northern-Norway, there is a lack of sunlight several months in the year. And in those months, there is lower air humidity outdoor and dismissal season indoor. Another challenge is that a in a normal household there will maybe not people increase with the number of plants that is used in these measurements to increase humidity.

A suggestion to further work is to do more measurement in newer dwelling houses. It is shown on these measurements that humidity can come above 10% in winter season. It also should become more focus I Norway on what humidity can do with indoor clime and materials in dwelling houses. This can contribute to a more specific recommendation on lowest and highest humidity indoor. And this should also be similar to the material producent.

Figur og tabelliste

Figur 1 Bygningshistorie knyttet til fukt (Edvardsen, Lisø og Gran, 2008)	5
Figur 2 Peng Liu(2022) Building and Environment, The use of machine learning to determine moisture recovery in a heat wheel and its impact on indoor moisture.....	13
Figur 3: Stress reasons in different humidity, (Razjouyan, 2019)	15
Figur 4 Evapotranspirasjon (Ebnes, 2018)	16
Figur 5 Evapotranspiration related to light (Kerschen et al. 2016).....	17
Figur 6: Kart over sted for forskningsforsøk. T.v Større utsnitt, t.h. sentrert (Gulesider, 2023).....	19
Figur 7 Målepunkt, Verisure 1.etj (Øverst), 2 etj. (nederst)	21
Figur 8 Plassering av klimasensor i bolighus, Tak i stue (Øverst), Tak i teknisk rom (Nederst).....	22
Figur 9 Plassering av klimasensor i bolighus, loftstue	23
Figur 10 Gruppe med planter i stue.....	24
Figur 11 Plassering plantegrupper og plantelys.....	25
Figur 12 Luftfuktighet jan. 2018, Verisure.....	25
Figur 13 Temperatur utendørs jan. 2018, Yr.....	26
Figur 14 Luftfuktighet inne mars 2018, Verisure.....	26
Figur 15 Temperatur ute mars 2018, Yr.....	26
Figur 16 Luftfuktighet inne mai 2018, Verisure.....	27
Figur 17 Temperatur ute mai 2018, Yr.....	27
Figur 18 Temperatur inne juli 2018, Verisure.....	28
Figur 19 Temperatur ute juli 2018, Yr	28
Figur 20 Temperatur inne sept. 2018, Verisure.....	29
Figur 21 Temperatur ute sept. 2018, Yr	29
Figur 22 Temperatur inne nov. 2018, Verisure	30
Figur 23 Temperatur ute nov. 2018, Yr.....	30
Figur 24 Luftfuktighet jan. 2023, Verisure.....	31
Figur 25 Temperatur utendørs jan. 2023, Yr.....	31
Figur 26 Luftfuktighet inne mars 2023, Verisure	32
Figur 27 temperatur ute mars 2023, Yr	32
Figur 28 Temperatur inne mai 2022, Verisure	33
Figur 29 Temperatur ute mai 2022, Yr.....	33
Figur 30 Temperatur inne juli 2022, Verisure	34
Figur 31 Temperatur ute juli 2022, Yr	34
Figur 32 Temperatur inne sep. 2022, Verisure	35
Figur 33 Temperatur ute sep. 2022, Yr	35
Figur 34 Temperatur inne nov. 2022, Verisure	36
Figur 35 Temperatur ute nov. 2022, yr.....	36
Figur 36 Plantetelt, Secret Jardin Dark Room V4	38
Figur 37 Planteresk, Hvit skap (t.v), svart skap (t.h)	39
Figur 38 Resultater plantetelt	40
Figur 39 Resultat planteresk svart	41
Figur 40 Resultat planteresk hvit.....	42
Figur 41 Luftfuktighet jan. 2018, Verisure.....	49
Figur 42 Luftfuktighet jan. 2023, Verisure.....	49

Figur 43 Resultat plantetelt	51
Figur 44 Resultat planteskap svart	52
Figur 45 Luftfuktighet inne mars 2018, Verisure	53
Tabell 1 Breddeendring i panelbord (Øvrum og Jacobsen,2002)	9
Tabell 2 Måleplan	20
Tabell 3 Målinger telt og skap.....	37

Ordforklaring

Absolutt fuktighet: Oppgir hvor mange gram vanndamp det er i luften per kubikkmeter luft. Det kalles også for vanndamp tetthet. Her ser en på forholdet mellom kubikkmeter tørr luft opp mot gram vanndamp i målingstidspunktet.

Evapotranspirasjon: Samlet fordampning fra en vegetasjon. Det er satt sammen av terminologien evaporasjon og transpirasjon. Evaporasjon er fordampning fra fysiske objekter som jordsmonn, vannflater og våte steiner. Transpirasjon er fra overflaten til levende planter.

Hydroskopis treverk: Gir i fra seg luftfuktighet ved tørr luft og trekker til seg luftfuktighet ved høyere luftfuktighet

Luftfuktighet: En definisjon på hvor mye vanndamp luften inneholder. Dette kan oppgis på ulike måter og temperatur spiller også inn. Varmere luft kan holde på mer vann, en kaldere luft.

Relativ luftfuktighet (RF): Her oppgis forholdet mellom vanndamptrykket og metningstrykket. Den er da oppgitt i prosent og er oftest den som vises på ulike målere som en kan ha i husene innendørs. Relativ luftfuktighet henger veldig tett sammen med temperatur. Dersom det er minusgrader ute, kan luftfuktigheten i RF være høy, men det betyr ikke at det er fuktig i luften ute. Det er kun for at luften ved den aktuelle temperaturen holder dårlig på fuktighet. Om samme luft varmes opp, vil RF synke. Dette selv om det er akkurat samme luftfuktighet i den aktuelle luften.

Relativ fuktighet = (vanndamptrykk/metningstrykk) * 100. I tillegg til temperatur, spiller høydemeter over havet inn for hvor mye fuktighet som kan holdes i lufta. Eks. så kan lufta ved 1000 m over havet holde på kun 63 % sammenlignet til havnivå. Det er tettsteder og kommuner som er etablert i høyt fjellet som eks. Geilo.

Vanndamptrykk og metningstrykk: Her finner en vanndampens partialtrykk, det trykket vanndampen utfører på omgivelsene. Oppgitt i hPa. Dvs. at dersom vanndampen var helt upåvirket av andre elementer, hvor mye trykk ville den da gitt.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	iii
Sammendrag.....	iv
Abstract.....	vii
Figur og tabelliste.....	xiv
Ordforklaring.....	xvi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Samarbeid.....	1
1.3 Målet med studien	1
1.4 Metode.....	2
1.5 Avgrensninger	2
2 Studie grunnlag	3
2.1 Bolighus frem til i dag.....	3
2.2 Bolighus videre i dag.....	6
2.3 Klimaklassifikasjoner	7
2.4 Materialer.....	7
2.5 Innemiljø.....	10
2.6 Tekniske anlegg	13
2.7 Internasjonale anbefalinger på inneklimate.....	14
2.8 Planter som fuktighetskilde	15
3 Beskrivelse av måleobjektene	19
3.1 Kartutsnitt plassering.....	19
3.2 Måleplan	20
3.3 Plantegning hus.....	21
3.4 Bolighus.....	23
3.5 Målinger over 1 år i stue, loftstue og teknisk rom.....	24

3.6	Målinger bad, vaskerom	36
3.7	Målinger med plantetelt og skap	37
3.8	Måleusikkerhet	42
4	Diskusjon.....	45
4.1	Luftfuktighet i forhold til årstall på byggeår og byggemetoder	45
4.2	Materialer.....	45
4.3	Inneklima og anbefalinger	46
4.4	Målinger i stue, teknisk rom og loftstue, case 1	47
4.5	Målinger case 2.....	51
4.6	Anbefalinger	53
5	Oppsummering	55
5.1	Gjennomføring.....	55
5.2	Konklusjon.....	55
5.2.1	Studiegrunnlag	55
5.2.2	Casestudie.....	57
5.3	Resultatets samfunnsmessige relevans	58
5.4	Videre arbeid	59
6	Referanser.....	61
	Vedlegg	

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Luftfuktighet i bolighus er et omstridt tema. Da husene tidligere hadde lite isolasjon og naturlig utlufting med tidvis høy luftfuktighet, er de i dag regulert til å være så tette som mulig. Det er dermed helt nødvendig med mekanisk ventilasjon hvor luften har hurtig utskifting for å unngå forurensning av inneklime. Luften utendørs varierer i stor grad i Norge, knyttet til luftfuktighet og temperatur. Fra varmt og fuktig klima for deler av sommerhalvåret til kaldt og tørt på vinter halvåret. Det frarådes å benytte luftfukter som en kilde til å øke luftfuktigheten innendørs (FHI, 2015) med begrunnelse i legionella bakterier. Det oppfordres til bl.a. planter innendørs.

Planter innendørs er en del av rapporten. Det er utført casestudier basert på planter i ulike rom for å se på luftfuktigheten samt at det er videre gjort en vurdering om det er tilstrekkelig i nyere boliger. Det er en utfordring i nyere hus med at gulv og listverks sprekker. En vurdering er at dette kan knyttes opp til for lav luftfuktighet. En videre utfordring med sprekke i listverk og gulv er at reklamasjon mot gulvleverandører ikke er mulig grunnet lav luftfuktighet. Som da blir videre begrunnet med at kriterier for nedre grense i luftfuktighetsnivået i FDV (Parkettgruppen, u.å.), ikke er oppfylt. Luftfuktighet i inneklime har fått et større fokus, spesielt under covid-19. Det er også flere og flere som får allergier, astma og plages med luftveier som mulig kan relateres mot luftfuktighetsnivå.

1.2 Samarbeid

Oppgaven er initiert av student på bakgrunn av egne erfaringer i eget bolighus i tillegg til erfaringer gjort i bygge bransjen i Mesterhus.

Gjennom samtaler med veileder Svein Erik Sveen hos UIT er dette en utfordring som forekommer i både bedriftsbygninger og bolighus. Det har vært avholdt flere møter med Sveen for avgrensning og konkretisering av oppgavens problemstilling, som har gitt et godt innblikk for å få en sammenhengende oppgave.

1.3 Målet med studien

Det er ønskelig å belyse hva endringen i energikrav gjør, sett i sammenheng med målt inneklime. Dette i nyere hus med balansert ventilasjon. Det overordnede målet er å bidra til å sette fokus på hva uttørring av bolighus gjør med inneklime, knyttet til både helse og materialer. Rapporten skal kartlegge innvirkningen av luftfuktighet i bygninger i tidligere årstall, men

Innledning

hovedfokuset er dagens byggeskikk med en omfattende litteraturstudie i tillegg til balansert ventilasjonsanlegg og tilføring av fukt fra ulike kilder.

1.4 Metode

Opgaven er lagt opp til å være en litteraturstudie som er understøttet ved to ulike casestudier. Casestudie 1 innebærer målinger gjort over 2 ulike år i stue, loftstue og teknisk rom. Casestudie 2 innebærer målinger som er gjort i plantetelt og 2 ulike skap over 6 perioder med 12 dagers sammenheng, for å se på bidrag som planter har til luftfuktigheten. Det er i tillegg benyttet samme målere i stue som i telt og skap for en kortere perioden for å kunne sammenligne. For casestudiene er det i kapittel 3.2 oppgitt en oversikt.

For innhenting av litteratur er det begrenset til luftfuktighet knyttet til innemiljø gjort nasjonalt og internasjonalt, med vekt på områder med sammenlignbare klima. Det er lite nasjonale studier knyttet til tematikken, men det er større utvalg internasjonalt. Det er dermed i enkelte kapitler gjort sammenligninger mellom nasjonale og internasjonale funn.

1.5 Avgrensninger

Rapporten er begrenset til studier av både inneklime og materialer i bolighus. Rapporten tar for seg kun erfaringer med bolighus og ikke på andre bygningstyper.

Fokus knyttet til for lav luftfuktighet er ikke kommet like langt i Norge som enkelte andre land. I Norge har det vært mye fokus på at fuktighet skal føres ut av boliger i størst mulig grad. Det er også en nyere problemstilling med for lav luftfuktighet, slik at man ikke har langtidserfaringer. Derfor er det også sett på studier fra andre land hvor det er fokus mot inneklime knyttet til for lav luftfuktighet. Det er et stort spekter med ulike studier som har fokus og vurdering på både helse, ingeniørfag, medisin, psykologi og mikrobiologi og har derfor valgt ut de som er mest relevante for problemstillingen.

Ofte har studiene om luftfuktighet konkrete vurderinger begrenset mot materialer eller helse og ikke nødvendigvis en helhet med disse to. Det er derfor i kapittel 2 satt opp som egne hovedtema. Rapporten tar for øvrig utgangspunkt i de antatt mest brukte materialer i Norge i dag.

2 Studie grunnlag

Kapittel 2 er det sammenfatninger av ulike litteraturstudiefunn som er delt opp i kapitler med avgrensninger til kategoriene.

2.1 Bolighus frem til i dag.

Hus konstruksjonen og byggeår har stor betydning for byggeskikk, herunder i senere tid også luftfuktigheten. Det nevnes at bygg oppført før og etter 1950 har store ulikheter (Edwardsen, Lisø og Gran, 2008). Dette da byggeskikken fikk en stor endring etter Selvaags idé for modernisering av boligbyggingen (Stenby,2021). Detaljer rundt dette konkret går ikke rapporten nærmere inn på, da luftfuktighet, dampspærre og sperresjikt har hovedfokus i historikken til boligbyggingen. Men det ses tilbake helt til 1700-tallet for hvordan boligkonstruksjoner har utviklet seg i grove trekk.

På 1700-tallet i Nord var det lite bygningstømmer å få tak i (Sandvik, 2020). Flere reindriftssamer benyttet lavvoer som de bodde i og tok med seg fra plass til plass. Her var det lite isolasjon, å varmekilder var fra skinn og bål der bålet var plassert midten i teltet. Teltet ble laget av naturlige materialer funnet i skog og mark. Øvrige bosetninger laget ulike former for torvgammer som ble ansett som mer permanente. Det ble benyttet torv på utsiden for å holde mer på varmen og skaffe bedre ly for været. Det var ofte en type tredør som ble benyttet som inngang. Inni gammen var det åpen flamme som ble benyttet til både varme og for å lage mat i. Enkelte bygde også smale vinduer i gammene. Hvor gammene ble oppført, ble basert på lokal kompetanse og en vurdering på hvordan terrenget var formert. Helning i terreng, hvordan busker var utformet etc. Kunnskapen ble benyttet for å vurdere lesiden. Videre ble utviklingen av bosted mer tilnærmet den hus konstruksjons typen som man kjenner i dag bygget, der hele trestokker ble benyttet samt torv på tak. Rundt 1500-tallet kom oppgangssaga som gjorde at mer av trestokken ble utnyttet og bygging av denne type hus konstruksjonen ble mulig. Videre kom også fjøs, stall og løer som bidro til landbruket. Enkelte deler av landet som hadde tilgang til briskeløer, utnyttet disse og flettet de inn som vegg.

Levestandarden økte mellom 1870 – 1914 (Myhre, 2020). Moderne teknologi med jern, damp, elektrisitet og glass kom inn i markedet og til hjemmet. Det ble da en større økning av flytting

Studie grunnlag

til byer, der leiegårder kom inn, boligene ble romsligere en før, samt vannklosett og elektriske komfyrer ble tatt mer i bruk.

Det ble før 1960 utviklet flere typer mer effektive isolasjonsmaterialer som ikke tålte oppfukning (Edvardsen, Lisø og Gran, 2008). Med denne problematikken ble man først oppmerksom på at impregnert papp kunne virke som et effektivt sperresjikt mot vanddamp. Impregnert papp ble tatt i bruk rundt 1890 - tallet. Men så snart mineralullisolasjonen kom på markedet rundt 1930-tallet, eskalerte problemet med fukt i bygninger. Diffusjonstette sjiktet ble viktig å få på den varme siden av veggen for å hindre konsens. Før plasten slik man kjenner i dag, kom på markedet, ble det satt sammen veggpapp av kraftpapp, asfalt og plastfolie. Fra 1960-tallet ble de første rene plastfoliene brukt. De hadde en tykkelse på 0,04 og 0,06. Til sammenligning benytter man i dag som oftest 0,15 mm.

Fra 1960 ble det anbefalt fra SINTEF byggforsk (Edvardsen, Lisø og Gran, 2008) at husene skulle utføres med 15 cm isolasjon og vindspærre med klemteskjøter samt dampspærre i plast. Det var først i 1985 at disse anbefalingene, ble krav vedtatt i byggeforskriftene. Det vil si at hus med utførelse før 1985 kan ha mindre isolasjon en fra 1985. De trenger heller ikke nødvendigvis å ha dampspærre. På 1960-tallet var det også en normal byggeskikk med fundamenterte småhus på ringmur med kryperom. Erfaringer etter utførelse av disse var det det kom raskt soppskader i gulvbjelkelaget. Mellom 1973 – 1974 kom energikrisen som resulterte i en endringer for byggenæringen. Anbefalingene økte til 200 mm isolasjon i yttervegger og økning av isolasjon i de øvrige bygningsdelene. Økt isolasjonstykkelse har innvirkning på fukt punkt i vegger, særlig i kaldt klima. I 1980 kom et større fokus på større arealer i bolighusene. Dette resulterte i utnyttelse av kjeller/underetasjer og volum på loft i skrå tak til oppholdsrom. Disse rommene ble før i hovedsak benyttet til kalde rom og bygget etter det. Utfordringene ble å få tilstrekkelig varmeisolering under bakken, samt sikring mot fukt i grunn, konsens og øvrig bygg fukt. I tak med skrå himling kom utfordringer knyttet til is bygging langs takfoten og kondensskader.

For badrom ble det tidligere år stort sett benyttet til håndvask og en gang i uka karbad. Fuktigheten på bad var ikke en utfordring, siden det var en moderat belastning og mulighet for god tørke mellom hver fuktbelastning. Mot slutten av 70-tallet kom velstandsøkningen med oppbygging av bad med en annen bygningsteknikk som inkluderte skjulte rørføringer, separat dusj og vannbelastning rett på vegg. I tillegg ble familiene større og dusj ble mer dagligdags. Våtromsnormen kom først i 1994. Fra 1990 tallet har det blitt mer og mer fokus på innemiljø

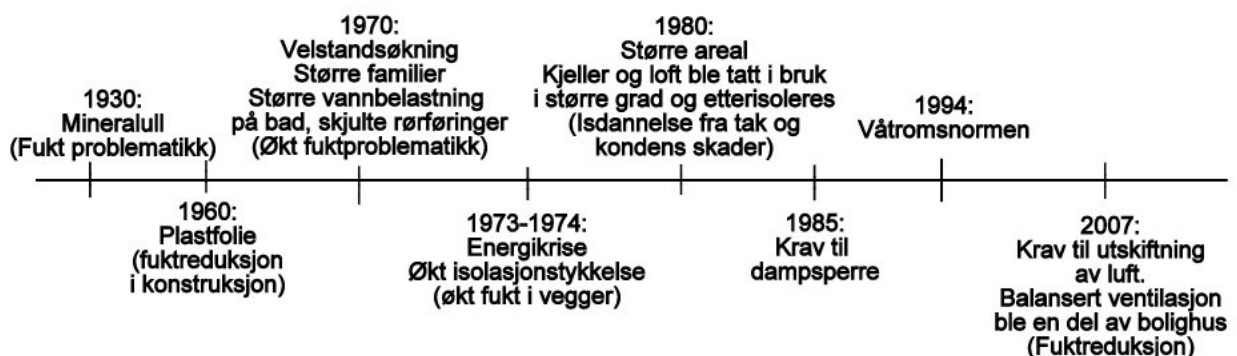
Studie grunnlag

og problematikk knyttet til dette. Det går bl.a. på undersøkelser av luftkvalitet, fukt i bygninger, materialbruk, ventilasjon m.m.

I TEK07 kom kravet om utskiftning av luft per m³. Dette kravet gjorde at balansert ventilasjonsanlegg ble installert i nyere boliger. Det er ikke krav om balansert ventilasjonsanlegg, men ved benyttelse av annen ventilasjonstype må det fremlegges dokumentasjon som viser at det tilfredsstillende kravet. De fleste hus bygget før 2009 har mekanisk avtrekk eller naturlig ventilasjon. Frem mot 2020 har myndighetene varslet skjerping av energikravene som sammenlignet opp mot passivhus standard. Tilskudd av frisk luft fra infiltrasjon vil da være tilnærmet eliminert.

Etter hvert som husene har blitt tettere grunnet klimakrav og mål, er det tatt i bruk balansert ventilasjon med varmegjenvinnings anlegg for gjenbruk av varme inne i hus. Naturlige lufteventiler er faset ut, og ikke lov å benytte i dagens hus. Det har tidligere vært betydelige fuktskader på innvendige konstruksjoner i bolighus, som igjen resulterer til dårlig innemiljø. Hovedfokuset har vært å få tette hus, godt inneklime med ventilasjonsanlegg og fjerne mest mulig fukt innendørs i hus. Det oppleves i dag at husene er under 10 % på kalde dager (Thommesen, 2014).

Bygningshistorien knyttet til fukt



Figur 1 Sammenheng av bygningshistorie knyttet til fukt (Edvardsen, Lisø og Gran, 2008)

Etterisolering av eldre hus

Et forsikringsselskap oppgir at det utføres det mellom 12 000 – 15 000 boliginspeksjoner (Anticimex, 2015). Her er råte-, sopp og muggskader på loft en gjenganger. Det oppdages at etterisolering med kombinasjon av mangelfull eller utett dampsperre i etasjeskille går igjen. Eldre hus ble ofte oppført med uisolerte loft og kjeller og med tiden er det ønskelig å ta disse i bruk. Utfordringen er ofte at dampsperre skal legges mot den varme siden, noe som blir mer arbeid og koster mer med arbeid for rivning av tak i etasjen under. Som resulterer i at den legges mot den kalde siden og da skaper utfordringer i ettertid med fukt. Det kan også være ettermontering av downlights, gjennomføring av rør etc. som forårsaker hull i dampspennen som gjør at det varme luften med fuktighet stiger opp og treffer kald luft som forårsaker konsens. Dette kan gi grobunn for mugg og råte.

