

Fugttekniske undersøgelser

i 5 lejemål

BO-VEST, afdeling Galgebakken



af

Casper Roland Norling, indeklimachef, cand. polyt.

SBMI 20549

30. september 2016

Indhold

1. Sagsoplysninger	3
2. Konklusion og anbefalinger	4
2.1. Konklusion	4
2.2. Anbefalinger	5
3. Baggrund.....	6
4. Bygningsbeskrivelse, fremgangsmåde og undersøgelsesbeskrivelse.....	6
4.1. Bygningsbeskrivelse.....	6
4.1.1. Arbejdsskitser (ej målfaste).....	7
4.2. Fremgangsmåde	8
4.3. Undersøgelsesbeskrivelse	9
4.3.1. Visuel gennemgang	9
4.3.2. Måling af hygrotermiske variable	9
4.3.3. Fugtscanning med kapacitiv fugtscanner (Gann).....	9
4.3.4. Træfugtmålinger.....	9
4.3.5. Mikrosvampe (skimmelsvamp)	10
4.3.6. In situ porefugtmålinger.....	10
5. Resultater.....	11
5.1. Visuel inspektion	11
5.2. Hygrotermiske variabler (temperatur og relativ luftfugtighed)	11
5.3. Fugtscanning og træfugtmålinger	12
5.4. Porefugtmålinger.....	12
5.5. Luftbårne mikrosvampesporer	13
5.6. Mikrosvampevækst på konstruktioner (tapeaftryk)	13
5.7. Sammenfatning af resultater.....	14
Bilag 1. Metodebeskrivelser	15
Bilag 2. Analyse- og måleresultater	17

Forsidebillede: Hultagning i gulv samt fugtlogger, Galgebakken, Skrænt 3,5.

1. Sagsoplysninger

Udførende	Skandinavisk Bio-Medicinsk Institut A/S Rungstedvej 21 2970 Hørsholm Att: Casper Roland Sandersen (CRN) e-mail: crn@sbmi.dk
Klient	BO-VEST Malervangen 1 2600 Glostrup Att: Jørgen Bach e-mail: jba@bo-vest.dk
Rådgiver	NOVA5 Arkitekter Æbeløgade 4, 2. sal 2100 København Ø. Att: Lars Vind Scheerer E-mail: lvs@nova5.dk
Leveringsadresse	BO-VEST, afdeling Galgebakken 2620 Albertslund
Vedrørende:	Fugttekniske undersøgelser i gulv- og sokkelkonstruktion i 5 udvalgte lejemål i Galgebakken som opfølgning på SBMI-rapport 20128 af 31. maj 2016.

2. Konklusion og anbefalinger

2.1. Konklusion

Denne rapport er en opfølgning på SBMI-rapport 20128 af 31. maj 2016. Dertil kommer SBMI-rapport 18137 af maj 2014, hvor udvalgte boliger ligeledes blev undersøgt.

Der er i denne omgang ved undersøgelser i 5 udvalgte boliger i Galgebakken konstateret følgende:

- Der blev ved inspektionen ikke konstateret synlige forhold, som indikerede problemer i relation til fugt og skimmelsvampe. Dette var hverken tilfældet over eller under gulve.
- Der kunne ved destruktiv åbning af gulvet nær facade og skillevægge konstateres, at der ikke er udlagt fugtspærre mellem både lette/tunge ydervægge og sokkel og heller ikke mellem indervægge og fundament. Manglen på fugtspærre udgør en risiko for opstigende fugt nedefra, hvor konstruktioner i tidligere kælderundersøgelser har vist sig at fremstå med opfugtning helt op til underside af betondæk flere steder i bebyggelsen.
- Der blev målt forhold under gulvene, som kan medføre risiko for vækst af skimmelsvampe i lidt under halvdelen af de udførte åbninger. Der er både påvist fugtindhold i luften under gulvene samt porefugtindhold i betondækket, som kan opfylde skimmelsvampes fugtkrav. Således blev der i 4 af de 13 åbninger målt et fugtindhold i luften under gulvene på over 75 %, mens der i 6 af 13 åbninger blev målt et porefugtindhold på over 75 % i den øverste del af betondækket. Variationerne gør, at der periodevis er et højere fugtniveau under gulvene end ønsket i forhold til skimmelrisikoen. Det kan således ikke afvises, at der lokalt og periodevist kan forekomme vækst af skimmelsvamp nogle steder, men det er ikke påvist i denne undersøgelse.
- Eftersom der i denne undersøgelse er foretaget målinger i de 5 "værste" boliger i relation til opfugtning i kældre, kan resultaterne ikke forventes at være repræsentative for bebyggelsen, men det er sandsynligt, at der findes lignende forhold mange andre steder i bebyggelsen.
- Det vurderes, at de største problemer i relation til skimmelvækst i boligerne i Galgebakken er kuldebroer mellem sokler og ydervægge, hvilket er dokumenteret i SBMI-rapport 18137 af maj 2014. Indtrængning af fugt nedefra eller udefra kan være medvirkende til at risikoen forhøjes. Det skal derfor sikres, at der udføres byggetekniske ændringer, der kan eliminere begge årsager.

2.2. anbefalinger

Ud fra undersøgelserne i denne og tidligere rapporter anbefales det, at:

- Eftersom det tidligere (maj 2014) er konstateret, at bebyggelsen fremstår med betydelige kuldebroer i relation til samlingen mellem sokkel og ydervæg, bør der udføres sokkelisolering, så kuldebroer omkring sammenbygningen mellem ydevægge, sokler og dækelementer reduceres. I samme omfang tættes sokler mod evt. indtrængende overfladevand udefra.
- Der bør udføres omfangsdræn af samtlige lejemål i bebyggelsen. Herunder sikres det, at der er korrekt afledning af overfladevand, så dette føres væk fra facaderne på alle sider af bygningerne.
- For at sikre, at den interne fugtbelastning og luftskiftet i boligerne har et acceptabelt samspil bør der installeres balanceret mekanisk ventilation i boligerne. Ventilationsanlægget skal være balanceret, da der ikke må skabes undertryk i boligerne, så der opstår risiko for, at der kan trækkes "falsk" luft gennem revner og sprækker fra krybekældrene og ind i boligerne. Det er specielt vigtigt med et mekanisk ventilationsanlæg, hvis der i forbindelse med en renovering foretages udskiftning af vinduer og døre.

