



Tilläggsisolering i ett varmare och fuktigare klimat

- Analys av tillfälliga boenden i Växjö Kommun med avseende på fukt

Hanna Svensson

2013



Miljövetenskap

Examensarbete för kandidatexamen 15 hp

Lunds universitet

Abstract

The purpose of this thesis is to make a sensitivity analysis of buildings in Väjö municipality relative future climate change, where the climate is expected to become warmer and more humid. Building constructions are analyzed in terms of moisture performance and how climate change may affect the moisture related durability of buildings. This thesis is limited to buildings with wooden frames operating as temporary housing as hostels and Bed & breakfast, which Väjö municipality has supervision over. The focus is to study if parts of the buildings risk problems with mould or moisture in the current situation and how the buildings can be affected by a warmer and more humid climate. The issue is also to study how moisture problems can be prevented and avoided. The survey is a visual assessment of the building units such as the buildings foundation, walls, facade and roof. Measurements of moisture content in beamed attic space and the buildings foundation were randomly chosen. Relative humidity and temperature were measured in ambient air. In this survey 5 out of 8 investigated buildings showed moisture and mould problems in the foundation with high readings of relative moisture in constructions, odour or availability of organic matter. For three of the buildings there was odour related problems attached to the indoor air. In two buildings visible mould in attic respective basement, could affect the indoor air. This may indicate moisture and mould damage in the studied buildings, but these buildings need to be investigated further to determine if there is any damage and which remediation action should be taken for each building. Climate change will place greater demands on existing buildings in Sweden. Buildings will be strained by increasing precipitation and more frequent weather phenomena. This research shows that 5 out of 8 investigated buildings do not have any action that prevents ground moisture to reach the buildings foundation.

Sammanfattning

Syftet med examensarbetet är att göra en analys av byggnader i Växjö kommun i förhållanden till framtida klimatförändringar där klimatet beräknas bli varmare och fuktigare. Byggnadernas konstruktioner analyserades med avseende på fukt och hur ett förändrat klimat kan inverkar på byggnaden. Denna avhandling är begränsad till byggnader med trästomme i Växjö kommun, med verksamhet som tillfälligt boende och som kommunen har tillsyn över. Med tillfälligt boende syftas till vandrarhem, hotell samt Bed and Breakfast. Byggnaderna studerades om de riskerade problemen med mögel eller fukt samt hur de kan komma att påverkas av ett varmare och fuktigare klimat. Även hur fuktproblematiken kan förebyggas och undvikas diskuteras i denna avhandling. Undersökningen omfattar en visuell bedömning av byggnadernas konstruktioner indelat efter grundläggning, väggar, fasad och tak. Mätningar togs stickprovsmässigt med fuktkvotsmätare i träbjälkar i vindsutrymme och i byggnadens grundläggning. För luft uppmättes relativ fuktighet (anger den totala mängden vattenånga luften innehåller) och temperatur mätas. I denna undersökning visade sig 5 av 8 de undersökta byggnaderna ha avvikelser med höga värden av relativ fuktighet, lukt eller förekomst av organiskt material i fuktutsatta byggnadskonstruktioner. Tre av de undersökta husen hade lukt inomhus och två hus hade synligt mögel på vinden respektive källaren. Avvikelseerna kan peka på fukt- eller mögelskador, men dessa behöver undersökas närmare för att kunna konstatera om det är en skada och hur den i det fallet lämpligast bör åtgärdas för respektive byggnad. Klimatförändringarna kommer att ställa högre krav på befintliga byggnader i Sverige. Byggnaderna kommer utsättas för ökad nederbörd och mer extrema väderförhållanden. För undersökta byggnader har det inte alltid vidtagits åtgärder som kan förhindra att fukt når byggnaden. Underhåll av fasad och tak som blir eftersatt kan i längden leda till skador om inte åtgärder vidtas. Det är viktigt att fastighetsägare kontrollerar sina hus regelbundet för att upptäcka skador och att de känner till hur byggnaden riskerar att drabbas. Vilka åtgärder som bör vidtas i förebyggande syfte beror på byggnadens konstruktioner samt nuvarande status för byggnaden.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	5
1.1 Syfte	5
1.2 Avgränsning	6
1.3 Frågeställningar	6
2. BAKGRUND	6
2.1 Fuktproblematik i byggnader.....	6
2.2 Byggnadsmaterial	7
2.2.1 Betong	7
2.2.2 Trä.....	7
2.2.3 Isoleringsmaterial.....	8
2.2.4 Skivmaterial.....	8
2.2.5 Ångspärr och lufttätning	8
2.2.6 Takbeklädnad	8
2.3 Konstruktioner	8
2.3.1 Trästomme	8
2.3.2 Grund.....	9
2.3.3 Väggar och fasad.....	10
2.3.4 Tak	10
3. MATERIAL & METODER	11
3.1 Beräkning av aktuell ånghalt	12
3.2 Beräkning av fukthalten för träbjälkar	12
4. RESULTAT	13
4.1 Inledning.....	13
4.1.1 HUS 1.....	13
4.1.2 HUS 2.....	14
4.1.3 HUS 3.....	14
4.1.4 HUS 4.....	15
4.1.5 HUS 5.....	15
4.1.6 HUS 6.....	16
4.1.7 HUS 7.....	16
4.1.8 HUS 8.....	17
4.2 Mätresultat från fuktmätningar.....	17
5. DISKUSSION	20
5.1 Analys av byggnader	20
5.1.1 HUS 1	20
5.1.2 HUS 2.....	20
5.1.3 HUS 3.....	21
5.1.4 HUS 4.....	21
5.1.5 HUS 5.....	21
5.1.6 HUS 6.....	22
5.1.7 HUS 7.....	22
5.1.8 HUS 8.....	22
5.2 Sammanfattning över byggnaders analys.....	23
5.3 Analys av konstruktioner	23
5.3.1 Vindar	24
5.3.2 Platta på mark.....	24
5.3.3 Källare	25
5.3.4 Krypgrund.....	25