2.2 Bolighus videre i dag

Det er i dag stort fokus på at nye hus skal bygges så tette som mulig. I de nyere Tek forskriftene (SINTEF, 2007) har isolasjonskravet og tetthetskravet på huset økt. Det er regulert i lov at lufteventiler i vinduer eller vegg ikke kan utføres, slik det ofte installert i eldre hus. Når det er kaldt utendørs så viser forskning til at luften inne kan bli tørr (Wolkoff, 2018). Dette har innvirkninger på både treverk og inneklime. Eldre hus etterisoleres og får utfordringer med mugg, sopp og råte som er potensielt helseskadelig (Mattsson, 2022). Det er flere forskninger som viser at tørr luft har en rekke helseutfordringer, dette spesielt internasjonalt (Stanborough, 2020). Det kan knyttes til spesielt astma, bronkitt, og andre luftveisutfordringer. Det kan det oppstå utfordringer med øye irritasjon, tørr hud, eksem, økt forekomst av neseblod, økt risiko for infeksjoner og dehydrering. Høyere stressnivå spiller også inn ved tørr luft (Razjouyan, 2019). Det har i tillegg blitt mer fokus på luftfuktighet under Covid utbruddet som er knyttet til luftveier (Park, 2022; Grenzer 2022)

I tillegg til inneklime utfordringer, er det utfordringer med bygningsmaterialer (Ifi,2012) Gulv sprekker i skjøtene eller i selve treverket. Listverk kan også sprekke og få glipper. Dette vil ikke være mulig å reklamere på for nye huskjøpere, da material leverandører henviser til minimumskravet for luftfuktighet som ikke er overholdt.

Studie grunnlag

Casestudiemålinger som rapporten kommer nærmere inn på, viser at målet med å få ned luftfuktigheten er nådd. Med hurtig og effektiv ventilasjon, tettere hus og reduksjon av fuktighet i normalt fuktige rom med utsug, så er fuktigheten i boliger gått drastisk ned.

2.3 Klimaklassifikasjoner

Klima i Norge spiller inn når en ser på luftfuktighet i eneboliger. Norge har store variasjoner av klima. Herunder med temperatur, nedbør og vind. En kan si at Norge deles i hovedsak inn i 3 ulike klimasoner. Klimaklassifikasjoner ble oppdatert i 2021 med normalperiode mellom 1991-2020. Disse tre er C: Varm-temperert klima, D: Kaldt-temperert klima og E: Polarklima (Jostein Mamen, 2021). Dette er etter generelle klimasoner for hele verden fra A-E. I Norge eksisterer ikke A og B og går ikke inn på disse.

C: Varm-temperert klima er når temperaturen i årets kaldeste måned er mellom +18 og -3 grader og nedbørsmengden i tillegg ligger over grensen for tørt klima som er B. Hele kysten fra Troms i Nord til Oslo i sør er klassifisert etter C.

D: Kaldt-temperert klima klassifiseres når temperaturen i årets kaldeste måned er under -3 grader og i den varmeste +10 eller mer. Innlandet, altså mellom kyst og fjell, er innenfor klimasone D.

E: Polart klima angis der middeltemperatur er under +10 i årets varmeste måned. Dette er hovedsak i fjellet i Norge, på Svalbard og langs kysten av Finnmark fylke.

I tillegg til inndelingen etter Köppens klimaklassifikasjon, har også Det Norske Hageselskapet inndelt Norge i 8 ulike klimasoner fra H1 til H8, der H1 er de varmeste områdene og H8 de kaldeste. Men dette er mest knyttet opp mot ulike planter, som ikke går utover inn på i rapporten.

2.4 Materialer

Bolighus i treverk har gjennom tidene vært dominerende i Norge (Thue, 2022) og er fortsatt et material som dominerer. Treverk er hygroskopisk, som vil si at treverket gir fuktighet og krymper under tørre forhold, og ved fuktigere forhold vil det trekke til seg fuktighet og svulle. Treverket påvirkes av luftfuktigheten som er i bolighus, både under oppføring og når huset er

Studie grunnlag

tatt i bruk. Når luftfuktigheten i bolighuset er lav, noe som kan forekomme på vinterstid (Wolkoff, 2018) vil treverket avgi fuktighet, krympe å dermed tørker mer. Tørrere luft gir tørrere treverk.

Før treverket kan tas i bruk til bygningsmateriale, må det gå gjennom en tørkeprosess for å fjerne det frie vannet som treverk inneholder. (Tronstad, 2000). Når fuktigheten er rundt 30% er det kun bundet vann i celleveggene, og dette stadiet kalles fibermetningspunktet. Det er bundet vann som gjenstår i treverket. Når treverket tørkes ut ytterligere vil celleveggen bli mer kompakt og fiberveggen i treet krympe i størrelse. Når treverket tilføres fukt for eksempel gjennom luft, vil fuktigheten trekkes inn og treet starter å svulle til fibermetningspunktet er oppnådd. Denne prosessen vil si at treverket er hygroskopisk. (Tronstad, 2000). I tillegg til at treverket er hygroskopisk, kan et treverk tørke ut mye på ene siden hvor andre siden ikke tørkes ut. Det kan være en plank uten innesluttet marg. Dette resulterer med at yttersjiktet vil krympe mer enn treverket på andre siden, som igjen skaper spenninger på tvers av fibre og sprekk kan oppstå. Før legging av treverk i bolighus, er det viktig å akklimatisere treverket for å tilvenne treverket til det miljøet hvor det skal etableres. Med akklimatisering er intensjonen at treverket får den fuktigheten som det normalt vil være i et bolighus.

For å få en bedre forståelse for krav til de ulike materialene som benyttes i bolighus i dag, gis det en oversikt under.

Panel:

Panel er i dag laget med not og fjær for å kunne bevege seg med luftfuktighetsvariasjonen som oppstår i en bolig i løpet av et år. Høsten er ofte en periode med høyest fuktighet innendørs. Ved en luftfuktighet innendørs på rundt 65-70 %, tilsvarer dette tre fuktighet rundt 12-13% ved temperatur på 20 grader. I vintersesongen med varmepumper, gjenvinningsanlegg og vedfyring synker luftfuktigheten. I tillegg med den kalde luften kan luftfuktigheten innendørs komme under 20 %, noe som tilsvarer en trefuktighet på 5% ved 20 grader. Ofte er det varmere i husene en 20-grader, som gjør at trefuktigheten og luftfuktigheten være enda mindre. Panel bør ikke være tørrere enn 11-12 % under montering (Tre Lever, Bergeneholm). Begrunnelsen for anbefalingen er at det skal være tilstrekkelig for not og fjær å bevege seg når luftfuktigheten stiger eller synker ut fra de ulike årstidene. Ved for tørt panel på vegg, kan det forårsake krymping, faste kvister kan løsne samt sprekker og kuving kan forekomme. Det kan dermed gi permanente skader i not og fjær som gjør at funksjonen ikke opprettholdes. Fjærbredden på

Studie grunnlag

panelbord skal ha 10 mm for bevegelse. Dersom bevegelsen går utenfor dette, kan det gi permanente skader.

Tabell 1 Breddeendring i panelbord (Øvrum og Jacobsen, 2002)

Fuktighet ved oppsetting %	%		
	Svelling eller krymping til 12 % (første høst)	Krymping til 6 % (første vår)	Senere årlig krymping høst → vår, 12 → 6 %
8 %	+ 1,0	÷ 0,5	÷ 1,5
12 %	0	÷ 1,5	÷ 1,5
17 %	÷ 1,25	÷ 2,75	÷ 1,5

MDF panel er populært valg for vegger innvendig i bolighus i dag. MDF er trefibre som er kombinert med voks og lim for å forme panelplater. Som øvrig treverk har dette materialet krav for luftfuktighet i rommene hvor de er montert. Fra FDV-dokumentasjonen på produktet er det oppgitt at det alltid være mellom 20-65 % luftfuktighet (Smartpanel, FDV-dokumentasjon, 2019) Dersom det forekommer avvik av dette over tid, vil det kunne føre til svelling eller krymping som gir permanente skader.

Gulv:

Både laminat og parkett er gulvmaterialer som inneholder treverk. Som for øvrige treverk er disse hygroskopisk og påvirkes av innemiljøet, herunder temperatur og luftfuktighet. Parkett leveres fra fabrikk med en fuktighet på ca. 8-9 % og produseres for bruk i rom som holder mellom 40-60 % med temperatur mellom 18-24 grader (Parkettgruppen, u.å.). 25 % luftfuktighet er oppgitt som en kritisk grense for parkettgulv. Det må forventes riss og sprekker i gulvet dersom luftfuktigheten faller under dette. Det hviler på bruker og opprettholde luftfuktighet i henhold til FDV-dokumentasjonen fra leverandør knyttet til gulvtypen som monteres i bolighuset. Massive tregulv blir produsert til ulike fuktighetsnivå, herunder fra 17% til 6% ut fra de ulike tykkelsene (Øvrum, 2012). I Norge er 7-9 % mest aktuelle fuktighetsnivå på gulvet. Tregulv påvirkes og får bevegelser ut fra luftfuktighetsnivået i rommet. Dersom det over tid blir for tørt, vil det kunne få permanente skader.

Laminatgulv sammen med parkett er mest benyttet i bolighus i dag. Laminat har høyere slitestyrke og er mer motstandsdyktig mot riper sammenlignet med parkett. Laminat inneholder

Studie grunnlag

en kjerne av HDF. Det foreligger krav fra leverandører av laminatgulv at luftfuktigheten må være mellom 30 – 65 % og temperatur mellom 17-25 grader uavhengig av årstiden. Dersom dette ikke opprettholdes, kan kuling og sprekkdannelse i gulvet bli en utfordring (Gulvfakta, 2022). Dersom lavere luftfuktighet oppstår over en kort periode, kan treverket trekke til seg fuktighet igjen og oppnå sin opprinnelige form. Dersom luftfuktigheten har vært for lav over lengre periode kan skaden bli permanent.

Listverk:

Listverk er som oftest produsert fra gran eller furu. Trefuktigheten på listverk fra produsent er på 17 %. Det foreligger en anbefaling at listverk ligger minst en uke i bygget hvor det skal føres opp, for akklimatisering. Anbefalingen gjelder en uke for tynne dimensjoner og 2 uker for tykkere (Eide, 2009). Taklister kan krympe i lengderetning 0,01 pr 1 % fuktighetsforandring. Når luftfuktigheten innendørs er tørrere en anbefalt, vil en da kunne se sprekker spesielt der 2 lister møtes som for eksempel i hjørnene. Karmlister kan i bredderetning krympe ca. 0,25 % per 1 % fuktighetsendring. Dermed vil en 70 mm bred list ved 8 % nedtørring kunne få en krymping på 1,4 mm (Eide, 2009). For lengderetningen vil krympingen som er synlig på innsiden mot vinkelen mot dør eller vindu kunne bli 2-3 mm. Dersom listverket tørkes for lite før montering, kan det lett oppstå oppsprekking rundt spiker.

2.5 Innemiljø

Vi inneholder oss innendørs ca. 90 % av tiden (European Commission, 2003). I løpet av denne tiden er det en rekke faktorer som påvirker oss på ulike måter. Rapporten ser kun på faktorer knyttet til luftfuktighet.

Det er i dag ingen forskrift eller lov som stiller krav til luftfuktighet innendørs. For rotter benyttet i laboratorier er det derimot et krav på luftfuktighet (Mathisen, 2021).

Det foreligger derimot anbefalinger fra Folkehelseinstituttet (FHI) som gjelder her i Norge (FHI, 2015). I tillegg er det innhentet informasjon internasjonalt da en ser at det er ulikheter mellom anbefalinger her i Norge og internasjonalt fra bl.a. United States Environmental Protection Agency (EPA). FHI anbefaler å holde luftfuktigheten innendørs under 40% men over 20%. Luftfuktere frarådes å benyttes fordi de mener at det medfører risiko for forurensning av inneklimate (FHI, 2015). For andre fuktighetskilder kan en henge opp klesvask, ha dører

Studie grunnlag

åpen etter dusjing og flere planter innendørs. Både klesvask og fuktighet etter dusj er kun en kort periode sammenlignet med hele døgnet. Planter innendørs skal rapporten gå nærmere inn på. FHI har også anbefaling i fyringssesong for å ikke la temperaturen overstige 22 grader da overstigning kan gjøre at personer som oppholder seg i boligen kan oppleve tørr luft og andre inneklimalager (FHI, 2015). EPA anbefaler å holde luftfuktigheten under 60% og den ideelle luftfuktigheten er mellom 30-50 %. (EPA, 2022)

Davis (2015) refererer til hvordan kald og tørr luft kan assosieres med bl.a. influensa. Under Covid-19 pandemien så en spesielt at luftveisinfeksjoner oppstår mye oftere på vinterstid i forhold til på sommeren. Det er vist til at luftveivirus og forsvarsmekanismen mennesker har i nesen påvirkes av oppvarming av inneklima uten bruk av luftfukter. University Hospitals (2020) viser til at virus overlever lengre i luften ved lavere luftfuktighet og i tillegg vil luften irritere luftveiene. Luftveiene bruker fuktighet i immunforsvaret for å fange opp virus og bakterier for å forhindre videre vei ned i hals og lunger. Ved lav luftfuktighet vil disse funksjonene bli nedsatt ved at de tørker ut. Når luftveiene tørker ut vil da virus og bakterier enklere kunne trenge ned til luftveiene og feste seg, som igjen vil gi luftveissykdommer. Virus vil også dø raskere ved høyere fuktighet i luften, i tillegg til at de ikke klarer å sveve i luften like lenge og faller raskere. Dette gjør igjen at vi blir mindre utsatt for luftveissykdommer. Det anbefales fra University Hospitals benytte luftfuktere innendørs for å holde nivåene mellom 40-60 %. Men da også å overholde kontroll på innemiljøet at det ikke overstiger 60%.

Forskere som Lowen (2007) har gjort en test-studie på hvordan temperatur og luftfuktighet spiller inn på overføring av virus hos marsvin. Fra temperatur 20 grader og opp hadde luftfuktighet en stor rolle med mottakelighet for virus mellom test-dyrene. Her kom det frem at ved 80% luftfuktighet var det ingen virus overføring. Ved 50% ble kun 25% syke, men til sammenligning ble 75% syke ved 20% og 35% luftfuktighet. Dette ved samme temperatur 20 grader. LHL (Landsforening for hjerte og lungesyke) (u.å.) refererer til at man oppfatter miljøet som mest behagelig om luftfuktigheten ligger mellom 40 – 60 % RF. Fuktig luft: Dersom luftfuktigheten i inneklima er for høy, vil det kunne dannes forekomster av mugg, sopp og råte som igjen kan skape mugglukt og bli forekomst for luftveisinfeksjoner. Allergiske reaksjoner og astma-anfall kan også forekomme.

Luftfuktighet som følelse: Når relativ luftfuktighet er høy, vil også temperaturen føles høyere (FHI, 2015). Når det er mye fuktighet i luften, vil dette redusere fordampnings evnen til svette

Studie grunnlag

på kroppen som igjen gjør av avkjølingseffekten blir mindre. Man vet at en mister mer varme i vannelementer en i lufterelementer, derfor spiller dette også inn for inneklime. Det å definere hva som er riktig luftfuktighet i et hus, kan være ulikt fra person til person. Om noen påstår at et hus er for tørt for dem, kan det være helt perfekt for en annen person.

Fuktighet i inneluft (Sanders, 2008)

Lite data (og vanskelig å måle direkte). Et anslag:

1 person: 3,4 kg/døgn

2 personer: 5,7 kg/døgn

3 personer: 6,8 kg/døgn

Dette er kun oppgitt som et anslag, da det er store variasjoner på hvor mye fuktighet hver enkelt person utgir og ut fra aktivitet som gjøres.

Luftveksling:

Balanserte ventilasjonsanlegg har funksjon for å skifte ut luften innen en viss minimumslengde i løpet av en time. Med luften som skiftes ut, trekkes inneluften ut og uteluften med den fuktigheten som er i uteluften inn (Holøs, 2023).

Det er oppgitt fra Sintef Byggforsk (Holøs, 2015):

- Minimum $1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{time}$ når boenheten er i bruk $\approx 0,5$ /time
- Tilstrekkelig avtrekk: $54 \text{ m}^3/\text{time}$ fra kjøkken, $36 \text{ m}^3/\text{time}$ fra kjøkken, vaskerom og toalett.
- Tilstrekkelig til luft $26 \text{ m}^3/\text{time}$ per sengeplass
- Eks: 40 m^2 leilighet, $2,4 \text{ m}$ takhøyde: $54+36 \text{ m}^3/\text{time}$ $40\text{m}^2*2,4 \text{ m} \approx 0,94/\text{time}$

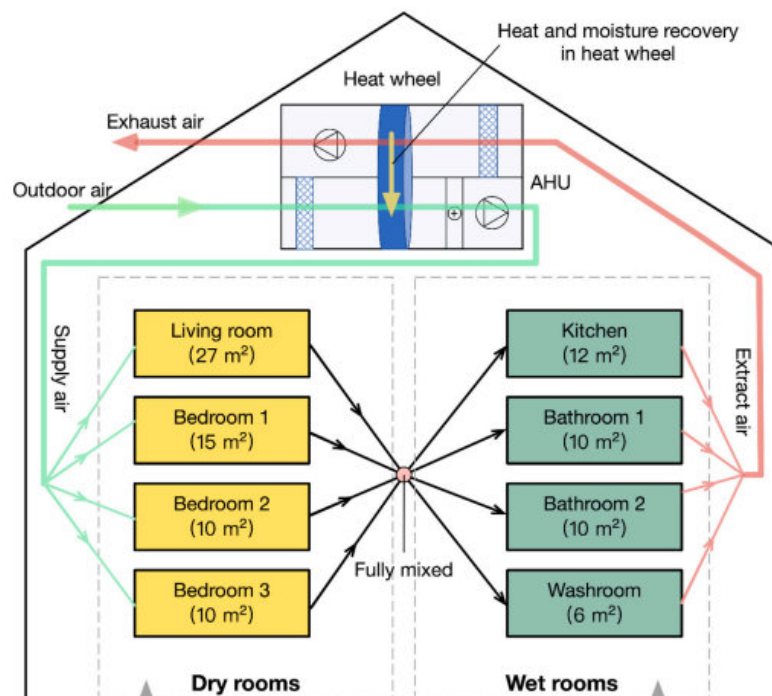
Når en ser på uteluft i forhold til inneluft, er gjerne temperaturforskjellene store. Vinterstid kan det være eks. -10 grader og innendørs $+23$. Luftfuktighet oppgitt i RF er som nevnt også knyttet opp til temperatur.

For utskifting av luft, bor man i tillegg mer romslig i dag (SSB, 2010). En person har flere m^2 en tilbake til 2001 og tidligere. Da vil luftfuktighet som en person gir, ha mindre effekt for

Studie grunnlag

den totale luftfuktigheten som er i et bygg. Det har vært gjort testet med å ha fuktgjenvinning i ventilasjonsanlegg på samme måte som varmegjenvinning (byggforsk, 2002). I spesielle bygg som eks. museum er disse på markedet (Condair, 2018)

Dette er noe som er under forskning per i dag. Det ble så sent som i 2022 publisert en artikkel om dette temaet basert på simulerte data.



Figur 2 Peng Liu(2022) *Building and Environment*, the use of machine learning to determine moisture recovery in a heat wheel and its impact on indoor moisture

2.6 Tekniske anlegg

Bolighus kan ha ulike typer ventilasjonsanlegg fra ulike leverandører (Flexit, systemair etc.). Utskiftning av luft i boligen har samme krav uavhengig type tekniske anlegg. I henhold til byggeteknisk forskrift (VTEK17) skal det være en gjennomsnittlig frisklufttilførsel på minimum 1,2 m³ per time per m² gulvareal når boenheten er bebodd. I tillegg så skal et soverom tilføres minimum 26 m³ friskluft per time per sengeplass som huset planlegges i ved oppføring. Dette vil si at i enkelte rom er det planlagt kun en enkeltseng og i andre rom er det planlagt en dobbeltseng. Justeringen på ventilasjonsanlegget vil da være etter dette. Det er mulig å endre på også i ettertid når huset er bygd, dersom soveromsløsninger endres på.

Studie grunnlag

Rom som gang, bad, bod eller kjellere som ikke er innredet og ikke beregnet for varig opphold skal ha minimum tilførsel av 0,7 m³ per time per m² gulvareal.

I tillegg til krav for frisklufttilførsel, så er det krav at rom som innehar mer luftfuktighet eller øvrige kilder som betegnes som forurensning i luften (Herunder matlaging fra komfyr, ovn etc.), skal ha avtrekk som drar luften fra rommet ut og får tilført ny luft utenifra.

Tabell 1 VTEK17 § 13-2, fjerde ledd. Avtrekksvolum i bolig.

Rom	Grunnventilasjon	Forsert ventilasjon
Kjøkken	36 m ³ /h	108 m ³ /h
Bad	54 m ³ /h	108 m ³ /h
Toalett	36 m ³ /h	36 m ³ /h
Vaskerom	36 m ³ /h	72 m ³ /h

Formålet med å lovfeste ventilasjoner er å ivareta et godt innemiljø og redusere luftfuktighet i luften. I tillegg er dagens hus konstruksjon bygd tett og ikke mulig naturlig ventilasjon. Utskifting av luft er dermed vesentlig for å ivareta et tilfredsstillende inneklima.

2.7 Internasjonale anbefalinger på inneklima

Internasjonalt er det mer tydelighet på hvor luftfuktigheten innendørs bør ligge (National Asthma Council, 2016/EPA, 2022/CIBSE, 2019). Det er gjort flere studier og forsøk på inneklima og ideell, komfortabel luftfuktighets prosent som oppgis nedenfor.