Har I spørgsmål eller kommentarer til rapporten eller behov for yderligere rådgivning, er I velkommen til at kontakte os.

Hørsholm, 30. september 2016



Casper Roland Sandersen, indeklimatek, cand. polyt.

3. Baggrund

I forbindelse med en større renovering af BO-VEST afdelingen Galgebakken er der foretaget undersøgelser i 25 udvalgte krybekældre. Undersøgelsen er dokumenteret i SBMI-rapport 20128 af 31. maj 2016.

Den tidligere rapport har identificeret flere boliger, hvor der er risiko for fugtrelateret påvirkning af konstruktioner, som muligvis er i direkte kontakt med indeklimaet.

Derfor er det nødvendigt at foretage yderligere undersøgelser i udvalgte boliger for at af- eller bekræfte, om fugtforhold i krybekældrene og bygningskonstruktionerne påvirker indeklimaet i uhensigtsmæssig grad.

4. Bygningsbeskrivelse, fremgangsmåde og undersøgelsesbeskrivelse

4.1. Bygningsbeskrivelse

Galgebakken ligger i Albertslund og er opført i 1972-74. Boligerne er opført i brun beton med tilslag af bornholmsk granit. Derudover er der lette facader af eternit, malet i forskellige farver.

Der er i alt ca. 600 boliger fordelt på rækkehuse i to etager i forskellige størrelser, gårdhuse i ét plan og et mindre antal ungdomsboliger med ét rum. De største boliger er på op til 130 m².

Krybekældrene er for de flestes vedkommende udført med støbte betonydervægge/-fundamenter. Bunden i kældrene er af jord/grus, hvorpå der i de fleste kældre er udlagt en plasticmembran for at hindre fugtpåvirkning. Plastranen er dog ikke udlagt under samtlige boliger og siderum, og der er således stor variation i udbredelsen samt den aktuelle tilstand.

Under gårdhusene er kældrene sammenhængende under 2-4 huse, mens kældrene i rækkehusene strækker sig under op til 14 boliger.

Ifølge tegningsmateriale er dæk mellem krybekælder og bolig udført som 185 mm huldækelement. Ovenpå dækket er lagt 75 mm isolering og 22 mm bølgeparket-gulv, som er lagt på opklodsede strøer. Ifølge tegningsmaterialet skulle der være ca. 20 mm hulrum mellem underside af bølgeparket-gulvet og oversiden af isoleringslaget. Dette har dog ikke været tilfældet alle de steder, hvor der er foretaget åbning af gulvet. Flere steder har hele hulrummet mellem betondæk og bølgeparket været udfyldt af isolering.

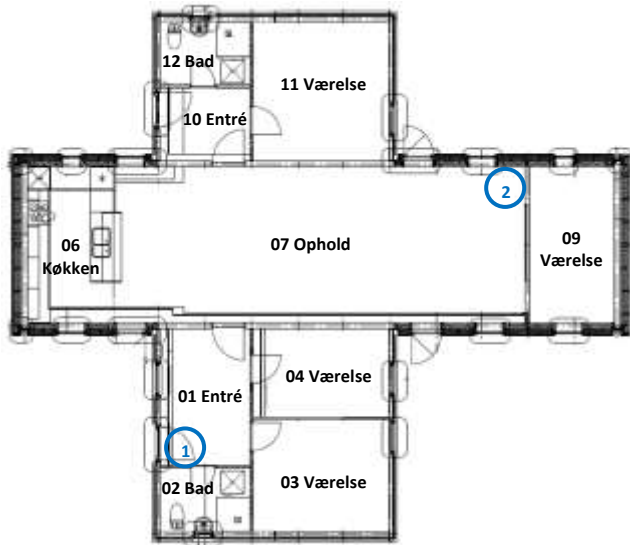
Planskitser over de udvalgte lejemål kan ses på næste side, hvor ruminddeling også er opført.

4.1.1. Arbejdsskitser (ej målfaste)

Bygningerne i Galgebakken er inddelt tre hovedtyper, A, B og C. Nedenstående rumbetegnelser er benyttet ved undersøgelse i denne rapport, og der er på skitserne angivet, hvor der er foretaget destruktive åbninger i gulvene (markeret med blå ring):

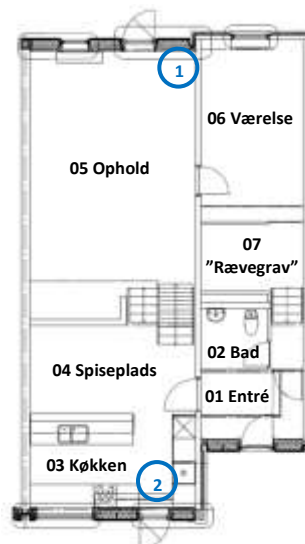
Bygningstype A:

(Vester 7,3)



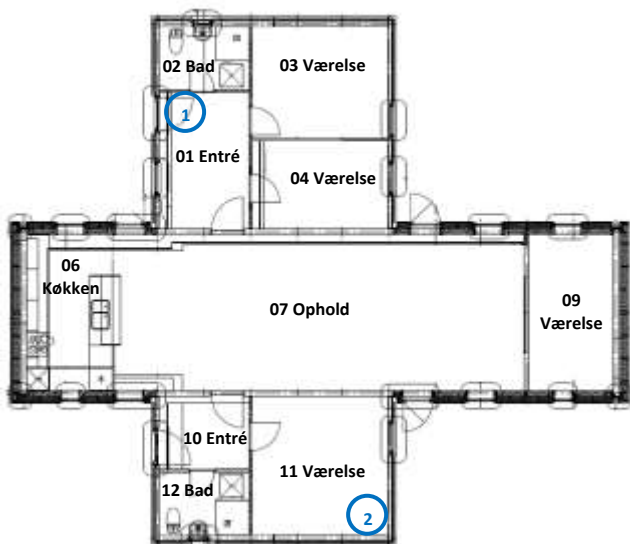
Bygningstype B:

(Vester 4,4)



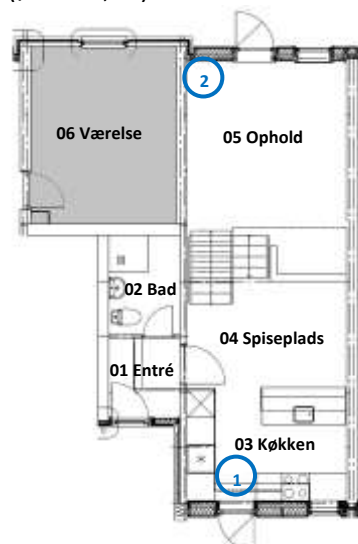
Bygningstype A_s (A spejlvendt):

(Over 1,2)



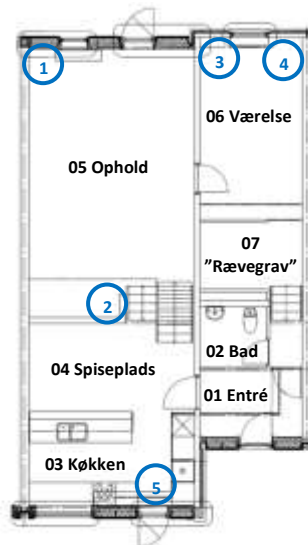
Bygningstype C_s (C spejlvendt):

(Øster 7,14)



Bygningstype B:

(Skrænt 3,5)

**4.2. Fremgangsmåde**

Der er udvalgt i alt 5 boliger til undersøgelsen. Udvælgelsen er sket på baggrund af resultaterne i SBMI-rapport 20128. Boligen Skrænt 3,5 er en prøvebolig, hvorfor der i denne er foretaget længerevarende og grundigere undersøgelser end i de resterende 4 boliger. Ligeledes er større destruktive undersøgelser udelukkende foretaget i prøveboligen.

I forbindelse med undersøgelserne er der foretaget følgende i samtlige 5 boliger:

- Visuel inspektion samt fotodokumentation af områder som har relation til opfugtede områder i underliggende krybekælder.
- Udtagning af én luftprøve i indeklimaet i hver bolig for undersøgelse af koncentrationen af luftbårne skimmelsporer.
- Udtagning af luftprøver under gulv ved hjælp af 8 mm borehuller til screening for mikrosvampevækst under gulv.
- Destruktiv åbning af gulve (Ø100 mm) for fugtmålinger på og i konstruktioner. Tunge konstruktioner undersøges med kapacitiv fugtscanner mens trækonstruktioner undersøges med indstiksmålere. Fugt og temperatur i hulrum under gulv undersøges med datalogger over ca. 1 uge.
- Udtagning af tapeaftryk på risikoområder (støvdække på betondæk samt trækonstruktioner) til undersøgelse for skimmelvækst.
- Indbygning af fugtmålere i betondæk for præcis måling af porefugtindholdet i betonen ved ækvilibrering over en uge.
- Huller i gulve afproppes med tilpassede træpropper.

Undersøgelbeskrivelse kan ses på de næste sider og udvidet metodebeskrivelse kan ses i bilag 1.

4.3. Undersøgelsesbeskrivelse

Undersøgelserne i prøveboligen blev påbegyndt den 14. juli 2017 mens de resterende 4 boliger blev påbegyndt den 11. august 2016. Undersøgelserne blev afsluttet den 18. august 2016 i alle 5 boliger.

4.3.1. Visuel gennemgang

I forbindelse med den visuelle gennemgang bliver der noteret forhold, som kan have indflydelse på forholdene i boligerne. Herunder gennemgås alle tilgængelige overflader i relation til gulvkonstruktionen for misfarvninger og skjolder, som kan være et resultat af enten mikrosvampe eller fugtskader.

4.3.2. Måling af hygrotermiske variable

Temperatur og relativ luftfugtighed målt såvel i rumluften som under gulvene i de udvalgte lejemål ved datalogning over godt en uge. Derudover er der målt på udeluft (reference).

Vandampkoncentration og vanddampoverskud i boligerne, både i rumluft og under gulve, relativt til ude er på den baggrund beregnet.

4.3.3. Fugtscanning med kapacitiv fugtscanner (Gann)

Ved fugtscanning af tunge konstruktioner (beton, mursten og lignende) med kapacitiv fugtmåler fås en indikation af, hvor meget fugt, der er i den yderste del af materialerne (ned til 2-3 cm dybde). Ved indeværende undersøgelse er der anvendt en Gann Hydromette Compact LB, hvor resultatet af målingen angives på en arbitrær skala fra 1-199 digits. Ved scanning af tunge konstruktioner som f.eks. beton eller murværk, kan som tommelfingerregel regnes med, at niveauer under 80 digits er tørre. Målinger mellem 80 og 100 digits angiver lettere opfugtede materialer, mens målinger over 100 digits indikerer opfugtede materialer.

4.3.4. Træfugtmålinger

Ved måling af træfugt i konstruktioner (gulve, døre og fodpaneler) kan der f.eks. identificeres områder, hvor utætheder eller anden fugttilførsel har forårsaget opfugtning af konstruktionerne. Indendørs bør der ikke være over 15 % fugt i træværk på noget tidspunkt af året. Fremstår konstruktioner med over 16 % træfugtindhold, er der risiko for vækst af mikrosvampe på overfladerne. Kommer niveauet over 20 % er der tilmed risiko for rådskader og vækst af trænedbrydende svampe.

4.3.5. Mikrosvampe (skimmelsvamp)

Luftbårne mikrosvampe

Mængden af luftbårne mikrosvampe varierer meget fra dag til dag og henover sæsonen. Derfor har det stor betydning ved vurdering af luftprøver, at der foretages samtidig måling af de udendørs forhold på måletidspunktet. Herved kan prøver fra boligerne holdes op mod udereferencen, hvorved eventuelle uregelmæssigheder kan indikeres.

Ved Air-O-Cell®-metoden suges en kendt luftmængde gennem en kassette, som tilbageholder partikler af sporestørrelse og større. Herefter kan der foretages mikroskopianalyse af de tilbageholdte partikler og antallet af mikrosvampesporer i luften kan kvantificeres og karakteriseres.

Verificering af mikrosvampevækst (Scotch-tape metoden)

Det er ikke altid, at konstaterede misfarvninger på synlige flader skyldes vækst af mikrosvampe (skimmelsvamp). Derfor udtages aftryk med Scotch-tape, som derefter analyseres under mikroskop. Ved mikroskoperingen kan det konstateres, om misfarvningerne skyldes aktiv vækst af mikrosvampe, udtørret/behandlet vækst af mikrosvampe, partikelimpaktion, støv m.m.

Ligeledes er det ikke altid, at vækst af mikrosvampe er synligt med det blotte øje. Derfor udtages ofte tapeaftryk på erfaringsmæssigt kritiske steder, for undersøgelse af aktiv eller begyndende vækst af mikrosvampe.

I denne undersøgelse er der systematisk udtaget tapeaftryk på underside af trægulv samt af støvdække på betondæk, da disse erfaringsmæssigt er vurderet til de kritiske lokationer i relation til skimmelvækst.

4.3.6. In situ porefugtmålinger

Ved porefugtmålinger fås en forholdsvis præcis måling af fugtindholdet i den del af betonkonstruktionen, som ønskes undersøgt. En elektrode indbygges i den ønskede dybde i konstruktionen, hvorefter denne skal opnå en ligevægt med omgivelserne inden der foretages en aflæsning. Således indeholder det hulrum, der måles i, netop det relative fugtindhold, som er i den omkransende konstruktions porer. Metoden er specielt udbredt ved udlægning af nye gulve, hvor der er strenge krav til restfugtindhold i betondækket.

5. Resultater

5.1. Visuel inspektion

Ved den visuelle inspektion blev de områder, hvor der i de underliggende krybekældre blev konstateret højest opfugtning under dækelementet, undersøgt for misfarvninger eller andre tegn på skader, som kunne henledes til opstigende fugt gennem konstruktionerne. Ved denne inspektion blev der ikke konstateret forhold i nogle af de 5 udvalgte boliger, som kunne antyde påvirkning nedefra.

Under gulve blev det konstateret, at der reelt ikke var det hulrum mellem isolering og underside af gulv, som tegningerne viste. Dette udgør umiddelbart ikke et problem, hvis det er sikret, at krybekældrene er frostfri, og at der ikke kan trænge fugt op gennem konstruktionen.

Der blev flere steder konstateret en markant fugtig og jordslået lugt i åbningerne i gulvet, hvilket indikerer, at der kan være fugtrelaterede problemer under disse.

5.2. Hygrotermiske variabler (temperatur og relativ luftfugtighed)

Der blev foretaget logning af temperatur og relativ luftfugtighed både under gulvene i de udvalgte boliger samt i rumluften. Dette var for at undersøge, om boligerne fremstod med en uhensigtsmæssig høj fugtbelastning, muligvis påvirket nedefra.

Af resultatskemaet i bilag 2 kan det ses, at temperaturniveauet i de undersøgte boliger lå relativt jævnt, på omkring 21,5-23,5 °C. Den relative luftfugtighed i boligerne varierede lidt mere, fra 50,6 til 64,9 %.

Umiddelbart er et niveau omkring 50-65 % ikke unormalt i indeklimaet på undersøgelsestidspunktet, hvorfor der ikke er indikationer af unormal fugttilførsel i boligerne. Dette ses også af, at der i måleperioden gennemsnitligt var et vanddampoverskud på 0,0 til 2,5 gram vand pr. m³ luft i boligerne. Dette er normalt og fuldt ud acceptabelt.

Ved logningen under gulvene blev der konstateret store variationer i fugtindholdet. Dette varierede både boligerne imellem og internt i de forskellige boliger. Årsagen til, at der kan forekomme så store variationer skal formentlig findes i, at der ikke er det omtalte lufthulrum under gulvene og derfor ringe luftcirkulation. Dette gør, at hvert lille område under gulvene i teorien kan fremstå med hvert sit lokale fugtniveau, hvilket medfører, at der kan være problemer i relation til fugten nogle steder, men ikke andre steder under gulvet i boligerne.

Der blev i alt foretaget 13 åbninger i gulvene. I disse blev der målt et rimeligt jævnt temperaturniveau (18,4 til 21,1 °C) mens fugtniveauet varierede fra 66,2 til 83,1 %. En relativ luftfugtighed på over 75 % medfører risiko for vækst af skimmelsvampe. Dette niveau blev konstateret i 6 af de 13 åbninger, hvilket svarer til 46 % af tilfældene.

Af resultattabellen ses det også, at der i 9 af de 13 (69 %) åbninger af gulvet kunne konstateres et højere vanddampoverskud end i rumluften, hvilket indikerer, at der foregår en fugtpåvirkning af konstruktionen nedefra, udefra eller en kombination af disse.

5.3. Fugtscanning og træfugtmålinger

Fugtscanning af konstruktioner i de undersøgte boliger viste ved stikprøver ingen opfugtning på yder- eller skillevægge. Derudover blev der foretaget målinger på betondækkene gennem de åbninger, der blev foretaget i trægulvene. Kun i et enkelt tilfælde blev der målt Gann-værdier, som indikerede lettere opfugtning af betondækket (90-95). De resterende målinger viste, at der på undersøgelsestidspunktet ikke var tegn på betydende opfugtning af betondækkene (55-80 Gann-værdier).

Der blev i forbindelse med åbning i trægulvene foretaget træfugtmålinger med Gann indstiksmåler for undersøgelse af evt. opfugtede trækonstruktioner. Generelt kunne der kun måles i overside og underside af bølgeparket-gulvet, mens der enkelte steder kunne foretages målinger i gulvstrøer.