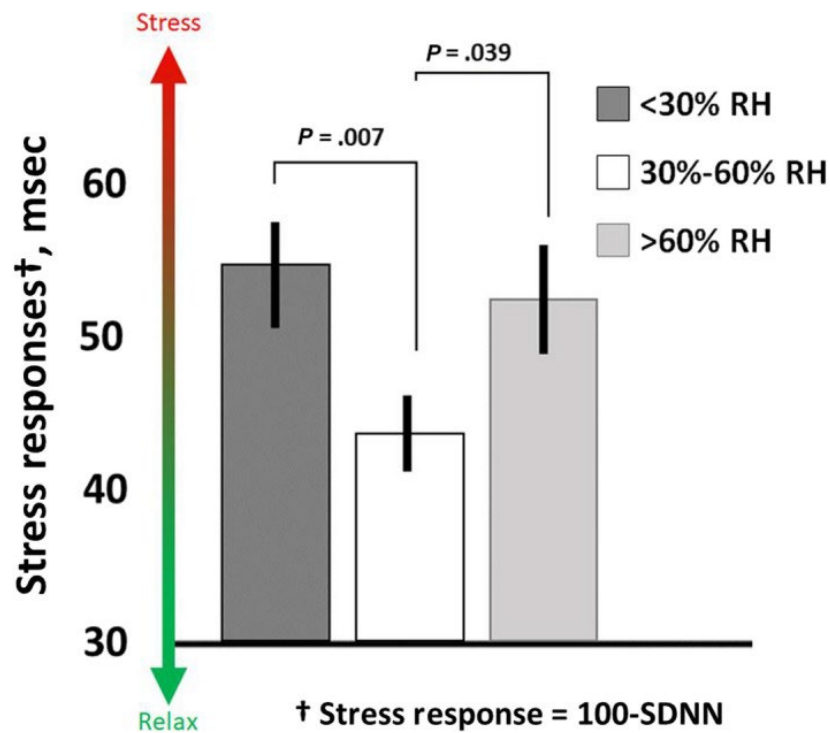
Anbefalingen ligger på 30-60 % og er ansett som den mest komfortable uten risiko for mugg og støvmidd. National Asthma Council i Australia (National Asthma Council/Koster, 2016) bemerker at støvmidd trives godt dersom det er luftfuktighet over 70%. Da finner man gjerne støvmidd i gulvtepper, gardiner, møbler og i sengetøy. De anbefaler å benytte luftfuktere om luftfuktigheten kommer under 30 %.

(Stanborough, 2020) viser til ulike utfordringer som tørr luft kan skape for helsen. For de som har utfordringer med bronnikk, astma eller andre lungeutfordringer, kan disse øke og bli verre om luften både er kaldere og for tørr. I 2013 ble det gjort en studie knyttet til sår hals og tørr

Studie grunnlag

inneluft. Konklusjonen ble at jo lavere og tørrere luft deltakerne ble utsatt for, jo mer vond hals og irritasjon kjente deltakerne. Tørr hud og økning av atopisk eksem er også noe som kan bli en konsekvens. Dersom luften er for tørr, minsker dette elastisitet i huden som igjen svekker hudens egen barriere funksjon. Dette øker da irritasjon og allergier hos voksne og barn i husmiljøet. Neseblod kan også forekomme dersom luften er for tørr. Slimhinner er avhengig av en viss mengde fuktighet for å opprettholde funksjonen. Når luften da er tørr, vil disse tørke og små blodårer i nesepartiet være mer utsatt for å sprekke.

Ifølge en forskningsstudier som er gjort (Razjouyan, 2019) kan luftfuktigheten spille inn på stressnivå.



Figur 3: Stress reasons in different humidity, (Razjouyan, 2019)

Forskningsstudiet er gjort med 134 personer for hvordan stress responser reagerer i de ulike luftfuktighetene. Figuren under viser resultatet av studiet.

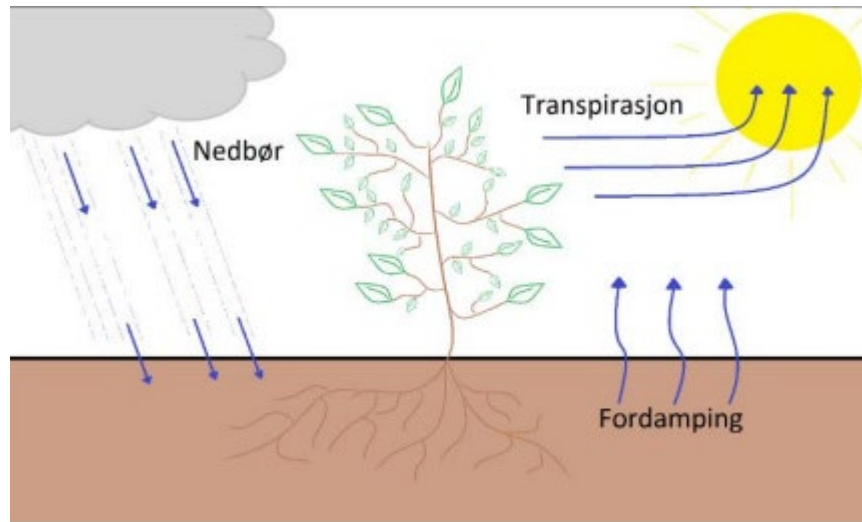
2.8 Planter som fuktighetskilde

Planter er oppgitt som en kilde som gir mer varig tilførsel av luftfuktighet i tørre boliger av FHI (FHI, 2015). I tillegg har NASA utgitt en topp-liste over ulike plantetyper som gir ekstra god luftrensende egenskaper (NASA, 1989). Ifølge Hanne Hegre og Johan Vikan (2022) og

Studie grunnlag

Eric W. Kerschen (2016) kan planter påvirke luftfuktigheten ved transpirasjon og fordampning. Prosessen kalles evapotranspirasjon som er en samlet fordampning fra en vegetasjon. Dette gjelder fordampning gjennom både blad, stamme og jordsmonn.

For å få mer innsikt i hvordan planter kan bidra til luftfuktighet må man se på prosessen som foregår hos en plante.



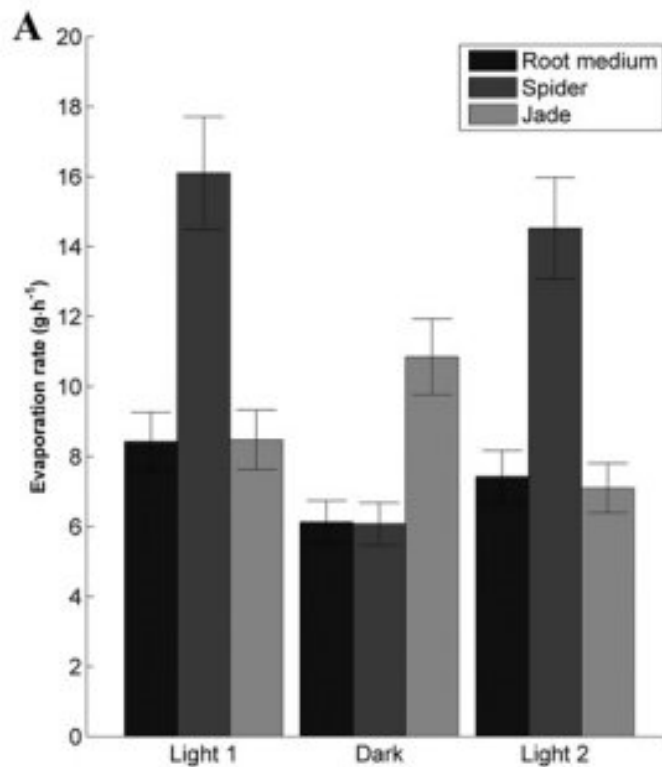
Figur 4 Evapotranspirasjon (Ebnes, 2018)

Planter med jordsmonn utfører prosessen som heter evapotranspirasjon. Evaporasjon er fordampning av vannet fra jord eller en vannflate som et fysisk objekt. Transpirasjon er fordampning av et levende biologisk materiale. Når disse to prosessene ses på under et, kalles det evapotranspirasjon.

Hvor mye evapotranspirasjon en får fra grønne planter er avhengig av flere ulike faktorer (Ebnes, 2018). Eksisterende luftfuktigheten i luften, temperatur, fuktighetsnivå i jordsmonn og lysforhold. Siden en her ser på prosessen innendørs, og tas det dermed ikke høyde for vind. Planter har porer på blad og i stammen som kalles stomata (Berner Jr., 2020). Gjennom disse foregår transpirasjon. Når planten fordamper vannet, vil det forekomme et undertrykk ved røttene som gjør at det trekkes opp mer vann til planten som igjen transpirerer. Prosessen kalles for osmose. For de aller fleste planter er det solen/lys som er drivkraft til at stomata åpnes og trekker vannet opp, i tillegg tilgang på fukt. Når lyset blir fraværende og/eller ved tørke, lukkes stomata på planten og fordampning vil i hovedsak opphøre. Men det vil enda foregå noe osmose som gjør at det kan forekomme vanndråper på bladene som igjen vil fordampe. Men denne mengden anses som mindre i forhold til når transpirasjon foregår med åpne stomata.

Studie grunnlag

Et forskningsforsøk som er gjort på to ulike planter som *Crassula ovata*/Pengetre og *Chlorophytum Comosum*/grønnrenner og kun jordsmonn for å se hvor mye evapotranspirasjon som produseres i de ulike luftfuktighetene og ved lys i forhold til mørke. Det viser at det foregår størst evapotranspirasjon ved 25% luftfuktighet ved 20 grader i forhold til 60% luftfuktighet ved samme temperatur. Det er hovedsak ved lavere luftfuktighet innendørs at husholdningen har behov for økning av luftfuktighet.



Figur 5 Evapotranspiration related to light (Kerschen et al. 2016)

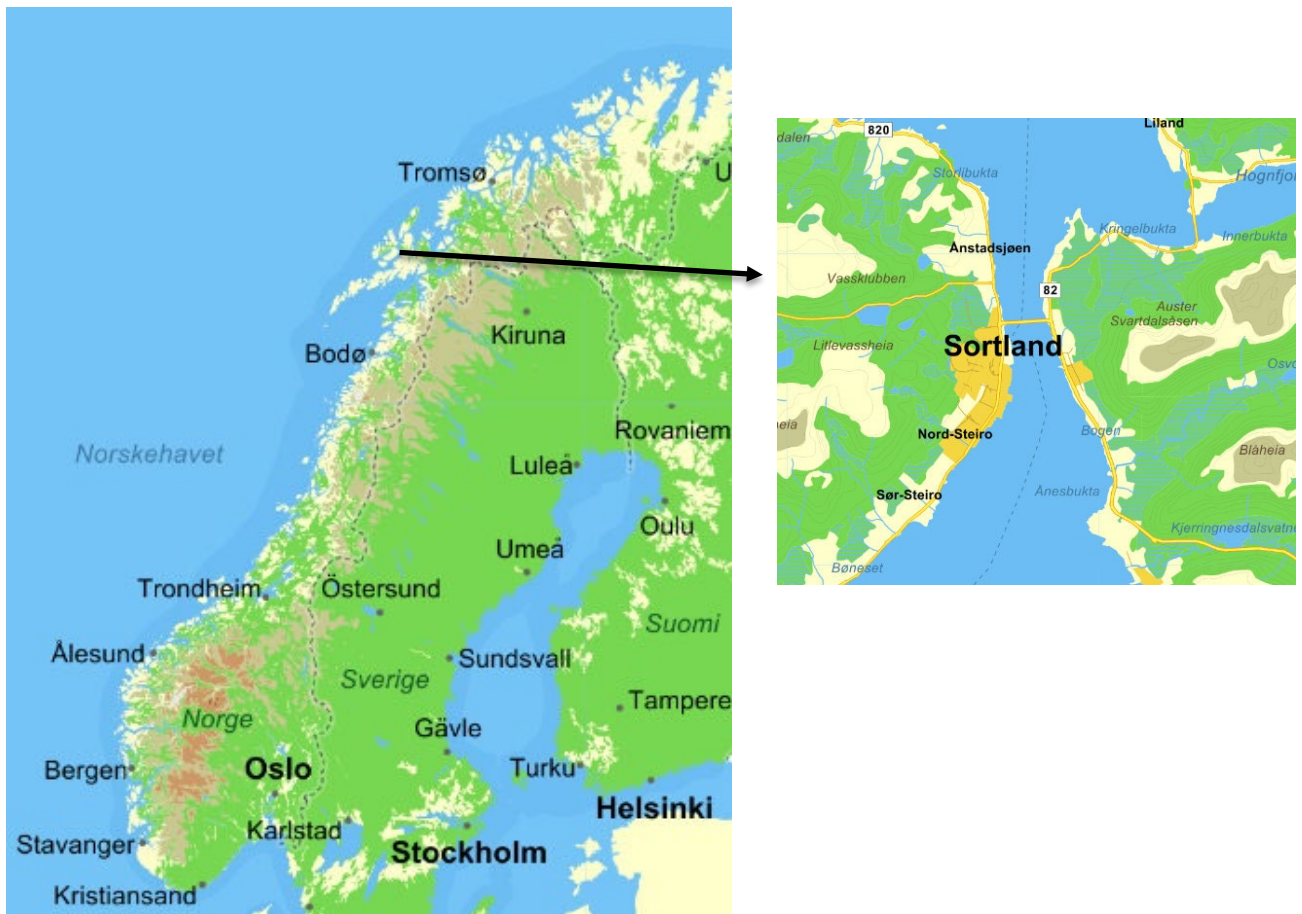
Man ser her at både jordsmonn og grønnrenner utsteder definitivt mest luftfuktighet under forhold med lys. Pengeplante utsteder mest under mørkere forhold. Pengeplante er en type sukkulent og stomata holdes mer lukket under lyse forhold, men grønnrenner gjør det motsatte. Under forsøket var jordsmonn jevnt fuktig, noe som er viktig for evapotranspirasjonsprosessen. For øvrig for sukkulent planter, så lagrer disse vann i blad og kropp, noe som gjør at de kan transpirere også under tørrere forhold.

3 Beskrivelse av måleobjektene

I dette kapittelet presenteres måleinstrumenter, plassering, omfang og resultater. Det deles inn i 2 ulike caser der case 1 innebærer langtidsmålinger i stue, loftstue og teknisk rom. Case 2 omfatter korttidsmålinger med plantetelt og skap. Av disse blir det totalt 6 objekter til et forskningsforsøk knyttet til planter og luftfuktighet. I case 1 er det 3 ulike sensorer i et boligbygg. Disse sensorene vil gi et uttrykk for luftfuktighet i en bolig med balansert ventilasjonsanlegg med få til ingen planter over et år, og tilførsel av mange planter over et år i samme bygg. Case 2 innebærer 2 glass skap fra Ikea, et telt beregnet til planter. Full oversikt og detaljer er beskrevet i målecasebeskrivelse.

3.1 Kartutsnitt plassering

Forskningsforsøket er gjort i Nord-Norge, Vesterålen i Sortland kommune. Se figur Kart over forskningsforsøk.



Figur 6: Kart over sted for forskningsforsøk. T.v. Større utsnitt, t.h. sentrert (Gulesider, 2023)

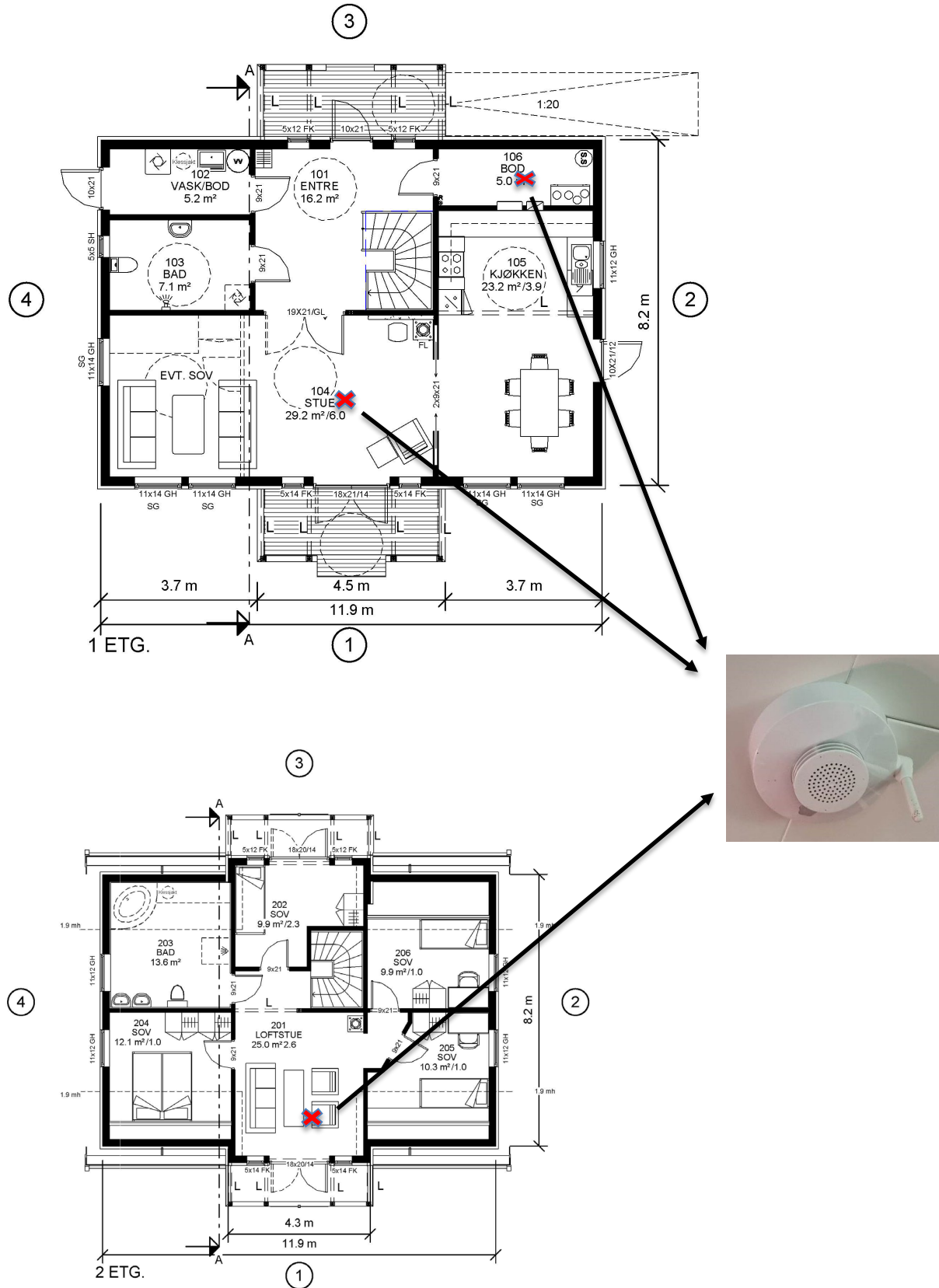
3.2 Måleplan

I tabell oppgitt under, er det en oversikt over måleobjekter, måleutstyr, måleperiode og kapittel inndeling som de ulike forsøkene er videre forklart og resultater oppgitt.

Tabell 2 Måleplan

Måleobjekt	Måleutstyr	Måleperiode	Plassering
Luftfuktighet stue, første etasje. Sensor: Tak, midt i rommet	Klimasensor fra Verisure	2018 og 2022/2023	Kap. 3.3, 3.4 og 3.5
Luftfuktighet loftstue, andre etasje. Sensor: Tak midt i stue	Klimasensor fra Verisure	2018 og 2022/2023	Kap. 3.3, 3.4 og 3.5
Luftfuktighet teknisk rom. Første etasje. Sensor: Tak, midt i rommet	Klimasensor fra Verisure	2018 og 2022/2023	Kap. 3.3, 3.4 og 3.5
Luftfuktighet planteskap, Ikea Milsbo, høy Farge: Hvit Mål: 68x36x152 Sensor: Øverste hylle	Hygrometer ABS	2023	Kap. 3.7
Luftfuktighet planteskap, Ikea Rudsta, wide Farge: Svart Mål: 80x37x106(Minus føtter) Sensor: Øverste hylle	Hygrometer ABS	2023	Kap. 3.7
Luftfuktighet telt Merke: Secret Jardin, Dark Room V4 Mål: 150x150x217 Sensor: Midt på høyre vegg	Hygrometer ABS	2023	Kap. 3.7

3.3 Plantegning hus



Figur 7 Målepunkt, Verisure 1.et. (Øverst), 2 et. (nederst)



Plassering av sensor i tak midt i stue.



Plassering av sensor i tak midt i teknisk rom

Figur 8 Plassering av klimasensor i bolighus, Tak i stue (Øverst), Tak i teknisk rom (Nederst)



Plassering av sensor i tak
midt i loftstue.

Figur 9 Plassering av klimasensor i bolighus, loftstue

3.4 Bolighus

Forsøkene er gjort i et bolighus som er ferdigstilt i 2012. Bygget er under forsøket bebodd av hovedsak 4 personer (halve året 5 da en person jobber til sjøs), 3 hunder og 2 katter. Det benyttes som normalt med dusj, bad, matlaging etc. Det er lite fyring med ved som er benyttet i forsøksperiodene i 2018 og 2022/2023. Oppvarmingskilde er vannboren varme som er installert i alle rom foruten om soverom. Rom med vannboren varme har termostater knyttet til hvert rom. Disse har hatt jevnt stilling på 22.5 grader. Temperaturene har vært jevne i målingsperiodene for de ulike mnd. i både 2018 og 2022/2023. Boligen er ført opp etter TEK10 med vindusglass 0,8 U-verdi. Huset er ført opp i 2 etasjer og er over bakkeplan uten kjeller eller underetasje. I bolighuset er det installert klimasensorer i stue, teknisk rom og loftstue. Disse er installert under taket. Det er i tillegg i en avgrenset periode gjort kontroller med portable luftfuktighetsmålere for sammenligning. Disse viser en differanse på +/- 4 %. Systemet er knyttet opp mot Verisure der også klimadata for luftfuktighet er hentet ut til rapporten.

Målepunktene er satt opp som vist med rødt kryss på plantegningene. Det er målepunkt på stue og bod i første etasje. I Andre etasje er det satt opp på loftstue.