Målingerne viste overordnet, at der ikke var målbar opfugtning af gulvene i forhold til, hvad der er forventet for årstiden. På undersøgelsestidspunktet var det forventeligt med ca. 13 % træfugtindhold¹. Der er risiko for vækst af skimmelsvampe ved et træfugtindhold på over 15 %, hvilket ikke blev målt i nogle af de udførte åbninger.

Stikprøver andre steder i relation til gulvnære konstruktionsdele i de undersøgte boliger viste heller ingen områder med opfugtning ud over det forventede. Således fremstod lette og tunge ydervægge med lave Gann-værdier (under 60) og der var et forventet træfugtindhold (under 13 %) i fodpaneler og, gerigter og døre. Således er der ikke indikation af, at der på undersøgelsestidspunktet var forhold, som medfører opfugtning af gulvkonstruktionen i nogle af de udvalgte boliger.

5.4. Porefugtmålinger

Til endelig verificering af fugtindholdet i betondækkene blev der indbygget udstyr til måling af porefugtindholdet i betonen. Måleudstyret blev indbygget i ca. 30 mm dybde. Denne målemetode er betydelig mere retvisende end fugtscanningen, og benyttes også ved fugtmålinger i forbindelse med lægning af nye gulve.

Porefugtmålingerne blev udført i alle åbninger i gulvet, og det blev konstateret, at der i 6 af de 13 åbninger kunne måles et fugtindhold i betonens poreluft på et niveau, hvor skimmelsvampe kan etableres (over 75 % relativ luftfugtighed). Målingerne viste samtidig en relativt ensartet temperatur i betondækkene på mellem 17 og 20 °C. Temperaturniveauet er dermed acceptabelt, og skyldes i høj grad, at der er en lettere opvarmet krybekælder under boligerne.

¹ By og Byg Anvisning 204 "Undersøgelse og vurdering af fugt og skimmelsvampe i bygninger, 1. udgave, 2003, figur 53, side 73.

5.5. Luftbårne mikrosvampesporer

I samtlige boliger blev der indledningsvist foretaget målinger for koncentrationen af luftbårne skimmelsporer i rumluft og under gulve. Der blev ved hjælp af "sugesnabel" udtaget luftprøver under gulvene gennem 8 mm borehuller ved samtlige lokaliteter, hvor der efterfølgende blev åbnet for inspektion m.m. Eftersom det efterfølgende blev konstateret, at der ikke var det ventede hulrum under gulvene, skal luftmålingerne under disse anses som ganske lokale.

Analyseresultatet af prøverne kan ses i resultatoversigten (tabel 1) samt tabel 2, bilag 2.

Generelt viste udemålingerne store forskelle som sandsynligvis både afspejler tidsmæssig og geografisk variation. Tilsvarende må forventes, at indeklimaet også vil variere som følge af udeluftvariationerne, dog med en vis tidsmæssig forskydning i forhold til udeluften. Det er derfor relevant at se samlet på målingerne udendørs versus indendørs.

Overordnet er der en betydelig højere sporekoncentration ude end inde, og ingen solide indikationer på interne kilder af betydning.

Der er også stor variation i prøverne, der er udtaget under gulvene. De store variationer kan dog ikke henledes direkte til, om der er vækst af skimmelsvampe eller ej, da det ved åbning af gulvene viste sig, at der ikke var det ventede hulrum, hvor luftprøverne kunne udtages fra. Da der ikke var et hulrum er der stor risiko for, at der ved boring af hullet til "sugesnablen" er blevet ophvirvlet støv, som har påvirket den efterfølgende prøvetagning. De høje sporekoncentrationer, der er konstateret i åbning #1 i Skrænt 3,5 samt åbning #2 i Øster 7,14 kan dermed ikke med sikkerhed henledes til skimmelvækstflader, da der er risiko for, at prøverne kan være udtaget direkte i støvdeponi på mineraluld.

5.6. Mikrosvampevækst på konstruktioner (tapeaftryk)

Der kunne ved inspektionen og åbningen af gulvene ikke konstateres visuelle misfarvninger, som kunne indikere skimmelvækst på konstruktionerne.

Der blev derfor udelukkende systematisk udtaget tapeaftryk på kritiske konstruktionsdele (underside af trægulv samt i støvdække på betondæk). Analyseresultatet kan ses i tabel 3, bilag 1 samt i resultatoversigten.

Kun i en enkelt af åbningerne blev der påvist rester af vækstflade med skimmelsvampe på undersiden af trægulvet samt i støvdækket på betondækket. Det indikerer, at der periodevist er forhold til stede, hvor skimmelsvamp kan etableres.

Der er ikke påvist vækst af skimmelsvampe i de resterende tapeaftryk på enten underside af trægulv eller i støvdække på betondækket, men støvet indeholdt spredte sporer og stedvist hyferester. De mikrobiologiske prøver i denne undersøgelse kan dermed ikke dokumentere, at der er et generelt eller udbredt problem i forhold til vækst af skimmelsvampe. Hverken over eller under gulvene.

5.7. Sammenfatning af resultater

Det er i denne rapport vist, at der under gulvene i flere af de udvalgte boliger er fugtforhold, hvor der er risiko for vækst af skimmelsvampe.

I SBMI-rapport 18137 af maj 2014 er det konkluderet, at der er betydelige kuldebroer bl.a. omkring soklerne. Dette udgør i sammenhæng med en høj intern fugtbelastning en risiko for vækst af skimmelsvampe på de konstruktionsdele, som er påvirket af kuldebroerne. Således opnås et højt vandaktivitetsforhold på fladerne, og det blev påvist, at der kunne opstå vækst af skimmelsvamp på de nedre dele af væggene.

Undersøgelsen af krybekældrene fra maj 2016 har vist, at der flere steder var opfugtning af betonkonstruktioner helt op til underside af betondæk. Dette kunne udgøre en risiko i relation til vækst af mikrosvampe i gulvkonstruktionen eller på ydervæggene, såfremt fugten bredte sig længere op i konstruktionen.

Den aktuelle undersøgelse har vist, at der kunne måles et højere fugtindhold end ønsket i de øverste dele af betondækket samt i den nederste del af isoleringslaget. Der kunne ikke måles forhøjede fugtværdier i hverken strøer, bøgemarket-gulv, fodpaneler eller vægge. Fugtpåvirkningen vurderes derfor ikke at række længere end til umiddelbart over betondækket. Der er således risiko for periodevis gunstige forhold for skimmelsvampe i den nederste del af gulvkonstruktionen, men aktuelt kunne kun konstateres et svagt skimmelsignal i en enkelt af de 13 udførte åbninger i gulvene. Dette var i den åbning, hvor der blev målt højest fugtindhold i luften i isoleringslaget (åbning #1 i Vester 7,3).

Der er ikke udlagt fugtspærre mellem sokler/fundamenter og ydervægge/indervægge, hvorfor der er risiko for opstigning af fugt nedefra samt udefra, hvis der forekommer en høj fugttilførsel, f.eks. i forbindelse med skybrud.

Ud fra resultaterne i undersøgelserne fra maj 2014, maj 2016 og den aktuelle vurderes det, at den største årsag til problemer med fugt og skimmelsvampe i boligerne i Galgebakken er kuldebroer omkring soklerne kombineret med en høj intern fugtbelastning. Opstigende og indtrængende fugt gennem fundamenter og sokler kan bidrage til opfugtning. Derfor skal bebyggelsen forbedres både i relation til kuldebroer, fugtindtrængning/-opstigning og intern fugtbelastning.

Bilag 1. Metodebeskrivelser

Logning af relativ luftfugtighed og temperatur

Til simultan registrering af temperatur og relativ luftfugtighed blev anvendt en Tinytag TGP-4500 data logger. En indbygget sensor foretager måling, hver gang et programmeret fast tidsinterval er passeret. Ved måleperiodens afslutning overføres de oplagrede rådata til en PC.

Temperatur måles fra -25 til +85 °C ($\pm 0,5$ C°) og den relative luftfugtighed fra 0 til 100 % (± 3 %).

Loggerne er indbyrdes kalibreret.

Måling af fugt i væg- og gulvkonstruktion

For at få et helhedsindtryk af fugtforholdene i mure og vægge af en bygning, kan der foretages en fugtskanning. Målingerne afspejler det aktuelle tilstandsniveau og de lokale variationer, der måtte være i væggenes fugtforhold. Der anvendes en fugtskanner af typen Gann Hydromette Compact LB. Instrumentet, der opererer ved hjælp af radiobølger, måler forskelle i dielektricitets-konstanter, og kan erkende fugt i en dybde på 25-55 mm, afhængig af materialetypen. Fugtskanneren angiver fugtindholdet, som arbitrære enheder fra 0 til 199. Ved værdier over 100 er der tale om opfugtning. "Kalibrering" kan ske ved bestemmelse af fugtkvote via materialeanalyse og differensvejning før og efter udbagning.

Måling af træfugt

Vandindholdet i træværk blev undersøgt med instrumentet Gann indstiksmåler.

To kraftige elektroder indstikkes i materialeemnet, og dets fugtindhold aflæses direkte i vægtprocent. I nærværende undersøgelse blev anvendt en skala justeret for fyrretræ.

Instrumentet fungerer ved, at den elektriske modstand (ledningsevne) måles og omsættes til normværdier i form af vandprocentindhold. Fugtprocenten i træ er et udtryk for den mængde vand, der er bundet i træets fibre. Jo højere vandindhold i træet, jo lettere løber strømmen mellem elektrodenålene. Træets fibre kan kun bære en vandmængde på 28 %. Dette kaldes fibermætningspunktet. Målte værdier over dette niveau er et udtryk for forekomst af flydende vand i træets celler.

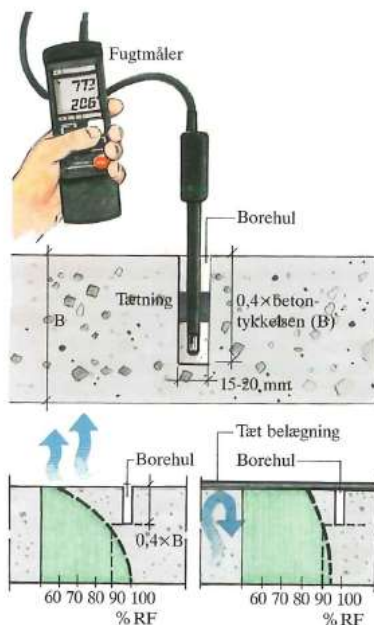
Basis for vurdering

Under hensyn til at indeluft i boliger indeholder 3 g/m^3 mere fugt end udeluft, har By og Byg, jfr. anvisning 204 af 2003, p. 73, publiceret et nomogram over den forventede vægtprocent af fugt i træværk ude og inde på forskellige tidspunkter af året.

Måling af fugt i gulvkonstruktion - porefugtmåling

Til måling af fugtindholdet i gulvkonstruktionen blev anvendt Tramex in-situ måleudstyr til indbygning i betonen. Udstyret måler simultant relativ luftfugtighed og temperatur. Den relative luftfugtighed (relative humidity = RH) måles i intervallet 0 - 100 %, med en opløsning på 0,1 %, og en usikkerhed ± 2 %.

Temperaturen måles fra $\div 20$ til $+ 70$ °C, med en usikkerhed på $\pm 0,5$ °C. Målingerne blev foretaget ved porefugtmålinger iht. nedenstående tegning.



Figur 1. Fugtmåling i beton ved måling af den relative luftfugtighed i borehuller

Kilde: TRÆ41: Trægulve 1 – Lægning og Reparation

Opsamling af total svampesporemasse i luft (levende og døde sporer).