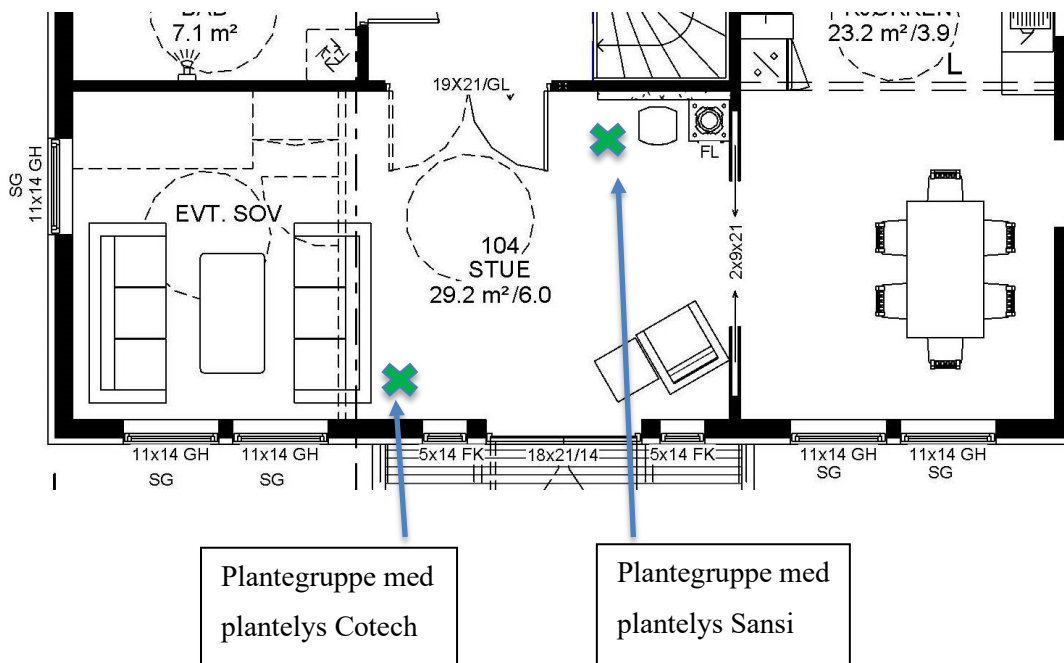
3.5 Målinger over 1 år i stue, loftstue og teknisk rom

I studiet er det tatt utgangspunkt for årstall 2018 og 2022/2023. I 2018 var det maks 5 planter innendørs i stue området. Ingen på de øvrige rom. I 2022/2023 har det vært en variasjon mellom 88-100 planter i stue. Pluss rundt 20 stk. på kjøkken. Skyvedør mellom stue og kjøkken står åpen gjennom hele døgnet og i studiet beregnes som et rom. I 2022 fra ca. mars-mai var det betydelig økning av planter i kjøkkenområdet grunnet dyrking av matplanter. Disse ble tatt bort fra rommet midt i mai, men kan ha en påvirkning på resultat i mars og mai for 2022.



Figur 10 Gruppe med planter i stue

Beskrivelse av oppsett for planter i stue i bolighus. I stue er det ca. 90 planter som står utenom planteskap. Disse er i ulike pottestørrelser med tanke på fordampning fra jordsmonn. Det er plassert i området som vist på figur, tre pærer av merket Cotech fra Clas Ohlson, men av dårligere kvalitet (lumen, watt og $\mu\text{mol/s/m}^2$) vurdert sammenlignet med telt og skap. Dette må bemerkes jfr. Forskningsforsøket om evapotranspirasjon gjort av Kerchen, 2016. Det har i tillegg satt opp vekstlys i vinterhalvåret av god kvalitet med en annen gruppe planter i stuen som er av merket Sansi 14W. Øvrige planter har kun hatt dagslys fra vindu.

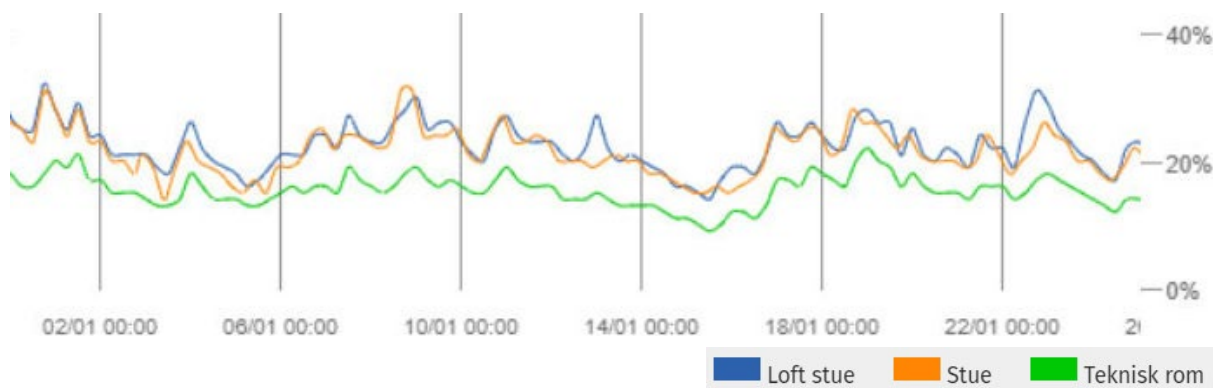


Figur 11 Plassering plantegrupper og plantelys

Temperaturer både i 2018 og 2022/2023 har vært i hovedsak ganske like. Siden det er vannbåren varme i huset, er det ingen andre varmekilder som vil påvirke resultatet. Soldager gjennom vindu vil øke temperaturen på enkelte dager. Men anser at dette vil være jevnt for 2018 og 2022/2023. Enkelte hopp i luftfuktigheten kan forårsakes av en større temperatur endring. Dermed så legges det inn gjennomsnitt. Det er tatt ut resultater fra annen hver måned. januar, mars, mai, juli, september og november. Dette vil gi et bilde både i kalde og varmere mnd. for disse ulike årstallene. Mai til november er fra 2022 og jan og mars fra 2023. Utetemperatur er tatt med i oversikten og er hentet fra Yr.no.

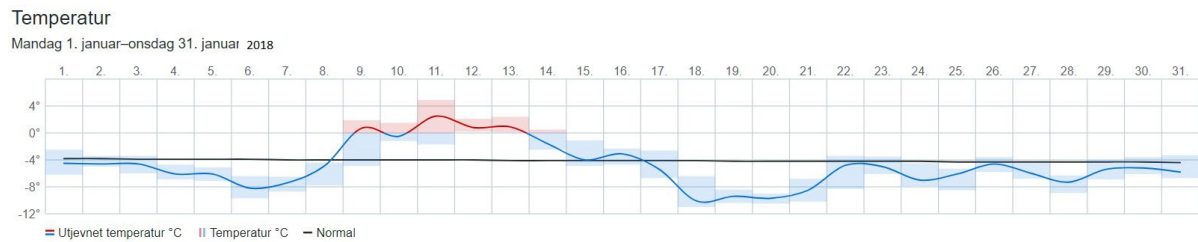
Resultat år 2018:

Januar:



Figur 12 Luftfuktighet jan. 2018, Verisure

Mona Hansen, Luftfuktighet i bolighus
Beskrivelse av måleobjektene

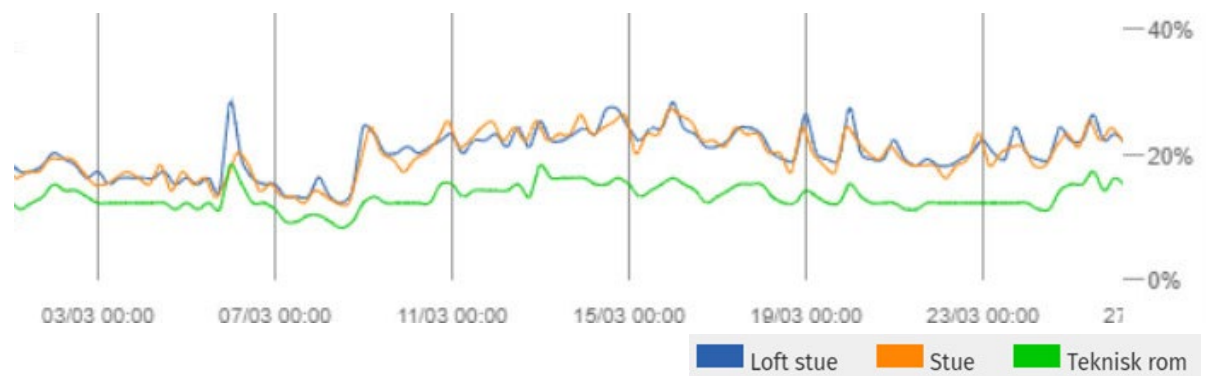


Figur 13 Temperatur utendørs jan. 2018, Yr

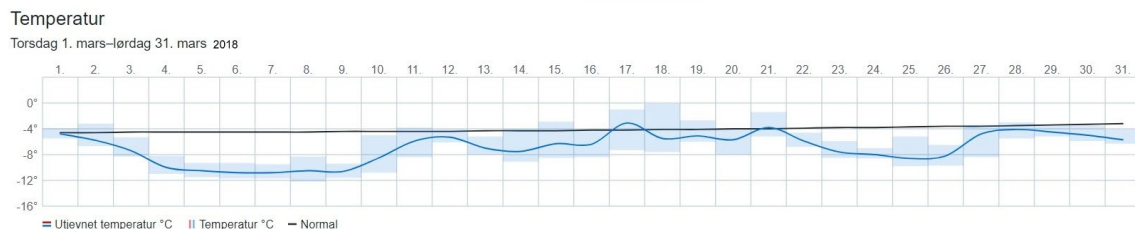
Kommentar:

I januar 2018 ser en at maks luftfuktighet er for loftstue, 31%, stue, 30% og teknisk rom 21%. Max er rundt perioden 8-9 januar og ut fra utetemperaturer er det økning med plussgrader i samme periode. Dette samsvarer med at luftfuktigheten øker. Min. luftfuktighet er for loftstue 14%, stue 14% og teknisk rom 9%. Dette er i perioden 17 januar og her faller utetemperaturen. Luftfuktigheten i teknisk rom ligger generelt lavere i alle mnd.

Mars:



Figur 14 Luftfuktighet inne mars 2018, Verisure

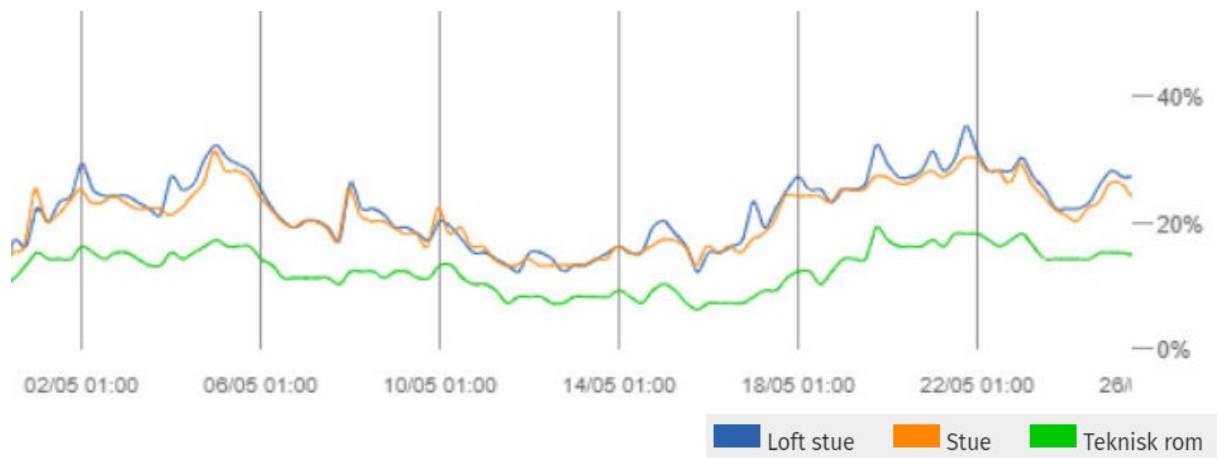


Figur 15 Temperatur ute mars 2018, Yr

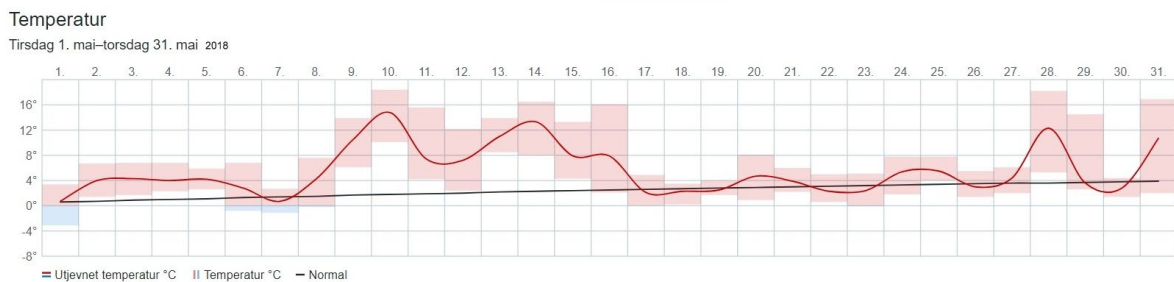
Kommentar mars:

I mars 2018 ser man at maks luftfuktighet for loftstue er 28%, stue 25% og teknisk rom 18%. Det varierer hvilken periode de ligger på maks, men man ser ut fra toppen, at det samsvarer med utetemperatur. For min. luftfuktighet er det for loftstue 12%, stue 12% og teknisk rom 8%. Dette gjelder spesielt for de kaldere periodene. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

Mai:



Figur 16 Luftfuktighet inne mai 2018, Verisure

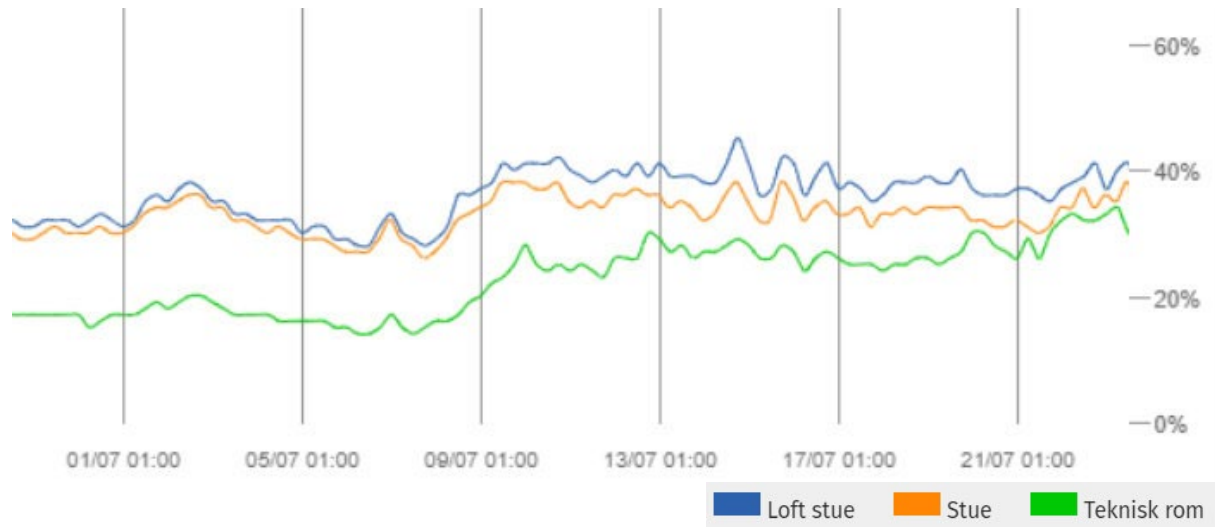


Figur 17 Temperatur ute mai 2018, Yr

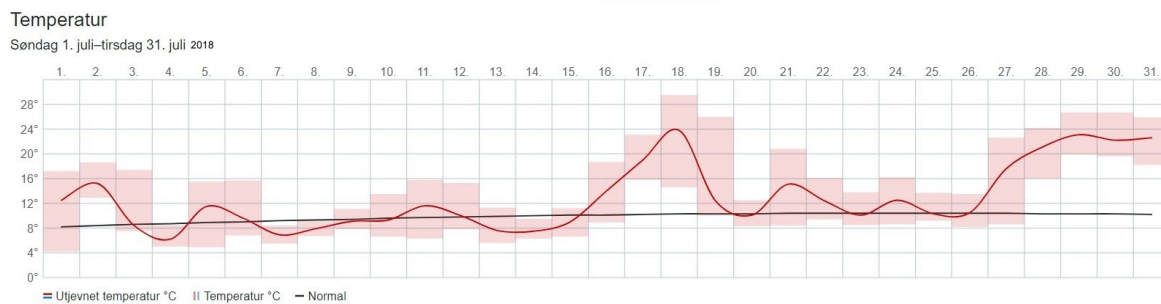
Kommentar:

I mai 2018 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue, 35%, stue 31% og teknisk rom 19%. Maks er varierende for stue og loftstue. Ut fra utetemperaturer anses det ikke til å være like mye samsvar som i de forgående periodene. Det er en topp med varmegrader rundt 10 og 14 mai. Min. luftfuktighet er for loftstue 12%, stue 13% og teknisk rom 7%. Dette er i perioden 17 mai og her faller utetemperaturen. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

Juli:



Figur 18 Temperatur inne juli 2018, Verisure

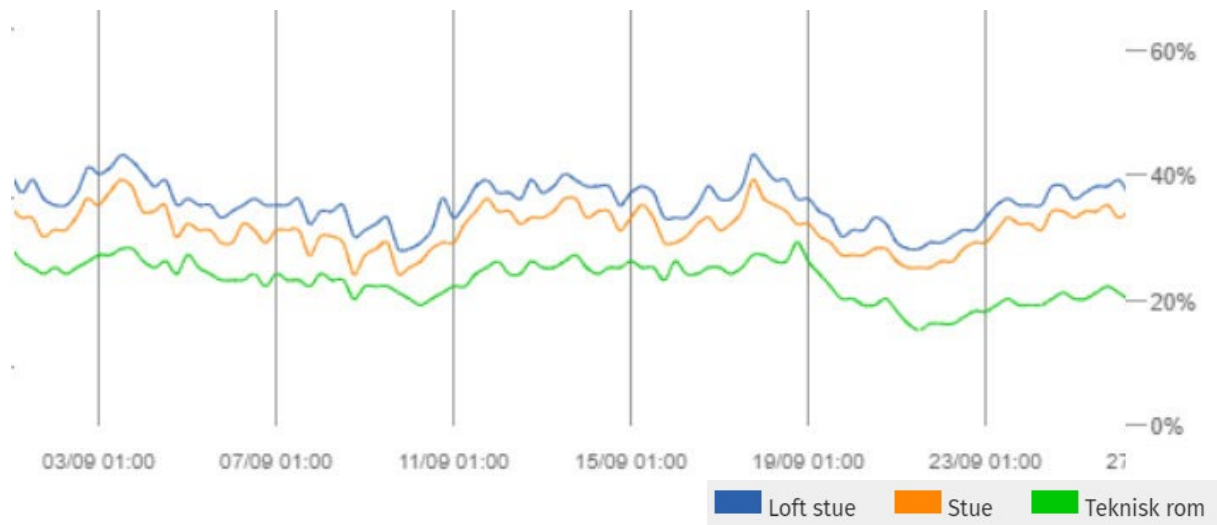


Figur 19 Temperatur ute juli 2018, Yr

Kommentar:

I juli 2018 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 45%, stue 38% og teknisk rom 32%. Maks er rundt perioden 15-16 juli og ut fra utetemperaturer er det økning med plussgrader i samme periode, men ikke topp før 18 juli. Min. luftfuktighet er for loftstue 28%, stue 26% og teknisk rom 14%. Dette er i periode 7-8 juli og her faller temperaturene. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

September



Figur 20 Temperatur inne sept. 2018, Verisure

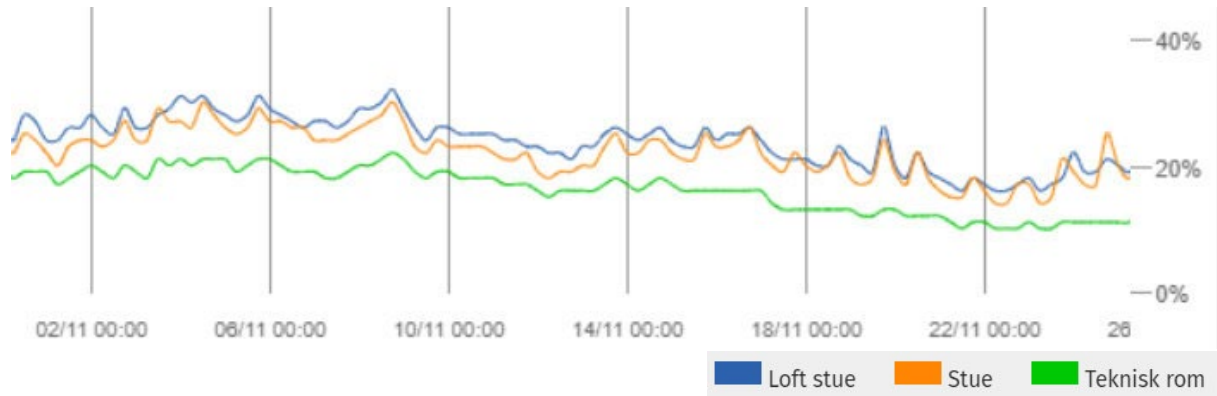


Figur 21 Temperatur ute sept. 2018, Yr

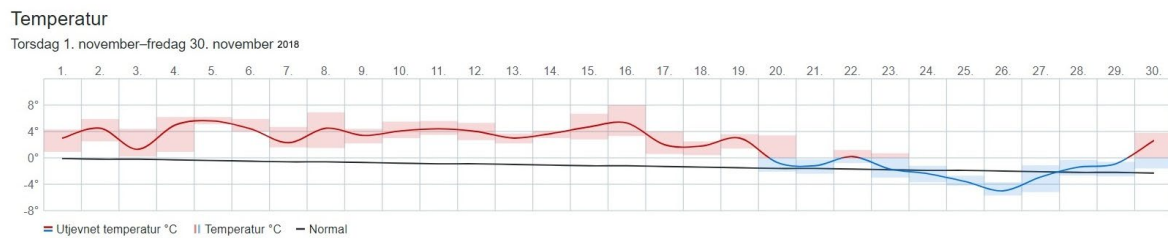
Kommentar:

I september 2018 ser man at maks luftfuktighet er for lofstue 43%, stue 39% og teknisk rom 29%. Maks er rundt perioden 17-18 september. Samsvarer ikke med utetemperatur da den faller i denne perioden. Min. luftfuktighet er for lofstue 28%, stue 24% og teknisk rom 15%. Dette er ulikt for de ulike rom, men teknisk rom ligger jevnt lavere.

November



Figur 22 Temperatur inne nov. 2018, Verisure



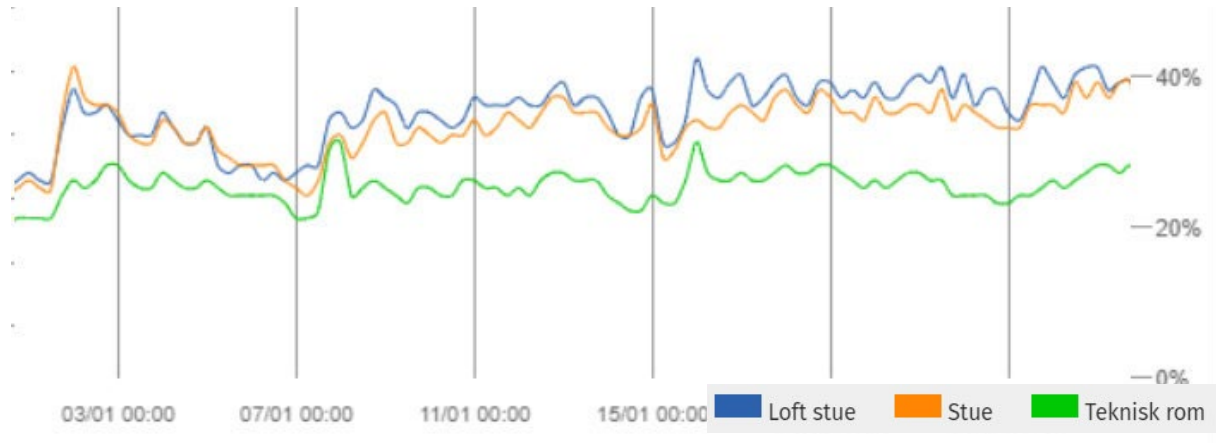
Figur 23 Temperatur ute nov. 2018, Yr

Kommentar:

I november 2018 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 32%, stue 30% og teknisk rom 21%. Maks er rundt perioden 8-9 november, men utetemperatur ligger mer stabilt i perioden 4-16 november med noen mindre forandringer. Min. luftfuktighet er for lofistue 16%, stue 14% og teknisk rom 10%. Dette er i perioden 12-13 november. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

Resultat år 2022/2023

Januar:



Figur 24 Luftfuktighet jan. 2023, Verisure

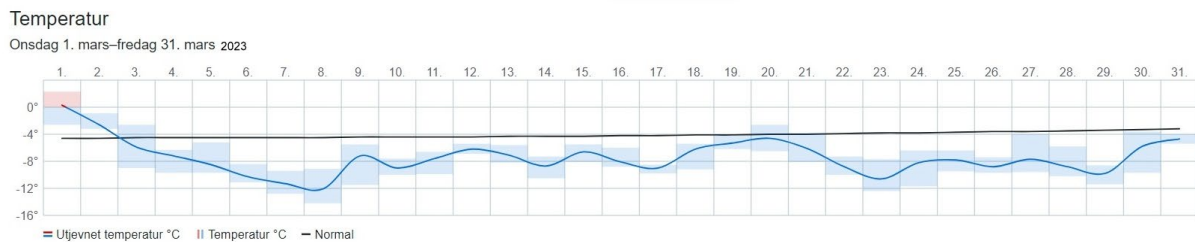
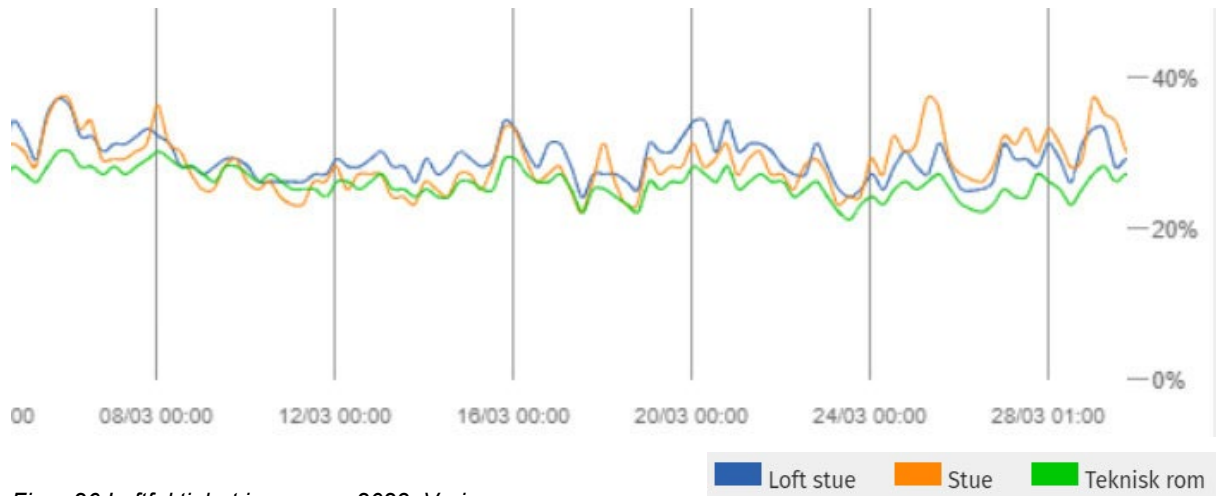


Figur 25 Temperatur utendørs jan. 2023, Yr

Kommentar:

I januar 2023 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 42%, stue 41% og teknisk rom 30%. Maks varierer fra de ulike rom. Min. luftfuktighet er for loftstue 26%, stue 25% og teknisk rom 21%. Dette er i perioden rundt 7 og 8 januar. Laveste utetemperatur i perioden var mellom 5-7 januar. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

Mars:

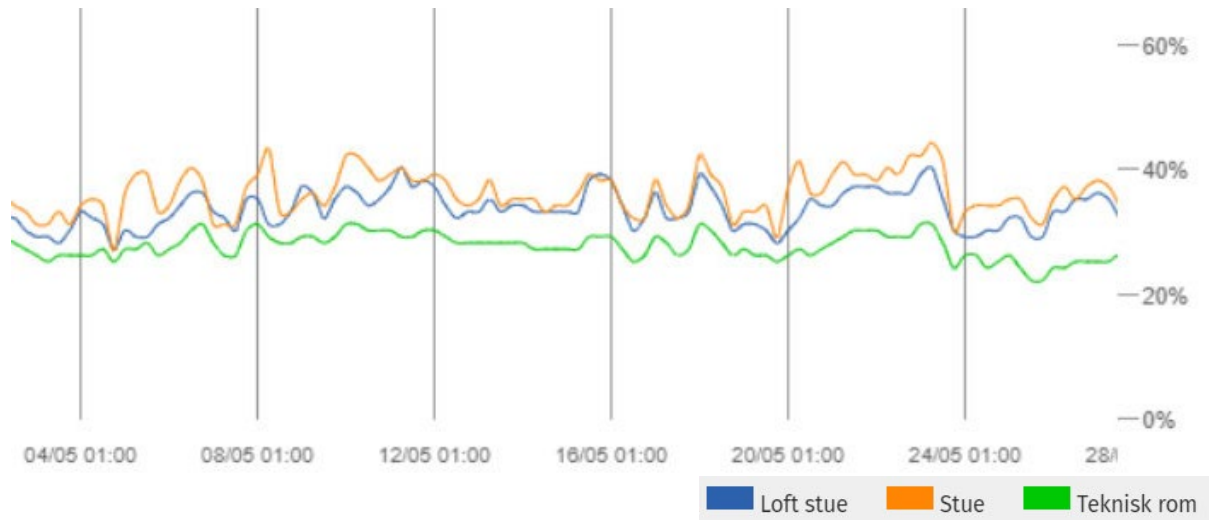


Figur 27 temperatur ute mars 2023, Yr

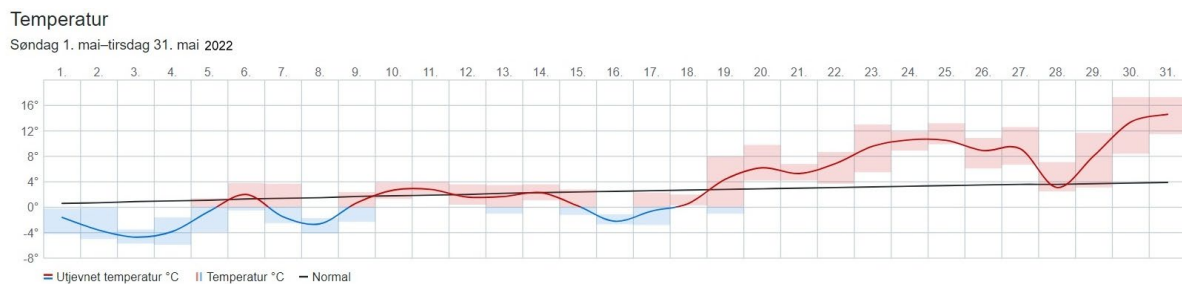
Kommentar:

I mars 2023 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 34%, stue 37% og teknisk rom 29%. Maks varierer noe fra de ulike rom. Min. luftfuktighet er for loftstue 24%, stue 22% og teknisk rom 22%. Dette varierer noe, men alle rom ligger jevnt lave rundt 17. mars. Utetemperatur er kaldest rundt 8 mars. For luftfuktighet innendørs, viser det en topp spesielt i stue i samme periode. Her varierer det om teknisk rom har høyere luftfuktighet en øvrige rom.

Mai:



Figur 28 Temperatur inne mai 2022, Verisure

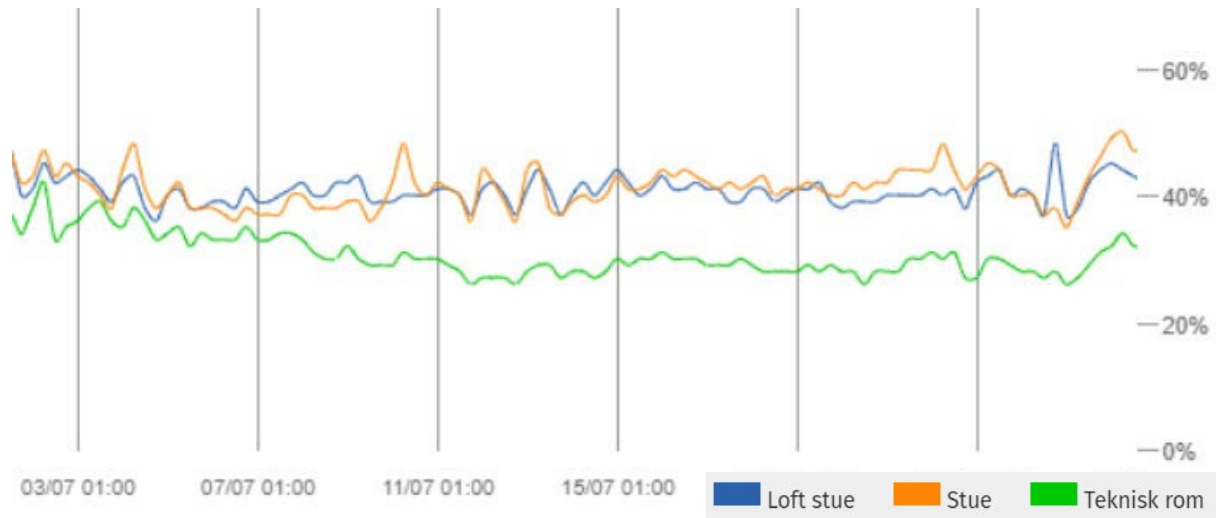


Figur 29 Temperatur ute mai 2022, Yr

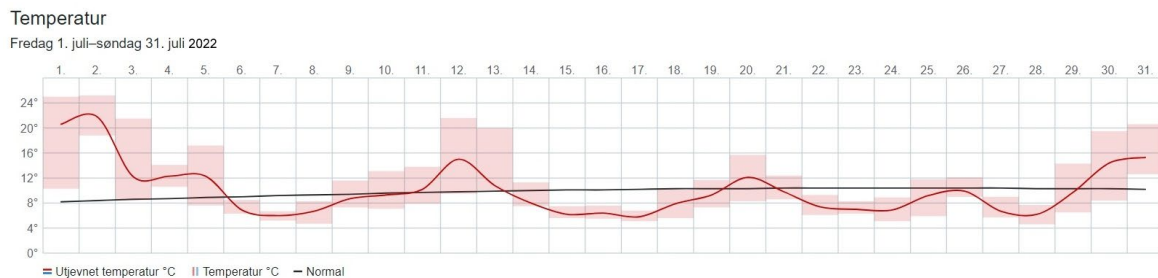
Kommentar:

I mai 2022 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 40%, stue 44% og teknisk rom 31%. Maks er rundt perioden 18-19. mai. Utetemperaturen øker fra 19 til 27 mai. Min. luftfuktighet er for loftstue 27%, stue 27% og teknisk rom 24%. Dette varierer noe fra de ulike rommene på hvilken periode. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

Juli:



Figur 30 Temperatur inne juli 2022, Verisure

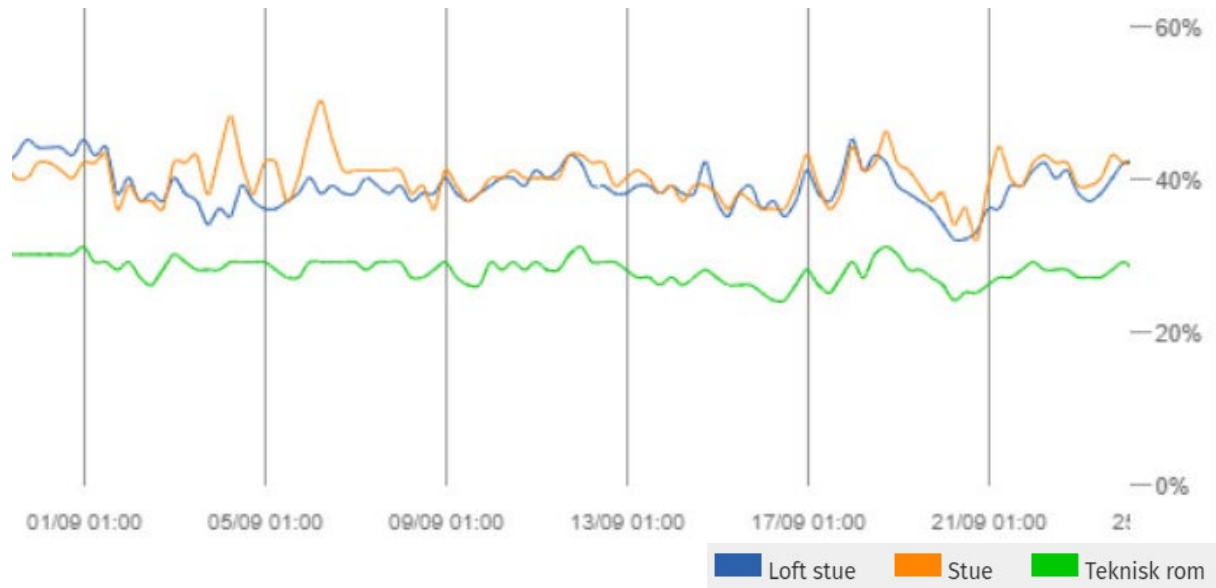


Figur 31 Temperatur ute juli 2022, Yr

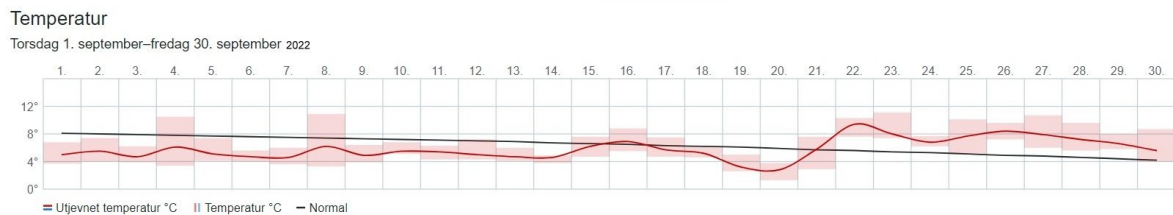
Kommentar:

I juli 2022 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 48%, stue 48% og teknisk rom 39%. Maks varierer fra de ulike rom i perioden. Min. luftfuktighet er for loftstue 37%, stue 36% og teknisk rom 26%. Det varierer også hvilken periode det er minimum. For utetemperatur ser man at det er flere perioder under 8 grader. Varmeste perioden er starten av juli. Teknisk rom ligger merkbart lavere fra 07. juli og ut måneden.

September:



Figur 32 Temperatur inne sep. 2022, Verisure

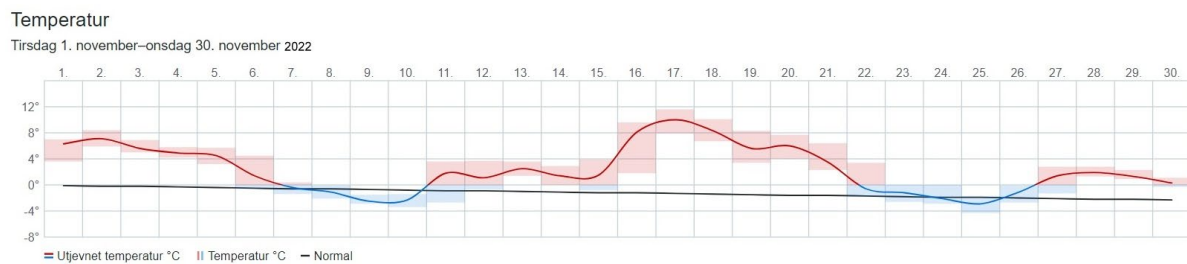


Figur 33 Temperatur ute sep. 2022, Yr

Kommentar:

I september 2022 ser man at maks luftfuktighet er for loftstue 45%, stue 50% og teknisk rom 31%. Maks varierer fra rom til rom, men ligger jevnt høyere rundt 18-19 september. Min. luftfuktighet er for loftstue 33%, stue 32% og teknisk rom 24%. Dette er i perioden 20 september. Utetemperaturen faller i samme periode. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

November:



Kommentar:

I november 2022 ser man at maks luftfuktighet er for lofstue 40%, stue 39% og teknisk rom 29%. Maks er rundt perioden 21-22 november. Min. luftfuktighet er for lofstue 26%, stue 25% og teknisk rom 21%. For utetemperatur har denne en topp den 17 november og to bunner 9-10 og 25 november. Teknisk rom ligger jevnt lavere.

3.6 Målinger bad, vaskerom

Det er gjort målinger på bad og vaskerom med hygrometer ABS. Resultater her viser at luftfuktigheten i disse rommene er ganske jevne med luftfuktighets målingene i øvrige rom som er gjort målinger på. Dette unntatt teknisk rom.

Eneste målte variasjoner på disse rommene er hopp i luftfuktighet på bad under dusj, deretter faller den til likt nivå innen 3 timer. For målinger gjort på vaskerom, så anses det at disse ikke vil være sammenlignbare med øvrige målinger. Temperaturen i dette rommet ligger på 25-28 grader konstant. Dette er høyere enn øvrige rom og vil da naturlig gi en måling med lavere luftfuktighet. Målingene gjort i disse rommene, anses ikke til å være relevante for forskningsforsøket med planter og tas derfor ikke med.

3.7 Målinger med plantetelt og skap

For å teste ut teorien med å benytte planter som fuktighetskilde i bolighus, er det gjort forsøk med planter i ulike romtyper. Det er gjort 3 periodemålinger over 12 dager. Resultater som er oppgitt, er gjennomsnittet av disse 3 periodemålingene.

Tabell 3 Målinger telt og skap

Luftfuktighet planteskap, Ikea Milsbo, høy Farge: Hvit Mål: 68x36x152 (Minus føtter) Sensor: Øverste hylle	Hygrometer ABS	2023	Kap. 3.7
Luftfuktighet planteskap, Ikea Rudsta, wide Farge: Svart Mål: 80x37x106 (Minus føtter) Sensor: Øverste hylle	Hygrometer ABS	2023	Kap. 3.7
Luftfuktighet telt Merke: Secret Jardin, Dark Room V4 Mål: 150x150x217 Sensor: Midt på høyre vegg	Hygrometer ABS	2023	Kap. 3.7

Oppsett og bilder på de ulike casene kommer under.

Forsøk 1:

Beskrivelse av plantetelt. Dette rommet har ingen ventilasjon ut, kun vifter innvendig for luftsirkulasjon. I tillegg er det en liten åpning på ca. 7 cm. der ledningene trekkes ut for tilkobling til strøm for både vifter og lys. Inni teltet til høyre inntil veggen, er det plassert et

hygrometer for å vurdere luftfuktighet på ulike tidspunkt. I teltet er det jevnt med lys fra lyslampen Lumatex 200W som er beregnet til planter. Denne er på ca. 16 og av 8 timer. I tillegg sprayes mosestokkene lett fuktig med vann og vil dermed bidra til fordampning. Det er gjort tester både med og uten mosestokker.



Figur 36 Plantetelt, Secret Jardin Dark Room V4

Teltet, Secret Jardin Dark Room V4, er konstruert til plantebruk og materialet er lystett. Dvs. at når plantelyset ikke er på, vil det ikke slippe inn dagslys. Det vil heller ikke slippe ut eller inn fuktighet gjennom telt materialet.