Der anvendes "Air Quality Particle Sampler" type Air-O-Cell[®]. Metoden er standardiseret til analyse af bioaerosoler og er meget følsom jf. S. M. Tsai et al., Comparative Study of Collection Efficiency of Airborne Fungal Matter, i Proceedings Indoor Air 1999; Vol 2: 776-81. Impaktionshastighed på klæbemedium er minimum 13,4-15,6 m pr. sek. Sporer på 3,0 μm tilbageholdes med 85 % effektivitet. Der foretages sporetælling efter farvning og mikroskopi: Leitz, Dialux EB 20 påmonteret 100x olieobjektiv. *Tællemetode og kriterier:* Peterson Protocol, Method Standardized for the Analysis of Bioaerosols, Version 1.0, august 1997 (Environmental Choices, 6,3 (12-15) 1997).

Detektion af vækstflader med mikrosvampe (Scotchtapemetoden).

Et stykke klart tape (Scotchtape) trykkes mod en flade og klæbes på objektglas. Prøven farves og mikroskoperes med Leitz, Dialux EB 20 påmonteret fasekontrast 10x og 40x. Der registreres såvel forekomst af hyfer (svampetråde) og sporer.

Tællemetode og kriterier: Peterson Protocol, Method Standardized for the Analysis of Bioaerosols, Version 1,0 august 1997, in: Environmental Choices, 1997. 6,3.12-15.

Bilag 2. Analyse- og måleresultater**Tabel 1. Resultatoversigt, 5 boliger i Galgebakken.**

Adresse		Enhed	Vester 4.4	Vester 7.3a	Over 1.2	Øster 7.14	Skrænt 3.5
		Dato	11/8-2016	11/8-2016	11/8-2016	11/8-2016	14/7-2016
Zefon, ude		sporer/m ³	17.387	17.387	5.600	14.773	44.693
Zefon, rumluft		sporer/m ³	2.053	1.520	10.320	14.720	6.213
Logger RF, ude		RF %	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
Logger T, ude		°C	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
Logger RF, rumluft		RF %	56,2	64,9	56,9	50,6	56,5
Logger T, rumluft		°C	22,1	23,1	23,2	21,5	23,4
Logger dC _w , rumluft		g/m ³	0,0	2,5	1,0	(0,0)	0,9
Hultagning i gulv #1	Zefon	sporer/m ³	1.739	2.029	10.000	2.899	62.348
	Træfugt os.	%	10,0	13,0	11,0	12,0	9,5
	Træfugt us.	%	11,0	15,0	10,0	11,0	11,0
	Vækst, us. træ	ja/nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej
	Vækst, beton	ja/nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej
	Gann, dæk	digits	70-75	90-95	70-80	65-75	65-75
	In situ, RF	RF %	73,0	86,0	73,0	88,0	81,0
	In situ, T	°C	17,0	19,0	19,0	18,0	20,0
	Logger, RF	RF %	72,9	83,1	78,4	71,4	72,7
	Logger T	°C	18,4	19,6	19,5	18,6	19,5
	Logger dC _w	g/m ³	0,5	3,2	2,2	0,4	1,2
Hultagning i gulv #2	Zefon	sporer/m ³	7.971	1.159	2.609	48.696	4.870
	Træfugt os.	%	13,0	13,0	10,0	10,0	10,9
	Træfugt us.	%	11,0	11,0	13,0	12,0	14,4
	Vækst, us. træ	ja/nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
	Vækst, beton	ja/nej	Nej	Nej	-	Nej	Nej
	Gann, dæk	digits	55-70	75-80	65-80	75-85	65-75
	In situ, RF	RF %	68,0	78,0	74,0	72,0	71,0
	In situ, T	°C	18,0	18,0	19,0	18,0	18,0
	Logger, RF	RF %	66,2	77,6	68,7	67,2	81,3
	Logger T	°C	19,1	19,0	19,4	18,7	21,0
	Logger dC _w	g/m ³	(0,0)	1,7	0,5	(0,0)	3,8

Ordforklaring:

os. = overside

us. = underside

RF = relativ luftfugtighed

T = temperatur

dC_w = vanddampoverskud

In situ = målesystem til porefugtmålinger

Tabel 1 fortsat. Resultatoversigt, 5 boliger i Galgebakken.

Adresse		Enhed	Vester 4.4	Vester 7.3a	Over 1.2	Øster 7.14	Skrænt 3.5
		Dato	11/8-2016	11/8-2016	11/8-2016	11/8-2016	14/7-2016
Hultagning i gulv #3	Zefon	sporer/m ³	-	-	-	-	33.478
	Træfugt os.	%	-	-	-	-	11,2
	Træfugt us.	%	-	-	-	-	13,0
	Vækst, us. træ	ja/nej	-	-	-	-	Nej
	Vækst, beton	ja/nej	-	-	-	-	Nej
	Gann, dæk	digits	-	-	-	-	65-75
	In situ, RF	RF %	-	-	-	-	78,0
	In situ, T	°C	-	-	-	-	20,0
	Logger, RF	RF %	-	-	-	-	69,2
	Logger T	°C	-	-	-	-	21,1
	Logger dC _w	g/m ³	-	-	-	-	1,8
Hultagning i gulv #4	Zefon	sporer/m ³	-	-	-	-	8.435
	Træfugt os.	%	-	-	-	-	11,1
	Træfugt us.	%	-	-	-	-	13,0
	Vækst, us. træ	ja/nej	-	-	-	-	Nej
	Vækst, beton	ja/nej	-	-	-	-	Nej
	Gann, dæk	digits	-	-	-	-	65-75
	In situ, RF	RF %	-	-	-	-	79,0
	In situ, T	°C	-	-	-	-	19,0
	Logger, RF	RF %	-	-	-	-	74,5
	Logger T	°C	-	-	-	-	20,2
	Logger dC _w	g/m ³	-	-	-	-	2,0
Hultagning i gulv #5	Zefon	sporer/m ³	-	-	-	-	1.565
	Træfugt os.	%	-	-	-	-	13,8
	Træfugt us.	%	-	-	-	-	12,2
	Vækst, us. træ	ja/nej	-	-	-	-	Nej
	Vækst, beton	ja/nej	-	-	-	-	Nej
	Gann, dæk	digits	-	-	-	-	65-75
	In situ, RF	RF %	-	-	-	-	73,0
	In situ, T	°C	-	-	-	-	20,0
	Logger, RF	RF %	-	-	-	-	70,1
	Logger T	°C	-	-	-	-	20,4
	Logger dC _w	g/m ³	-	-	-	-	1,4

Ordforklaring: os. = overside us. = underside
RF = relativ luftfugtighed T = temperatur
dC_w = vanddampoverskud In situ = målesystem til porefugtmålinger

Tabel 2. Analyseresultat, luftprøver, Galgebakken.