Forsøk nr. 2:

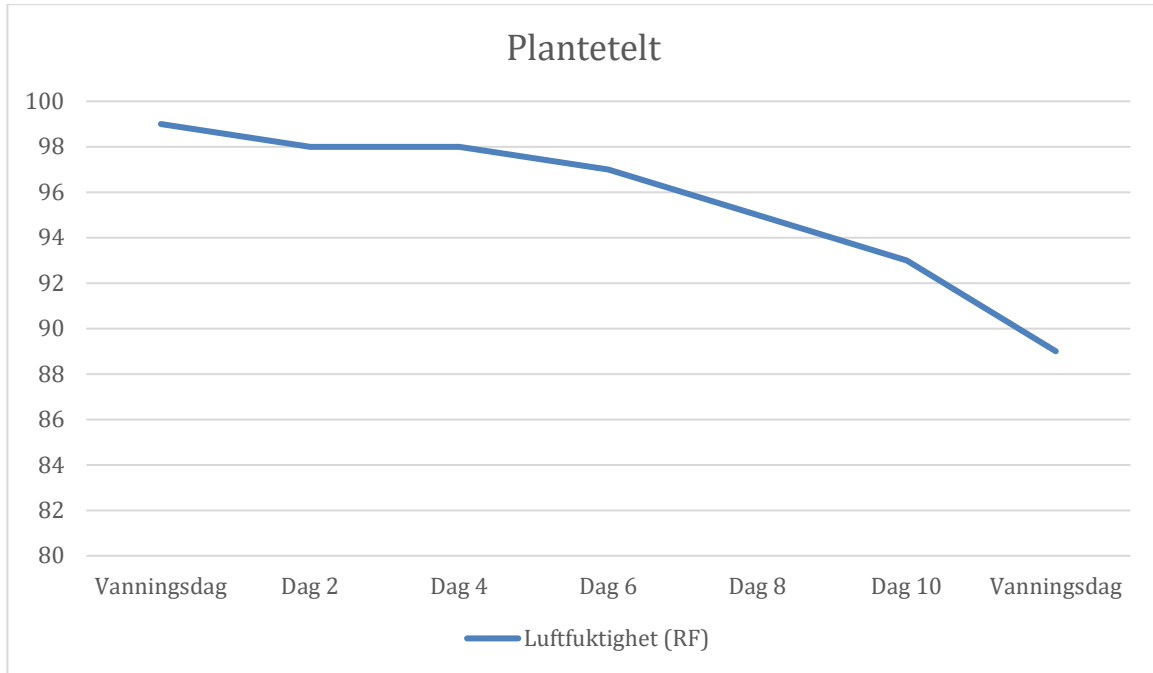
To ulike skap med planter. Begge har pakninger rundt dørene, samt i overgang fra glassvegg til bunnmateriale med elektrotape for å holde mest mulig tett. Svart skap har større andel av planter vurdert opp mot areal, sammenlignet til hvit skap.

Beskrivelse av måleobjektene

Svart skap hadde i tillegg ekstra sprekker i sidene som også er tettet igjen med elektrotape. Sammenlignet med planteteltet vil skapene slippe ut noe mer luftfuktighet til rommet. I tillegg vil det komme noe mer dagslys til plantene i skapet. Testforsøket er hovedsak gjort i vintersesongen der daglys og plantelys har vært til stede samtidig. Kveld og natt har det vært mørkt. Lys har vært på i 16 timer og av i 8 timer.

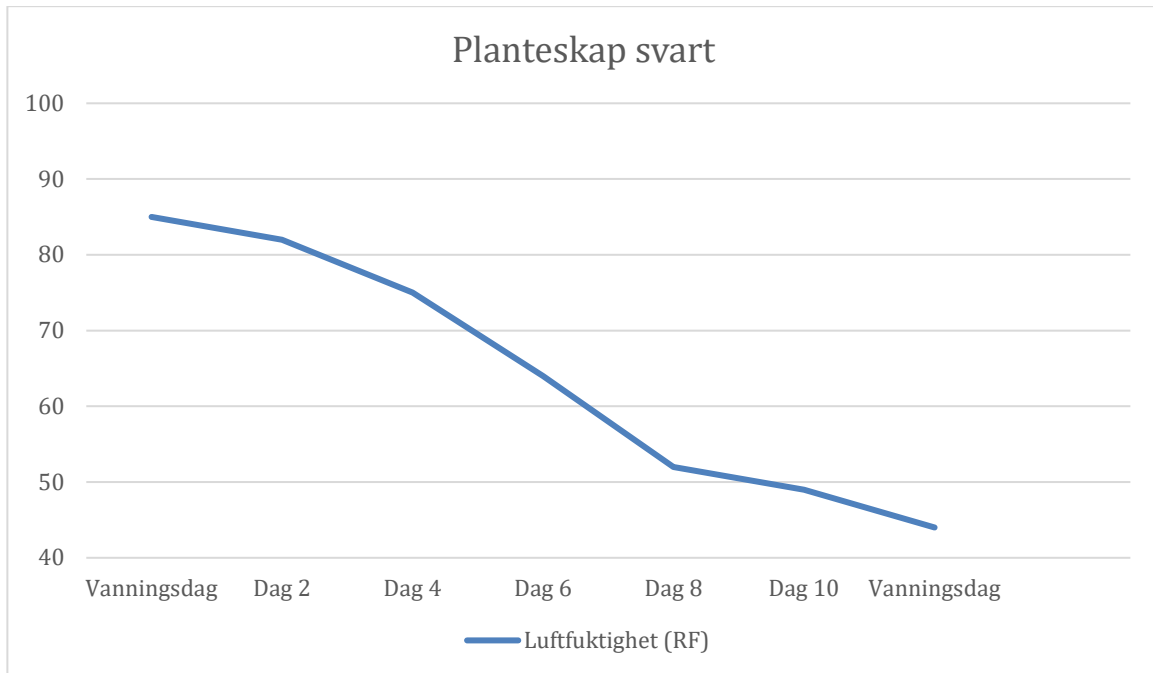


Figur 37 Planteskap, Hvit skap (t.v.), svart skap (t.h.)



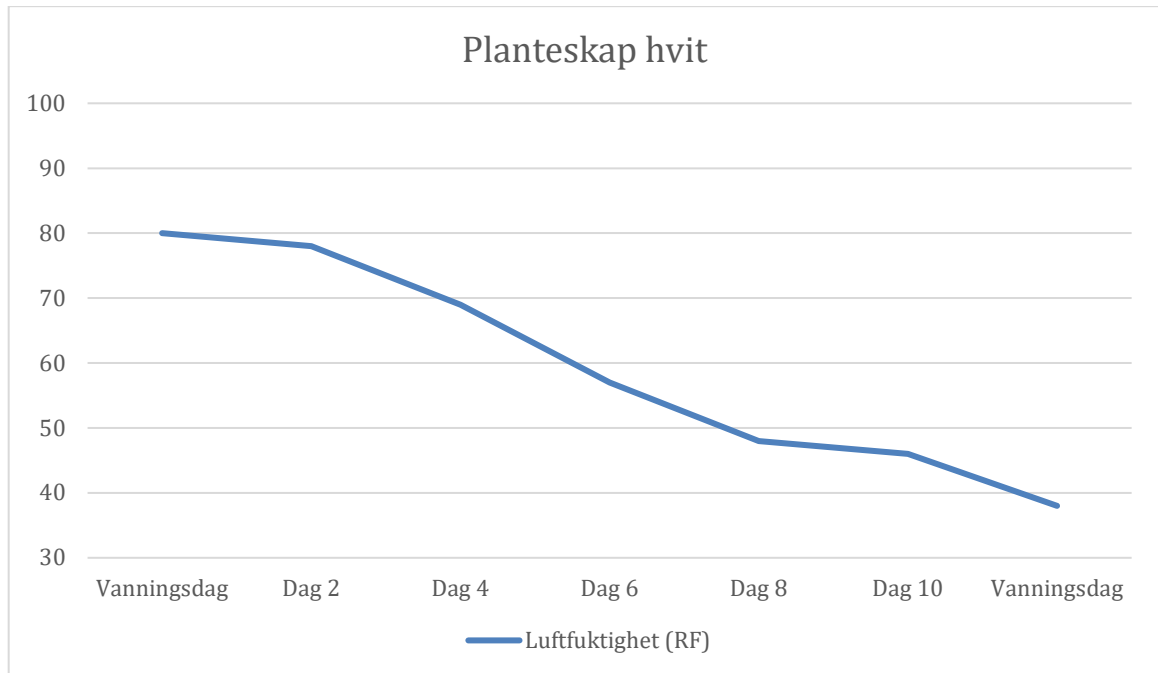
Figur 38 Resultater plantetelt

Kommentar plantetelt: Målingene viser at når teltet er lukket helt igjen er luftfuktigheten opp i 99% som er max det klimamåleren går til. Den ligger høyt lenge med sakte synking til dag 6 hvor luftfuktigheten er på 97%. Fra dag 6 til dag 10 synker den raskere ned til 93%. Fra dag 10 til vanningsdag er den raskeste nedgangen til under 90%. Flere planter er klare til vanning når den nærmer seg 90% og spesielt under. I teltet er det så høyt fuktighetsnivå at det er vanndråper på veggene og i tak. Dette benytter planten igjen til transpirasjon ved å feste røtter på veggene og klatre.



Figur 39 Resultat planteskap svart

Kommentar planteskap svart: Luftfuktigheten går til 85% i svart skap rett etter vanning, men synker mye raskere enn teltet. Når luftfuktigheten er mellom 55-60 % ser en tydelige tegn på at enkelte planter behøver vanning. Men for å kjøre testen helt ut, er det kjørt videre uten vanning for å se hvor lavt det kom innen 12 dager. Målingene er kjørt i flere perioder med samme intervall. Det er oppgitt gjennomsnittet fra 6 perioder med 12 dagers intervall.



Figur 40 Resultat planteskap hvit

Kommentar planteskap hvit: Luftfuktigheten ligger på ca. 80% når plantene er vannet og mosestokken fuktig. Før det var plassert inn mosestokk, lå den i underkant av 80%. I hvit planteskap er det gjort målinger på lik måte som i svart. Det er tatt målinger over flere perioder. Rundt 50% viser enkelte planter tegn til vanningsbehov. Men i måleperioder er det ikke vannet for å kjøre testperioden ut.

3.8 Måleusikkerhet

Alle målinger er utsatt for en usikkerhet. Spesielt for målinger gjort i stue, loftstue og teknisk rom er det en rekke faktorer som spiller inn. Måleinstrumenter i alle rom kan ha en målefeil.

Det er benyttet samme målere for telt og begge skap, i tillegg til målinger gjort på vaskerom og bad. Det er gjort flere tester med samme type målere i stue for å vurdere ulikheter opp mot målere plassert i tak. I dette forsøket ble det gjort logging.

For luftmengder er det i bolighuset er det balansert ventilasjonsanlegg med varierende viftehastighet. Denne har vært gjennomsnittlig på nr. 2 av 3 ulike hastigheter. Dette vil øke utskiftning av luftmengden i alle rom. I skap og telt, vil utskiftning og luftmengde påvirkes ved

åpning av teltduk eller skapdører. Dette påvirker luftfuktigheten i øyeblikks punktet. Målinger er gjort beviste når skapdører og telt har vært gjenlukket i et min. et døgn.

For lufttemperatur er denne varierende. Dette er hensyntatt ved å benytte samme varmekilder innendørs, men utetemperatur spiller inn ved balansert ventilasjon.

Andre måleusikkerheter er pottestørrelse. Jo større potte, større plante og mer jordsmonn som kan bidra til evaporasjon. Planten kan dermed ha større bladoverflate som kan bidra til flere stomata og mer fordampning. I skapene er det begrenset for størrelse. I teltet har det vært en variasjon med størrelse. Variasjon gjelder også for stue og loftstue.

4 Diskusjon

I dette kapittelet vil det fremkomme diskusjon knyttet til de ulike resultater samt diskusjon rundt informasjon funnet i litteraturstudiet.

4.1 Luftfuktighet i forhold til årstall på byggeår og byggemetoder

Når en ser på bygningshistorien knyttet til fukt gjennom årene, så er det gjennomgående at etter en begynte å isolere bolighusene ble fukt et problem. Det skapte råte i konstruksjonen og fuktigere miljø inne. Spesielt etter velstandsøkningen i 1970 når familiestørrelsen økte og det ble mer vanlig med oftere dusj og vannbelastning innendørs. Deretter fikk man energikrisen som gav økt isolasjonstykkelse i veggene. Krav til dampsperran kom ikke før 1985. Deretter kom våtromsnormen i 1994 som gav mer kontroll på fuktighet i baderomskonstruksjoner. En har i dag enda mange hus som er bygget før 1985 og 1970. Flere eldre hus har også senere år fått oppgradering med etterisolert som har forårsaket råte, sopp og muggskader. Fuktproblematikk i form av for høy luftfuktighet eller hus-konstruksjon som ikke er bygget etter dagens standard er enda en utfordring også i dag. En ser at balansert ventilasjon som ble innført i 2007 definitivt har hatt effekt som har vært ønsket, ut fra resultater som vises fra case 1. Det skiftes ut fuktig luft innendørs og får tilført tørr luft utendørs, herunder spesielt på vinterstid. Vinterstid er ofte fyringssesong og/eller varmepumpe kjøres for å varme opp luften. Men et spørsmål her er om en har fokusert for mye på å få husene tørre. Treverk som er en stor andel i både dagens og eldre hus er hygroskopisk. Dette er positivt for regulering av fuktighet, siden dette vil si at treverket trekker til seg fukt ved høy fuktighet og gir fra seg fukt til lufta ved lav fuktighet. Men når luften blir for tørr, så gir treverket fra seg for mye fukt som dermed vil skade treverket selv.

4.2 Materialer

Treverk er et dominerende material i bolighus i dag. Treverket vil krympe ved tørr luft da de avgir fuktighet og svulle når de trekker til seg fuktighet knyttet opp mot fuktigheten i rommet. Treverk inneholder naturlig en vesentlig del av vann og behandles med en tørkeprosess for å fjerne det frie vannet. Dette for å kunne benytte materialet til de ulike bygningsdelene som det er tiltenkt. Det kan være stendere, takstoler, panel, gulv, listverk etc. I tillegg for enkelte bygningsdeler som panel, så blir de laget for å kunne ha en bevegelsesfunksjon ut fra

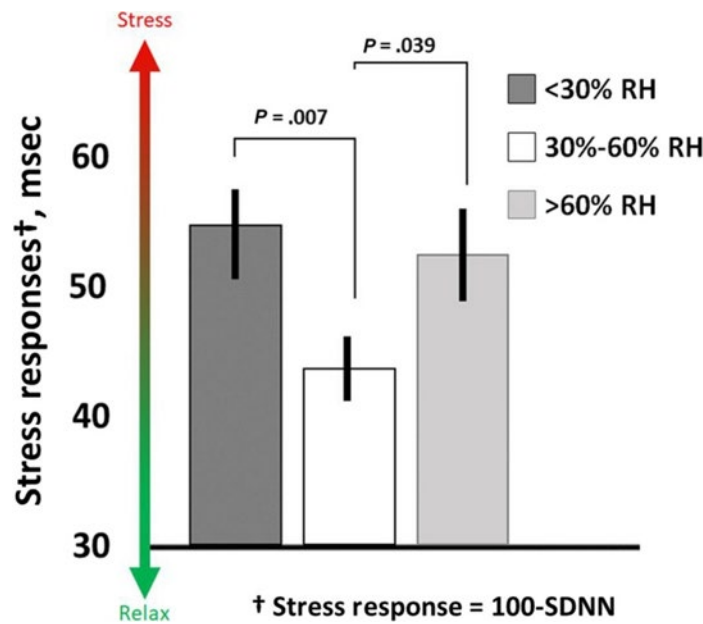
Diskusjon

luftfuktighetsvariasjonen som oppstår gjennom året. Bevegelsesfunksjonen er begrenset som vil si at dersom det blir for høy fuktighet eller for lav fuktighet i luften, vil materialet kunne bevege seg utover den bevegelsesfunksjonen som er definert fra produsent. Fra de aller fleste produsenter, vil det i FDV-dokumentasjonen være oppgitt en anbefalt fuktighet eller temperatur i rommet som viser til hvilke trefuktighet det vil da være i materialet under montering. Dette for å ligge i mellomsjiktet slik at det kan beveges tilstrekkelig enten med utvidelse eller sammentrekning. Fra leverandør av panel kommer det klart frem hvilken temperatur det bør være i rommet for montering. For gulv leverandør er det ofte oppgitt en generell anbefaling på både luftfuktighet og temperatur i rommet hvor gulvet skal benyttes. Dette er ikke kun under montering, men også for gulvets levetid. Luftfuktigheten har en såpass stor rolle for treverket, at slik informasjon er viktig for å bevare trestrukturen i gulvet. Dette gjelder for øvrig alle trematerialer. Når man da får for lav fuktighet innendørs, så har det stor innvirkning på treverket med at det kan sprekke, løsne i not og fjær, og gå opp i skjøter.

4.3 Inneklima og anbefalinger

Det trekkes frem at man oppholder seg ca. 90% av tiden innendørs. Det kommer da klart frem at inneklima har en viktig faktor for folkehelsen. For luftfuktighet i inneklima, er det i dag ikke en lov eller forskrift som regulerer hvordan denne skal være. For rotter i laboratorium er det derimot krav. Det signaliserer at luftfuktighet spiller inn på individer. Dersom en trekker frem forskningsstudiet gjort av Razjouyan (2019) ser en at stressfaktor henger sammen med luftfuktigheten en oppholder seg i.

Diskusjon



Figur 41 Stress response (Razjouyan, 2019)

I tillegg til at stresset kan øke ved for lav luftfuktighet, vises det til studiet som er gjort på marsvin hvor virus overføringen har høyere risiko ved lav luftfuktighet. Dette i tillegg til øvrige studier som er gjort til både uttørring av luftveier, sprukne hender, tørt hår og mindre elastisitet på huden, er det klart at luftfuktighet har en stor rolle også i inneklime sammenheng. Dette knyttet til både helse og komfort. Det har tidligere vært mye og er fortsatt mye fokus på de negative konsekvensene som høy luftfuktighet har for inneklime. Det bør fortsatt være det, spesielt siden det enda i dag er utfordringer i huskonstruksjoner med for høy luftfuktighet. Men det bør gjøres flere vurderinger opp mot konsekvenser ved for lav luftfuktighet. Det fremkommer her flere studier som viser en negativ effekt ved lav luftfuktighet.

Anbefalinger internasjonalt ligger hovedsak mellom 30 – 50 % og andre ligger så høyt som 40 % - 60%. Dette samsvarer ikke med de nasjonale anbefalinger fra FHI hvor 20% er for lavt og 70% er for høyt.

4.4 Målinger i stue, teknisk rom og loftstue, case 1

Resultatpresentasjonen i kapittel 3 viser at det er noe variasjoner og ulikheter for temperatur utendørs fra år 2018 og 2022/2023. Foruten om utetemperatur, er største forskjellen innendørs økt antall planter. For minimum luftfuktighet er den første vurderingen at luftfuktigheten ikke faller under 20 % i noen rom for år 2022/2023. Dette sammenlignet til 2018 der laveste

Diskusjon

registrerte luftfuktighet var 7% i mai. For øvrig var ikke maks luftfuktighet i samme rom i samme mnd. lavere. Mai er en vår måned, noe som gjør det betenkelig at det er så tørt innendørs. Men man ser målinger nede i 12% i oppholdsrom som stue og loftstue også.

De rommene som er mest interessante i disse målingene er stue og loftstue. Teknisk rom er ikke et oppholdsrom og får heller ikke tilført fukt direkte gjennom dagligdagse aktiviteter som matlaging, dusj og personer som oppholder seg i rommene. Fuktigheten som blir tilført, vil være via ventilasjonsanleggets sirkulasjon. Dette bør være med i vurderingene for å se helheten av et bebodd bolighus. Velger derfor videre å fokusere mest på stue og loftstue. Stue er et oppholdsrom med mest aktivitet. Loftstue er også et rom som betegnes som oppholdsrom med aktivitet for spesielt barn i forsøksboligen. I Norge anbefaler FHI å holde luftfuktighet over 20%. Når man ser på resultater fra 2018, viser januar, mars, mai og november målinger under 20%.

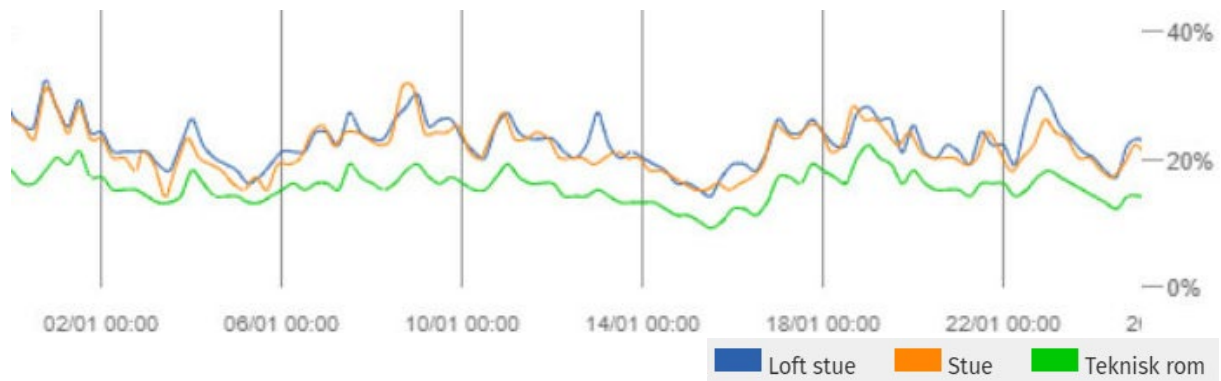
Om en vurderer materialer opp mot målte resultater, ser man at målingene ligger under kritisk grense som oppgitt fra leverandører. For gulv som både parkett og laminat vil dette kunne forårsake riss og sprekker i gulvene som kan bli permanente siden treverket tørker ut. For panel vil så lav luftfuktighet også kunne forårsake permanente skader. Anser at forsøksboligen er standard i forhold til øvrige bolighus. En viktig faktor å få med, er at i testhuset oppholder det seg i tillegg 4 dyr i 2018 og 5 i 2022/2023 som vil bidra til å øke luftfuktigheten. Dyrene er av 2 hunder og 2 katter. I 2021 kom også en til hund. Dyr spesielt er fuktige i pelsen under nedbør og snø fra vintersesongen. Til tross for dette, er den kritisk lav i 2018.

I mars er også maks luftfuktighet under anbefalinger som er oppgitt internasjonalt. FHI har anbefaling om å holde temperaturene lavere i vintersesongen for å unngå å få for lav luftfuktighet. Men fuktighetsnivået i lufta vil være det samme om det er 22 eller 25 grader. Det refereres til relativ luftfuktighet som kun oppgir hvor mye fuktighet det er i lufta knyttet opp mot hvor mye den aktuelle temperaturen kan holde på. Men det sier ikke hvor mye gram fukt i lufta det er. Så dermed så vil en ikke få mer fukt i lufta ved 21 grader i forhold til 25 grader dersom det ikke tilføres mer fukt fra andre kilder. Viser til ordforklaring/definisjoner. Leverandører av ulike materialer viser også til temperatur i sammenheng med luftfuktighet. Det anses at dette er for å presisere at en kan ikke kjøre rommet kaldere for å opprettholde kravet. Men luftfuktighetsnivået skal ligge mellom anbefalinger i tillegg til temperaturene.

Diskusjon

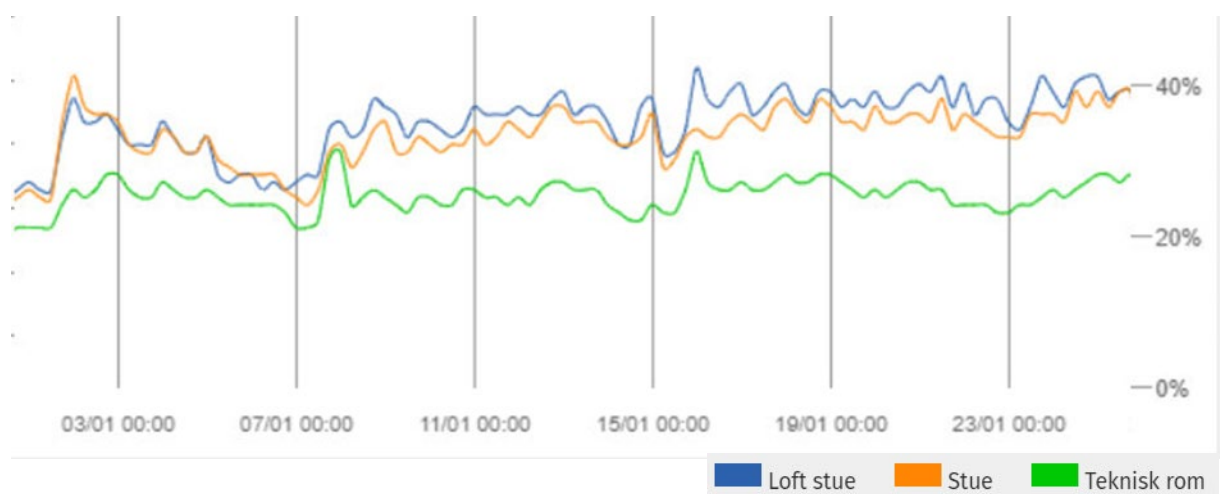
For stue knyttet til planter, så er det synlig i 2022/2023 at rett etter vanning kan luftfuktigheten være rundt 35-40% avhengig av utetemperatur. Dette kan man også se i maks luftfuktighet for både januar og november som er vintermånedene. I perioder der det er under 0 grader synker luftfuktigheten også innendørs selv med vanning. Uten vanning, så er den i underkant av 20%. Tross vanning, kan luftfuktigheten i stue også være på 25% når det er rundt 10-15 minusgrader utendørs. Dette ser man i mars, tross for stor bestand av planter så er maks luftfuktighet i stue 37% opp mot 41 i januar. I mars var det mye kaldere utendørs i forhold til januar. Det er ikke gjort forsøk med å øke plantetallet ytterligere for å se om dette kan øke luftfuktigheten når det er veldig kaldt ute. Men det har vært bortfall av planter i vinterhalvåret, men nye har blitt tilført slik at antallet anses til å ha vært stabilt.

Januar 2018



Figur 42 Luftfuktighet jan. 2018, Verisure

Januar 2023



Figur 43 Luftfuktighet jan. 2023, Verisure

Diskusjon

Om en ser på disse to resultatene sammen som er samme mnd. men fra to ulike år der 2018 er uten planter og 2023 er satt inn planter, ser man at planter har effekt. Også i teknisk rom hvor det ikke har vært planter. Dette forklares med at fuktighet i huset vil forflyttes da balansert ventilasjon skifter ikke bare ut luften i et konkret rom, men systemet er lagt opp også til å sirkulere luften i alle rom i en nyere bolig. Fra at stue og loftstue i 2018 lå rundt 20 % har den økt til å ligge mellom 30-40%. Allikevel er det ikke høyere luftfuktighet i stue i forhold til loftstue hvor det var flest planter. Dette kan forklares med at planteteltet er plassert i et eget rom i andre etasje i soverom 202 (ref. kap. 3.3 plantegning hus). Planteteltet har blitt åpnet og lukket flere ganger gjennom mnd. og har måtte lufte ut luftfuktighet. Denne vil kunne bidra til at sensor i loftstue er høyere en stue som var forventet. Men for å få økt luftfuktigheten til dette nivået, har det blitt plassert inn ca. 88 planter i stueområdet. Dette anses til å være flere enn hva en normal husstand ville kunne ha plass til og kunne ta vare på.

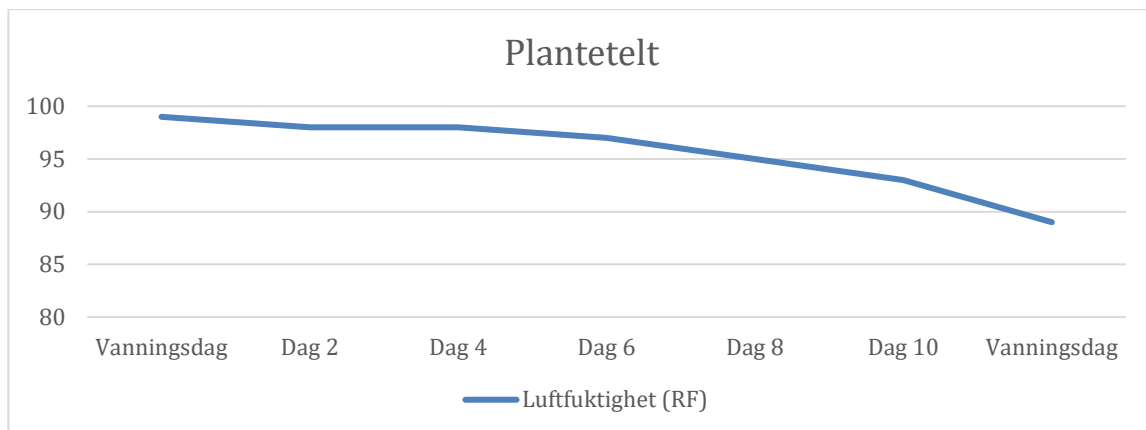
I stuemiljø er det operativt ventilasjonsanlegg som jevnlig skifter ut luften som vil være medvirkende årsak til varierende luftfuktighet. I tillegg så er stuemiljø i mye større grad påvirket av temperaturen utendørs, da luftfuktigheten varierer med temperatur når man måler RF. Når man ser hvor mye planter som har vært med på å bidra til evapotranspirasjon, vil dette kunne være en tilstrekkelig fuktighetskilde for å øke luftfuktigheten til ønsket nivå. I tillegg til en normal prosess hos planter, så er de fleste avhengig av jevn fukttilførsel av vann, da evapotranspirasjon påvirkes av fuktighetsforholdet i jorden som vist til av Ebnes, (2019). Vintersesongen når man trenger mest økning av luftfuktighet, er det mange som heller tørker ut plantene mer grunnet mangel av lys. Det anses at ved normale stueforhold uten videre tiltak for plantene i en husholdninger, så vil ikke kun en normal bestand av planter være nok til å øke luftfuktigheten tilstrekkelig. Det bør gjøres vurderinger om å benytte andre fuktighetskilder i tillegg. Treverk som er i materialer på hus, er hygroskopisk og har mye av de samme funksjoner som planter. Planter vil også gi ut fuktighet når luften blir tørrere. Det er også bevist i forskningsforsøket til Kerchen (2016). Vil da også planter få permanente skader ved for tørr luft, ved at de gir ut mer fuktighet en hva de klarer å ta opp i jordsmonn. Denne konkrete tematikken rundt levende planter er ikke tatt høyde for i forsøket. Selv om det har vært noe plantedød under forsøket. Det kan ikke knyttes konkret opp til luftfuktigheten.

4.5 Målinger case 2

Case 2 innebærer 2 planteskap og et telt for å se på fuktighet som planter kan gi ved mindre og ingen utskiftning av luft. Resultatet som nevnt også i forsøket med evapotranspirasjon av Kerchen(2016) er veldig interessant for også dette forsøket. I deres forsøk har de testet to ulike plantetyper samt kun jordsmonn. I case 2 er det ikke fokus på de ulike plantefamiliene ut fra hvor mye den enkelte evt. kan gi ut av evapotranspirasjon. Det er inkludert hovedsak tropiske planter og ikke sukkulenter, som var ene typen i forsøket oppgitt i kap. 2.8.

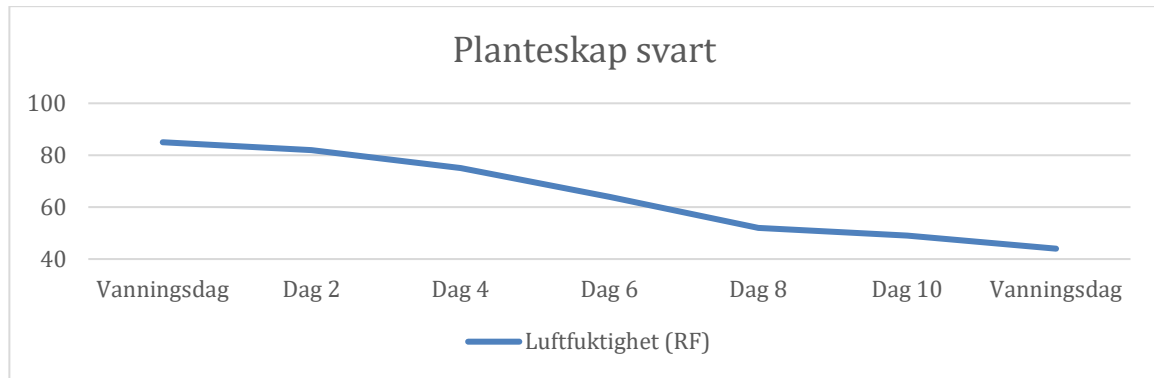
Det klare resultatet først, er at etter hvert som jordsmonn blir tørrere, vil også luftfuktigheten falle. Plantene er avhengig av fuktig jordsmonn for å kunne utføre transpirasjon. I tillegg ut fra teori i kap. 2.8 må plantene ha lys for å transpirere. I forsøket i case 2 har plantene fått jevnt lys og blitt vannet når de har vært lett fuktige. Målingskurven som oppgitt i resultat er dermed gjennomsnittet av registreringer gjort i forsøket.

For sammenligning mellom disse 3, vises det tydelig at planteteltet holder høyere fuktighet. Teltet er tettere en skapene og dermed vil fuktigheten av evapotranspirasjon være mer tydelig i teltet.



Figur 44 Resultat plantetelt

Diskusjon



Figur 45 Resultat planteskap svart

En ser på resultater og sammenligner plantetelt og planteskap svart, som hadde høyest luftfuktighet i forsøket. Det er stor forskjell på fuktighetsnivået i de ulike casene. Når man vurderer forholdene med at planteteltet er mer eller mindre tett i forhold til planteskapet, så var det forventet at det ville være disse forskjellene. Planteteltet holdt jevnt veldig høy luftfuktighet. Det vises kondens på vegger og mot slutten av målingene dryppet det i tillegg fra tak. Dette i tillegg til målingene viser veldig høy luftfuktighet. Det er synlig på målingene også når plantene begynner å bli tørste, så vil også luftfuktighetsnivået synke. Når jordsmonn er tørt, så er det mindre evapotranspirasjon som utføres. Det har ikke vært testet en studie med kun en plante for å se på evt. hvor mye mindre evapotranspirasjon som utføres ved tørrere og tørt jordsmonn. Målingene samlet sett viser at luftfuktigheten vil minske ved disse tilfellene.

I planteteltet holdes luftfuktigheten ganske stabil frem til dag 6. Da starter den å synke mer, men største nedgangen er fra dag 10 til vanning. Rundt dag 8 er flere planter av behov for vanntilførsel. Fra dag 10 har over 50% av plantene behov for vann. Dette tallet vil øke for hver dag. I forkant av forsøket, var det ventet med til alle plantene hadde behov for vann før de ble vannet og målingene ble tatt etter måleplan med hver andre dag frem til dag 12, når over halvparten hadde behov for vanning. Det anses at plantene som er tørre, ikke produserer fuktighet, men fuktigheten som allerede er fordampet holdes i teltet som gjør at luftfuktigheten fortsatt er ganske høy sammenlignet med planteskap svart og planteskap hvit som slipper ut noe luft.

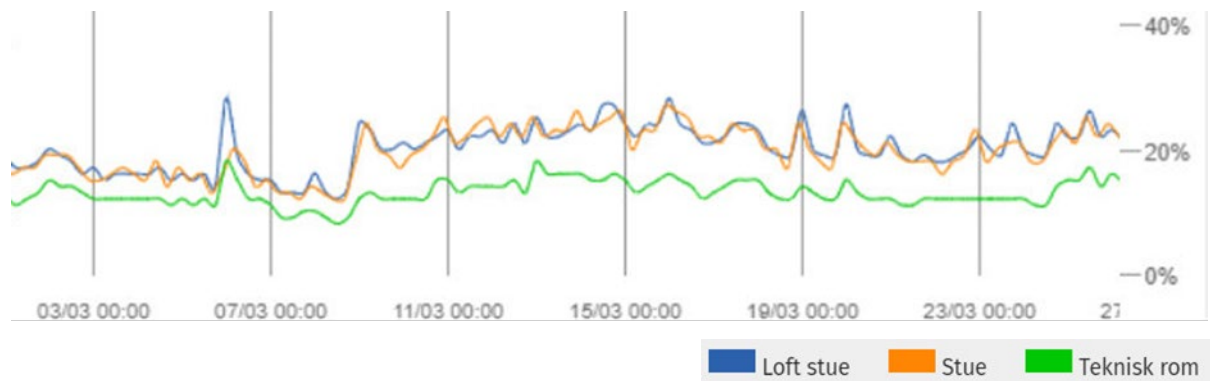
For planteskap svart, så er det en brattere kurve fra dag 4 til dag 8 før det ser ut til å jevnes mer ut. Rundt 55% luftfuktighet har ca. 50% av plantene behov for vann, med tørt jordsmonn. De som ikke har behov for vanning, anses å være de som fortsetter med evapotranspirasjon.

Diskusjon

For skapene så vises det at med flere planter som i svart skap, så vil det bli en høyere luftfuktighet. Plantene bidrar til å øke luftfuktigheten rundt dem. I hvit skap så ligger luftfuktigheten generelt lavere og har mindre planter per cm² i forhold til svart skap. Man ser at plantene har innvirkning på luftfuktighet i bolighus. Utfordringen kan være at utskiftning av luft med ventilasjonsanlegg skjer hurtigere enn hva plantene klarer å produsere av fukt for å opprettholde anbefalt nivå.

4.6 Anbefalinger

Det er fåtall av personer som har kontroll på luftfuktighet i boligen sin. Det er for lite fokus på tørr luft knyttet opp mot de utfordringene det kan ha. Ofte er en mer oppmerksom på om det er fukt i vinduene, mugg på vegger etc. Det har vært mye fokus gjennom årene på elementer med høy luftfuktighet som beboere selv må være oppmerksom på. Det er riktig at det har vært og skal videre også være fokus på dette, når man ser på bygningshistorikk gjennom årene. Man har enda eldre hus uten dampsperre, feilmontert dampsperre, lite isolasjon, for lav utskiftning av luft etc. Men for nyere hus, må man også få mer fokus på tørr luft.



Figur 46 Luftfuktighet inne mars 2018, Verisure

Om man ser på figur for luftfuktighet i mars 2018, så er denne nede i 12%, noe som er veldig tørt og langt under anbefalinger fra både FHI og internasjonalt. Dette anses som normalt i nyere bolighus. I tillegg er det ikke benyttet verken varmepumpe eller vedfyring, noe som mulig kunne fått resultatene enda lavere. Det anbefales at alle har en oversikt og informasjon om luftfuktigheten i boligen sin. Måling av luftfuktighet må kommuniseres enda mer ut til den

Diskusjon

generelle befolkningen. Bolighus er en plass som man oppholder oss rundt 90% av tiden. Både for innemiljø knyttet til både helse og hus-konstruksjonen, så anbefales det at man har en viss kontroll på luftfuktigheten. Det er viktig å vite om den er for høy, som igjen kan være en indikasjon på at man har eller vil få fukt, mugg og råte problematikk og anses til å være ugunstig for materialer og helse. Om dette er tilfellet, anbefales det at man gjør videre undersøkelser for å videre kunne gjøre tiltak før utfordringen blir for stor. Om det er et eldre hus, hvor dampsperre er mangelfull eller det bør gjøres tiltak for bedre utlufting. For nyere hus kan det komme frem at luften er for tørr. Det anbefales at det også signaliseres ut til befolkningen at tørr luft heller ikke er gunstig, da det kan forårsake permanente skader i materialer. Man ser også gjennom internasjonal forskning som er gjort, at det har en effekt på helsen og spesielt luftveier. På denne måten vil det da bli et område som er gunstig for innemiljøet og ligge på. Ikke bare en øvre grense som man må holdes oss under, men også en grense som man bør holde oss over.

5 Oppsummering

Her vil det være en kortere oppsummering av resultater og diskusjon. I kap. 5.1 tar for seg gjennomføringen av oppgaven, kap. 5.2 oppsummering og konklusjon av både litteraturstudiet og de ulike casemålingene, til slutt en vurdering for veien videre.

5.1 Gjennomføring

Gjennomføringen av oppgaven har blitt gjort med litteraturstudie kombinert med casestudiemålinger. Både skap og telt ble etablert i november/desember i 2022 med testkjøring og innsett av planter. Resultatene underveis har påvirket rapportens oppbygging og fokusområder videre til resultater og konklusjon. Før målingene startet, var det en forventning på at bad og vaskerom, som er rom med generelt høyere fuktighetstrykk, ville få en ulik måling i forhold til øvrige rom. Men med vannboren varme og en temperatur som ikke ville falle på vaskerom, ble resultatene feile knyttet opp mot jevnere temperaturer i øvrige rom. På bad har temperaturer vært likere øvrige rom, og målinger viser at det var ganske like data opp mot de øvrige rommene, foruten om tidspunkt rundt dusj. Dette ble ikke ansett som relevant til case studiene og dermed mer fokus på øvrige rom. Teknisk rom er et rom der det ikke er planter, men en god indikasjon på funksjonen av planter knyttet til balansert ventilasjonssystem der luften med fuktighetsinnhold sirkulerer. Teknisk rom har vært gjennom alle resultatet merkbart lavere en øvrige rom. Dette er ikke oppholdsrom og dermed ikke unaturlig at resultater her var lave.

5.2 Konklusjon

5.2.1 Studiegrunnlag

Generell anbefaling knyttet til luftfuktighet har vært mer vag fra FHI og få øvrige gode kilder som er spesifikk på området for lav luftfuktighet. Internasjonalt derimot står anbefalinger sterkere knyttet opp mot mye forskning som er gjort knyttet til lave luftfuktighets verdier, men disse har vært mest knyttet opp mot innemiljø med helse i fokus. Det har blitt gjort en god del forskning i forbindelse med covid-19, da luftfuktighet knyttet til luftveier ble et større fokusområde. For å være mer konkret til tematikken, er det tatt med anbefalinger og fakta tilknyttet til dette fra utvalgte. Generelt er anbefalinger fra flere internasjonale hold ganske like,

Oppsummering

noe som bidro til dette valget. Disse undersøkelsene har gjort at det ble mer fokus på innemiljø og fukt tematikk knyttet til helse i forhold til ulike materialer. Man har i Norge et mer begrenset utvalg på ulike sammensetninger av materialer en hva som er internasjonalt. Arbeidet med selve oppgaven har vært lærerik med mye spennende forskning og tematikker, men som måtte begrenses for å få sammenfattet en helhetlig rapport. Rapporten anses til å være et positivt bidrag til videre arbeid med anbefalinger knyttet til tema.

Historikk og byggeskikk knyttet til fuktighet i bolig: Tidlig med utnyttelse av treverk til bolighus var det naturlig gjennomlufting av konstruksjonen. Det ble først når man begynte å ta inn vann som baderom, økt isolasjon at fukt i bolig ble en utfordring. Ved bruk av dampsperre og balansert ventilasjon ble utfordringen mer fraværende i nyere bolighus. Etter isolasjonstykkelsen økte igjen og balansert ventilasjonsanlegg ble standard, ser man at utfordringen går mot for lav luftfuktighet. Det er i tillegg varslet fra flere hold at det kan knyttes helserisiko og materialutfordringer knyttet til tørt inneklima. Det er også konklusjoner på at luftfuktighet spiller inn på både stress, hud, hår, immunforsvaret, herunder luftveier, i inneklima.

Material i bolighus: Tydelige kriterier fra materialleverandører for min. luftfuktighet til de ulike materialtyper kommer godt frem. Når man også ser på at treverket er hygroskopisk, gir det en forståelse på hvorfor materialleverandører må ha et min. kriterier. Dersom ikke dette følges opp, vil det ikke være grunnlag for reklamasjoner. Samtidig bør man være kritisk til å ha for høy luftfuktighet, da dette også kan skape permanente skader i treverket. En balanse med minimum og maksimum luftfuktighet anbefales. Dette er noe om bør komme tydeligere frem i den generelle anbefalingen til befolkningen.