Nr.	Dato	Lokalitet	Svampesporer [sporer pr. m ³]	95 % konfidensinterval ved Poissonfordeling [sporer pr. m ³]	Bemærkninger
Z ₁	11/8-2016	Uderefence #1	17.387	15.550 – 19.382	
Z ₂	11/8-2016	Vester 4,4: Rumluft	2.053	1.620 – 2.567	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₃	11/8-2016	Vester 4,4: Under gulv, åbning #1	1.739	894 – 3.047	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₄	11/8-2016	Vester 4,4: Under gulv, åbning #2	7.971	6.004 – 10.381	Ca. 1/3 af sporerne var ulig uderefence
Z ₅	11/8-2016	Vester 7,3: Rumluft	1.520	1.151 – 1.970	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₆	11/8-2016	Vester 7,3: Under gulv, åbning #1	2.029	1.105 – 3.413	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₇	11/8-2016	Vester 7,3: Under gulv, åbning #2	1.159	Ud. – 2.296	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₈	11/8-2016	Uderefence #2	5.600	4.580 – 6.781	
Z ₉	11/8-2016	Over 1,2: Rumluft	10.320	9.317 – 11.402	Sporesammensætning ulig uderefence
Z ₁₀	11/8-2016	Over 1,2: Under gulv, åbning #1	10.000	7.780 – 12.661	Sporesammensætning ulig uderefence
Z ₁₁	11/8-2016	Over 1,2: Under gulv, åbning #2	2.609	1.543 – 4.131	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₁₂	11/8-2016	Uderefence #3	14.773	13.569 – 16.057	
Z ₁₃	11/8-2016	Øster 7,14: Rumluft	14.720	13.518 – 16.001	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₁₄	11/8-2016	Øster 7,14: Under gulv, åbning #1	2.899	1.767 – 4.484	Sporesammensætning lig uderefence
Z ₁₅	11/8-2016	Øster 7,14: Under gulv, åbning #2	48.696	43.628 – 54.194	Sporesammensætning ulig uderefence
Z ₁₆	14/7-2016	Uderefence #4	44.693	41.718 – 47.826	
Z ₁₇	14/7-2016	Skrænt 3,5: Rumluft	6.213	5.441 – 7.065	Sporesammensætning ulig uderefence
Z ₁₈	14/7-2016	Skrænt 3,5: Under gulv, åbning #1	62.348	57.868 – 67.085	Sporesammensætning ulig uderefence. Talrige støvpartikler og fibre
Z ₁₉	14/7-2016	Skrænt 3,5: Under gulv, åbning #2	4.870	3.678 – 6.327	Sporesammensætning ulig uderefence. En del støvpartikler og fibre
Z ₂₀	14/7-2016	Skrænt 3,5: Under gulv, åbning #3	33.478	30.218 – 36.997	Sporesammensætning ulig uderefence. Talrige støvpartikler og fibre
Z ₂₁	14/7-2016	Skrænt 3,5: Under gulv, åbning #4	8.435	6.840 – 10.292	Sporesammensætning ulig uderefence. En del støvpartikler og fibre
Z ₂₂	14/7-2016	Skrænt 3,5: Under gulv, åbning #5	1.565	926 – 2.479	Sporesammensætning lig uderefence

Tabel 3. Analyseresultater, tapeaftryk, Galgebakken.

Prøve nr.	Lokalitet	Svampe-sporer	Svampetråde (hyfer)	Mikrosvampe-vækst?	Bemærkninger
T ₁	Vester 4,4: Underside af trægulv i åbning #1	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₂	Vester 4,4: Støvdække på betondæk i åbning #1	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₃	Vester 4,4: Underside af trægulv i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₄	Vester 4,4: Støvdække på betondæk i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₅	Vester 7,3: Underside af trægulv i åbning #1	En del	Få	Ja	En del udtørrede sporer og få hyferester samt støvpart.
T ₆	Vester 7,3: Støvdække på betondæk i åbning #1	En del	Få	Ja	En del udtørrede sporer og få hyferester samt støvpart.
T ₇	Vester 7,3: Underside af trægulv i åbning #2	Få	Få	Nej	En del støvpartikler
T ₈	Vester 7,3: Støvdække på betondæk i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₉	Over 1,2: Underside af trægulv i åbning #1	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₀	Over 1,2: Støvdække på betondæk i åbning #1	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₁	Over 1,2: Underside af trægulv i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₂	Øster 7,14: Underside af trægulv i åbning #1	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₃	Øster 7,14: Støvdække på betondæk i åbning #1	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₄	Øster 7,14: Underside af trægulv i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₅	Øster 7,14: Støvdække på betondæk i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₆	Skrænt 3,5: Underside af trægulv i åbning #1	Få	Få	Nej	Få udtørrede spore- og hyferester samt støvpart.
T ₁₇	Skrænt 3,5: Underside af trægulv i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₈	Skrænt 3,5: Støvdække på betondæk i åbning #2	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₁₉	Skrænt 3,5: Underside af trægulv i åbning #3	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₂₀	Skrænt 3,5: Støvdække på betondæk i åbning #3	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₂₁	Skrænt 3,5: Underside af trægulv i åbning #4	Få	Få	Nej	Få udtørrede spore- og hyferester samt støvpart.
T ₂₂	Skrænt 3,5: Underside af trægulv i åbning #5	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler
T ₂₃	Skrænt 3,5: Støvdække på betondæk i åbning #5	Få	Ingen	Nej	En del støvpartikler

Vægtning: Ingen, Få, En del, Talrige