Inneklima: Inneklima er dermed en viktig faktor for folkehelsen spesielt siden en oppholder seg 90% av tiden innendørs. Det er i dag ingen krav eller forskrift som regulerer luftfuktighet innendørs i bolighus. For inneklima knyttet til helse og stressfaktorer er det tydelig i ulike forskningsrapporter at luftfuktighet har en relevans for inneklima. Disse anses til å være gode studier som vil være en avgjørende faktor for en videre anbefaling i forhold til luftfuktighet.

Anbefalinger for luftfuktighet: Anbefalingene internasjonalt er mellom 30 - 50 %. University hospitals anbefaler over 40% da lavere luftfuktighet vil irritere luftveier og øke risiko for virus og bakterie infeksjoner i hals og lunger. Når man ser på anbefalinger av øvre og nedre grense for luftfuktighet, er det ikke tilstrekkelig å kun se på inneklima. Det må også gjøres vurderinger

Oppsummering

knyttet til materiale med en sikkerhetsgrense samt unngå sopp og råte. FHI anbefaler en nedre grense på 20 % og øvre grense på 40 %. Anbefalinger for University Hospitals og FHI strider på grensene. Det bør gjøres en ny vurdering i Norge basert på nyere forskning.

Planter som fuktighetskilde: Planter transpirerer, med forbehold at faktorer ligger til rette, som igjen gir økt luftfuktighet i bolighus. Planter utfører mest transpirasjon rundt 25 % luftfuktighet og 20 grader. Det er når luftfuktigheten faller under 30 % at vi trenger å få tilført luftfuktighet. Planter er god kilde til høyere luftfuktighet ved lavere omkringliggende luftfuktighet.

5.2.2 Casestudie

Casestudiene har som fellesnevner å teste planter for økt luftfuktighet i bolighus. For å få en ønsket økning av luftfuktighet er det nødvendig å ha flere planter. Hvor mange betinger i størrelsen på huset eller rommene som ønskes å øke luftfuktigheten i. I tillegg til antall planter som utfører evapotranspirasjon, så må plantene ha tilstrekkelig vann/fuktighet i jordsmonnet. Når jordsmonnet tørker ut, stopper produksjon av fuktighet. Videre så må stomata være åpne for å kunne produsere fuktighet. Vinterstid i Norge er det mørkt store deler av døgnet. Nord i landet er det mørkt hele døgnet. Dette gjør at plantene senker produksjon av fuktighet betraktelig. Lyskilde som plantelys vil bidra til å kunne få den luftfuktigheten som vi ønsker.

Stue, teknisk rom og loftstue: Som bemerket i kap. 4.2 fokuseres det hovedsak på stue og loftstue som oppholdsrom i diskusjon. Det gjøres videre også her. Stue og loftstue har hurtig utskifting av balansert ventilasjonsanlegg. Dette vil si at luftfuktigheten som plantene eventuelt produserer vil byttes ut med tørr uteluft i vinterhalvåret hurtig. Det må dermed være planter i mengder som kan produsere nok fuktighet i forhold til hvor stort rommet er og utskifting på ventilasjonsanlegget. Når man ser på januar år 2018 der plante antallet var minimal, viste resultatene at luftfuktigheten lå mellom 10 – 30 % avhengig av temperatur utendørs. Om man ser på januar år 2023 hvor planter var satt inn i stue så ligger luftfuktigheten mellom 30 % - 40 %. Resultatet viser en stor endring i luftfuktigheten i bolighuset. Planter har klart hatt effekt på fuktighetsnivået. For å få endringen, er det plassert ca. 88 planter i stua. Det vurderes til å være flere planter en hva en normal husstand ønsker å ha og ta vare på. Konklusjonen er at planter har effekt, men det må være tilstrekkelig antall planter knyttet til størrelse på boligen eller evt. oppholdsrommet.

Planteskap og plantetelt: Både planteskap og telt, anses til å være mer lukket miljø, hvor en får gjort målingen uten den hurtige utskiftningen av luften som i et åpent rom. I planteskap vil det

Oppsummering

være sprekker som gjør at fuktighet i luften vil skiftes ut noe. I teltet derimot er det et mer lukket miljø vil viser hvor mye evapotranspirasjon plantene kan produsere. I begge planteskapene ligger luftfuktigheten betraktelig høyere enn i stue. Det er tydelig resultat at luften skiftes hurtig ut, i tillegg til at det er flere planter på et mer begrenset areal og rom. Plantene har i tillegg fått jevnt med lys i skapene som gjør at evapotranspirasjon foregår hurtigere. I planteskap svart så er ikke luftfuktigheten lavere en 45% når det er behov for ny vanning. Det vil dermed i dette miljøet holde seg mellom 45 - 85% luftfuktighet. I planteteltet hvor det skiftes ut minimalt med luft i testperiodene, ligger det imellom 87 % - 99 % luftfuktighet. Konklusjonen er at plantene produserer definitivt en mengde fuktighet som blir tilført til luften.

Sammendrag av konklusjon: I rapporten er det medtatt historikk knyttet til utfordring med fuktighet i bolig. Dette for at det har vært en utfordring gjennom tiår med for høy fuktighet i bolighus og med de utfordringene det har medført. Når en videre fokuserer på for lav luftfuktighet i bolighus, må ikke historien glemmes. Når det vurderes tiltak og konsekvenser med for lav luftfuktighet må ikke eventuelle tiltak gjøres i strid med utfordringene som har vært tidligere og fortsatt er i eldre hus konstruksjoner. Det er et faktum i dag at materialer og folkehelse knyttet til inneklimate påvirkes av lav luftfuktighet. Planter har en positiv effekt til inneklimate. De produserer mindre fuktighet når det allerede er høy fuktighet i omgivelsene og produserer mer ved lav fuktighet. De vil også kunne holde fuktighetsnivået mer stabilt på bakgrunn av det. Utfordringen er at det er nødvendig med et stort antall planter for å opprettholde tilstrekkelig luftfuktighet grunnet balansert ventilasjon i nyere bolighus. I tillegg til anbefalinger med planter, bør det ses på andre kilder som kan bidra til regulert tilførsel av fukt i bolighus. Dette kan være eks. luftfuktere.

5.3 Resultatets samfunnsmessige relevans

Utfordringen med luftfuktighet i bolighus berører alle som bor i bolighus i dag, samt fagområder som entreprenører som bygger hus, materialleverandører og de som skal gjøre anbefalinger generelt til befolkningen. Ved at det kommer nyere fakta og forskning vil påvirke at statlige forvaltningsorgan kan videre gjøre konklusjoner og tydeligere vurderinger for å utarbeide nyere rapporter og videre kan komme med mer konkrete anbefalinger.

Det anbefales at kriterier knyttet til materialer har en sammenheng med den generelle anbefalingen for luftfuktighet i bolighus. I tillegg ved å ha mer fokus på en nedre grense og

Oppsummering

konsekvens med for lav luftfuktighet i bolighus, kan dette senke tallet for reklamasjoner i bolighus som er knyttet til uttørking av materialer. Dersom reklamasjonstallet senkes, vil også entreprenører kunne ha mer fokus på videre boligbygging som Norge i dag har stort behov for.

Luftfuktighet har en tilknytning til innemiljø og derav folkehelsen. Ved å ha en tilstrekkelig nedre grense av fuktighetsnivå, kan en også senke stressnivået. I tillegg få en mindre økning av allergier og luftveissykdommer som astma etc. Luftfuktighet spiller inn på hudens elastisitet, og ved å unngå for lav luftfuktighet vil det kunne bli mindre hår og hudproblematikk.

5.4 Videre arbeid

Rapporten har avdekket og referert til en begrenset mengde data som er relevant til tematikken. Til et videre arbeid anbefales det å gjøre en større litteraturstudie for de områdene som er relevant for vårt kalde klima. Det er kommet og kommer stadig nyere forskning knyttet til inneklima og luftfuktighet. Dette spesielt til helseaspektet. Dette kan brukes for en nyere vurdering knyttet til for lav luftfuktighet innendørs i Norge. Anbefalinger for luftfuktighet innendørs bør også ses på i sammenheng med materialer. Eventuelt at det må utvikles nye materialtyper som kan benyttes som standard i bolighus som samsvarer med anbefalt luftfuktighet. Det er spesielt knyttet til anbefaling for nedre grense . Det må være mer fokus fra nasjonalt hold på hva lav luftfuktigheten påvirker av både materialer i hus og folkehelsen. Med å ha mer fokus på dette, bør det også fremkomme tydelige og enkle anbefalinger på hva hver enkelt husholdning kan gjøre for å øke luftfuktigheten dersom den er under anbefalt grense.

For anbefalinger til hvordan en kan øke luftfuktigheten kan dette være en videreutvikling av dagens luftfuktere for å unngå oppsamling av legionella. Selvrensende luftfuktere beregnet til bolighus kan være en anbefaling. I tillegg til klare rutiner på rengjøring og enklere rengjøringsrutiner på dagens luftfuktere. Det bør være en anbefaling å kunne benytte slike i perioder ved kritisk lav luftfuktighet. I tillegg til å fortsette med anbefalingen om økt fokus på planter innendørs.

Oppsummering

6 Referanser

Jostein Mamen, (2021). Köppens klimaklassifisering:

https://snl.no/K%C3%B6ppens_klimaklassifisering (20.02.2023)

Sverre Tronstad, Tret teknisk (2000), Trefokus – Trefuktighet, Tørking

<http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/38-Trefuktighet-torking.pdf> (19.02.2023)

Bergene Holm (u.å.), Tre lever: <https://www.bergeneholm.no/dokumentasjon/tre-lever> (19.02.2023)

Knut Ivar Edvardsen, Kim Robert Lisø og Monica R. Gran (2008), Byggforskserien gjennom femti år: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/nyheter/byggforskserien-gjennom-50-ar-til-nett.pdf> (21.02.2023)

John Einar Thommesen (2014), Unngå sprekker i tregolvne:

https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/fagartikler/byggfakta_4-2014.pdf (21.02.2023)

FHI (2015), Temperatur, fukt og trekk er viktig for kroppens varmebalanse:

[https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklima/artikler-inneklima-og-helseplager/temperatur-fukt-og-trekk-er-viktig- /](https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklima/artikler-inneklima-og-helseplager/temperatur-fukt-og-trekk-er-viktig-/) (21.02.2023)

Anticimex (2015), Nå finner vi mugg på loftet: <https://www.anticimex.no/nyheter/na-finner-vi-mugg-pa-loftet> (25.02.2023)

Robert E. Davis (2015), cold, dry air is associated with influenza and pneumonia mortality in Auckland, New Zealand: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/irv.12369> (21.02.2023)

Han June Park (2022), The effects of indoor temperature and humidity on local transmission of COVID-19 and how it relates to global trends:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9365153/> (25.02.2023)

Peter Grenzer (2022), How Seasonal Variation in Indoor Humidity Affects COVID-19 Transmission: <https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=119304> (25.02.2023)

Anice C. Lowen (2007), Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature:

<https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.0030151> (02.03.2023)

Kumaran K, Sanders C (2008). Annex 41, Whole building heat, air and moisture response, Subtask 3: Boundary conditions and whole building HAM analysis. International Energy Agency.)

Javad Razjouyan (2019) Wellbuilt for wellbeing: Controlling relative humidity in the workplace matters for our health: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12618> (03.03.2023)

Referanser

University Hospitals (2020), The Role of Dry Winter Air in Spreading COVID-19: <https://www.uhhospitals.org/blog/articles/2020/12/the-role-of-dry-winter-air-in-spreading-covid-19> (03.03.2023)

Peng Liu (2022). The use of machine learning to determine moisture recovery in a heat wheel and its impact on indoor moisture: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2988329> (23.02.2023)

Hanne Hegre og Johan Vikan (2022), Landtransport av vann: <https://ndla.no/nb/subject:1:83ce68bc-19c9-4f2b-8dba-caf401428f21/topic:575489ef-0b71-4595-9874-091f8ff4a8ef/resource:8af05056-e6a1-4d60-b85f-8363366e6a9f> (10.03.2023)

Eirick W. Kerchen (2016), Evapotranspirasjon from spider and jade plants can improve relative humidity in an interior environment: <https://krex.k-state.edu/bitstream/handle/2097/35195/803.full.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (18.03.2023)

Direktoratet for byggkvalitet (2017) § 13-2 VTEK17: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-2> (15.03.2023)

Audun Øvrum og Bjørn Jacobsen (2002), innvendig panel: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/9-Innvendig-panel.pdf> (15.03.2023)

Smartpanel, FDV-dokumentasjon (u.a.): <https://media.bluestonepim.com/b02dd1a9-14a8-416e-9133-e1c1c1da9b6b/92c15925-caf9-4704-ae56-ab1d97557b76/BMRRZKIHZWGNIOLKeoAzM2Ztw/exgWB6HvXNiBNz7wUGA1rLDbN.pdf> (15.03.2023)

Parkettgruppen (u.a.) Parkettgulv - FDV-dokumentasjon: http://www.parkettgruppen.no/uploads/9/3/5/0/93509114/03_bevegelse_og_endring_i_relativ_luftfuktighet.pdf (15.03.2023)

Audun Øvrum (2012) Heltregulv, Fokus på tre: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/7-Heltregulv.pdf> (15.03.2023)

Jan Eivind Myhre (2020), Dagligliv og levevilkår: <https://www.norghistorie.no/industrialisering-og-demokrati/1521-dagligliv-og-levekar.html> (16.03.2023)

Hilde Sandvik (2020), Hvordan bodde folk på 1800-tallet: <https://www.norghistorie.no/grunnlov-og-ny-union/1319-hvordan-bodde-folk-pa-1800-tallet.html> (16.03.2023)

Leanne Koster (2016), Indoor humidity and your family's health: <https://www.nationalasthma.org.au/news/2016/indoor-humidity> (29.03.2023)

Rebecca Joy Stanborough (2020), 8 ways dry air can affect your health: <https://www.healthline.com/health/dry-air> (29.03.2023)

Referanser

- Olle Christer Stenby (2021), Hva skjedde med husene og håndverket i 1950:
<https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/byggeskikk/hva-skjedde-1950> (29.03.2023)
- SINTEF (2007), Småhus som tilfredsstiller energikravene i TEK-2007:
<https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/2007tek.pdf> (14.04.2023)
- Peder Wolkoff (2018), The mystery of dry indoor air – An overview, Hentet mars 29, 2023 fra Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018320725>
- Johan Mattsson (2022), Unngå skader når du etterisolerer:
<https://www.byggogbevar.no/enok/artikler/unngaa-skader-naar-du-etterisolerer> (14.04.2023)
- Rune Becher (2016), Råd for godt inneklime i boligen:
<https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklime/fremhevede-artikler-inneklime-og-helse/godt-inneklime-brosjyre/> (14.04.2023)
- Kristian Ebnes (2019), Modelling av evapotranspirasjon med observasjoner fra klimastasjonen på Ås: unit: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2602118/Masteroppgave%20-%20Kristian%20Ebnes%20Ferdig.pdf?sequence=1> (14.04.2023)
- Endre Berner jr., (2021), Evapotranspirasjon i Store norske leksikon:
<https://snl.no/evapotranspirasjon> (29.04.2023)
- Jan Vincent Thue (2022), Hus i Store norske leksikon: <https://snl.no/hus> (03.05.2023)
- Gulvfakta (2022), Fakta om laminatgulv: <https://gulvfakta.no/fakta-om-laminatgulv> (29.04.2023)
- Sigurd Eide (2009), Innvendig listverk: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-patre/13-Innvendig-listverk.pdf> (03.05.2023)
- European Commission (2003), Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_03_1278 (03.05.2023)
- Georg Mathisen (2021), Vil ikke anbefale befuktning: <https://www.nemitek.no/befuktning-fhi-inneklime/vil-ikke-anbefale-befuktning/145819> (03.05.2023)
- EPA (2022), Mold course Chapter 2: <https://www.epa.gov/mold/mold-course-chapter-2> (03.05.2023)
- Sverre Bjørn Holøs (2023), Fuktige somre og knusktørre vintere: Dilemmaer innen boligventilasjon: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2023/fuktige-somre-og-knusktorre-vintere-dilemmaer-innen-boligventilasjon/> (03.05.2023)
- Sverre Bjørn Holøs (2015), Når inneklime blir for tørt, hentet 03.05.2023 fra SINTEF Byggforsk:

Referanser

<https://www.sintef.no/contentassets/0657a3ad3a4c4b718a30ddd56ff7f3c5/2015/09-nar-inneklima-blir-for-tort-sverre-holos.pdf> (03.05.2023)

SSB (2010), De fleste bor romslig i eide boliger: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/de-fleste-bor-romslig-i-eide-boliger> (03.05.2023)

Condair (2018) MUSEUM, ART AND HERITAGE HUMIDIFICATION:
<https://www.condair.no/m/0/museum-art-and-heritage-humidification-brochure-en-rt.pdf>
(03.05.2023)

Chartered Institution of building service Engineers(CIBSE) (2019), Indoor air quality, humidity and thermal conditions: CIBSE review of recent research and guidance in criteria and solutions: <https://arrow.tudublin.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1063&context=sdar>
(03.05.2023)

NASA (1989), Interior Landscape Plants for indoor Air Pollution Abatement:
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19930073077/downloads/19930073077.pdf> (05.05.2023)

Endre Berner Jr. (2020) Transpirasjon (botanikk) i Store norske leksikon:
https://snl.no/transpirasjon_-_botanikk (05.05.2023)

Vedlegg



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

MASTEROPPGAVE

for

Mona Hansen

(Studentnummer 530580)

Vår 2023

Luftfuktighet i bolighus

(Air humidity in dwelling houses)

Bakgrunn

Luftfuktighet i bolighus er et omstridt tema. Mens husene tidligere hadde lite isolasjon og naturlig utlufting med tidvis høy luftfuktighet, er de i dag gått over til å være så tette som mulig. I dag er det helt nødvendig med mekanisk ventilasjon hvor luften skiftes ut fortløpende. Uteluften varierer i stor grad i Norge når det gjelder luftfuktighet. Fra fuktig deler av sommerhalvåret til veldig tørt på vinteren. Folkehelseinstituttet (FHI) og flere andre aktører fraråder bruk av eksempelvis luftfukter. Det oppfordres heller til å åpne dører til bad og vaskeroms og øke antall grønnpplanter innendørs. I oppgaven vil det bli gjort et casestudie for å undersøke om det er tilstrekkelig å øke antall planter og åpne dører for å øke luftfuktigheten i nye boliger. Videre oppleves det at i tørre hus sprekker gulv og listverk. Det er derfor motstridig hva hus-entreprenører og privatpersoner skal forholde seg til. Det er flere henvendelser til byggentreprenører og reklamasjoner på gulv. Dette knyttes opp til for lav luftfuktighet og hos gulvleverandører er det ikke mulig med reklamasjon dersom luftfuktigheten er for lav ettersom det vises til minimumskrav på luftfuktighet.

Et litteraturstudie bli utført for å ta rede på hvordan varierende luftfuktighet påvirker trevirke i boliger, i tillegg til mulige utfordringer knyttet til fukt i boligens klimaskjerm som følge av økte krav til isolasjonstykkel. Videre opplever flere å få allergier, astma, plager med luftveier, hud og hår – spesielt i vinterhalvåret. Innemiljøets betydning knyttet til disse utfordringene skal undersøkes og i hvilken grad de kan relateres til luftfuktighet. Litteraturstudiet vil omfatte aktuell forskning på innemiljø og luftfuktighet både nasjonalt og internasjonalt.

Det skal gjøres et casestudie av luftfuktighet over tid i et nyere bolighus med balansert ventilasjon, bygd etter TEK10. Det omfatter målinger på vaskerom, bad, stue og områder med høy tetthet av planter. Det skal også gjøres målinger i lukket miljø med lavt luftskifte og planter.

Begrensning av oppgaven

Fokus i oppgaven vil være luftfuktighet i eneboliger sett i sammenheng med vanlig benyttede trematerialer og inneklima.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Historikk om byggeskikk knyttet til utfordringer med fuktighet i boliger.
3. Generelt om luftfuktighet, påvirkning på ulike typer materialer, fordeler/ulemper.
4. Litteraturstudie innen nasjonalt og internasjonalt forskningsarbeid om inneklime og luftfuktighet i boliger i kaldt klima.
5. Case studie i enebolig med balansert ventilasjon i ulike rom, herunder uventilert rom (lukket miljø) med planter.
6. Det skal utarbeides en vitenskapelig artikkel/paper basert på besvarelsen, maks 10 sider. (Artikkelen kan sees på som er kortversjon av hele besvarelsen.)

Samarbeidspartner

Oppgaven er initiert av oppgaveskriver.

Generelt

Senest 14 dager etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid være ferdigstilt og levert i form av en forstudierapport. Forstudierapporten skal godkjennes av veileder før kandidaten har anledning til å fortsette på resten av hovedoppgaven. Det innledende arbeid skal være en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i hovedoppgaven og skal inneholde:

- Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
- Definisjon i forhold til begrensninger og omfang av oppgaven.
- Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven med definisjoner av arbeidsoppgavenes innhold og omfang.
- En tidsplan for framdriften av prosjektet.

Sluttrapporten skal være vitenskapelig oppbygget med tanke på litteraturstudie, arbeidsmetodikk, kildehenvisninger etc. Alle beregninger og valgte løsninger må dokumenteres og argumenteres for. Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, referanser, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logisk argumentasjonsrekker. I tillegg til norsk tittel skal det være en engelsk tittel på oppgaven. Oppgaveteksten skal være en del av besvarelsen (plasseres foran Forord).

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare/kildekoder eller fysisk utstyr, er å betrakte som en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato:	09.01.2023
Innleveringsdato:	15.05.2023
Veileder UiT - IVT:	Førsteamanuensis Svein-Erik Sveen T: 76 96 62 47, M: 414 25 654 E-post: svein-erik.sveen@uit.no

UiT – Norges Arktiske Universitet
Institutt for bygg, energi og materialteknologi



Svein-Erik Sveen
Faglig ansvarlig/veileder