5.4 Klimatförändring: inverkan på byggnader	25
6. Slutsats.....	26
7. Referenser	28
8. APPENDIX.....	30
8.1 Checklista klimatpåverkan avseende fukt för tillfälliga bostäder	31
8.2 Uträkningar av aktuell ånghalt.....	32
8.3 Uträkningar av fukthalten för träbjälkar	34
8.4 Bilder.....	35

1. INLEDNING

Varje år drabbas byggnader av skador till följd av klimatets inverkan. Byggnader har direkt kontakt med klimatet utomhus och påverkas av faktorer som vind, temperatur, fukt och väderförändringar (Nik et al., 2012b). Beroende på en byggnads lokalisering och tekniska förutsättningar kan en förhöjd utomhustemperatur ge en fuktigare och varmare inomhusmiljö som kan öka risken för mögel, röta och kvalster. En högre inomhustemperatur kan även orsaka en ökning av emissioner från byggnadsmaterial (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012; WHO, 2009; SOU, 2007).

I Boverkets rapport ”Så mår våra hus” bedöms 66 procent av alla byggnader i Sverige ha någon typ av skada och man beräknar att ungefär 45 procent är fuktskador som kan påverka inomhusmiljön. Boverket ansåg att den största delen av skadorna inte var av allvarlig karaktär, vilket gällde exempelvis renovering av fönster, målning av träfasader och byte av takmaterial. Kostnaderna för att underhåll och åtgärder för identifierade skador uppskattas kosta mellan 230 och 330 miljarder kronor. Boverket anser att många byggnader inte uppfyller dagens lagstadgade krav och om byggnadsbeståndet skulle uppgraderas till minimikraven skulle det innebära stora kostnader (Boverket, 2009).

Klimatförändringar kommer att ge konsekvenser för byggnader i tätorter och på landsbygden. I områden som utsätts för översvämningar i dagsläget riskerar att bli mer utsatta. Vid sjöar, vattendrag och kustnära områden finns risk för förhöjda vattennivåer till följd av den globala uppvärmningen. Ras och skred kan bli en konsekvens av ändrade grundvattennivåer och portrycksförhållanden (tryck från grundvatten mellan partiklar i marken). Direkt inverkan på byggnader så som ökad nederbörd i form av snö har betydelse för anläggningar med stora plana tak. Ökad vindbelastning skulle tära mer på väggar och fasader, då regnet drivs mot fasaden (SMHI, 2009).

I IPCCs rapport från 2007 finns data presenterad som visar på att temperaturen i den lägre atmosfären blir varmare (Intergovernmental Panel on Climate Changes, 2007). Ett förändrat klimat i Sverige förväntas ge mildare och blötare vintrar samt fler värmeböljor sommartid. Stormar under vintern förväntas göra större skada då tjälperioden blir kortare och tjäldjupet minskar. Inom Växjö kommun beräknas medeltemperaturen samt maxtemperaturer att öka i kombination med att vintrarna beräknas bli mildare med högre temperaturer än vad som är normalt för årstiden. Andelen nederbörd beräknas att öka och då främst under vinterhalvåret, vilket ger större vattenflöden. Extremt höga vattenflöden riskerar att öka i de västra delarna av Kronobergs län. I Kronoberg har medeltemperaturen ökat sedan år 1990 med 0,9 grader och nederbörden har ökat med 11 procent sedan år 1990. Nederbörden beräknas fortsätta öka med 15-20 procent till år 2100 jämfört med referens perioden 1961-1990. Avdunstningen från Kronobergs län kommer att bli större till följd av klimatförändringarna. Extremväder beräknas bli vanligare med värmeböljor respektive kraftigare regn (Växjö kommun, 2013).

1.1 Syfte

Syftet med examensarbetet är att göra en känslighetsanalys av byggnader i Växjö kommun i förhållanden till framtida klimatförändringar där klimatet beräknas bli varmare och fuktigare. Byggnadernas konstruktioner kommer att analyseras i avseende på fukt och hur ett förändrat klimat kan inverka på byggnaden.

1.2 Avgränsning

Min avgränsning gäller byggnader med trästomme i Växjö kommun, med verksamhet som tillfälligt boende och som kommunen har tillsyn över. Med tillfälligt boende syftas till vandrarhem, hotell samt Bed and Breakfast. Antalet tillfälliga boenden som undersöktes begränsades till 8 byggnader. Enligt Miljöbalken 9 kapitlet 9§ ska bostäder och lokaler för allmänna ändamål brukas på ett sådant sätt att olägenheter för människors hälsa inte uppkommer

1.3 Frågeställningar

- Finns det delar av byggnaderna som riskerar problem med fukt och mögel i dagsläget?
- Hur kan byggnaderna komma att påverkas av ett varmare och fuktigare klimat?
- Hur kan fuktproblematiken förebyggas och undvikas?

2. BAKGRUND

2.1 Fuktproblematik i byggnader

I Socialstyrelsens miljöhälsorapport från 2009 framgår en minskning från 25 procent år 1999, till 18 procent år 2007 av personer som har synliga fukt- eller mögelskador alternativt känt mögeldoft i bostaden. I hus byggda mellan 1960 och 1970 rapporterades flest mögelrelaterade skador, minst besvär från mögel var det i nybyggda hus. I rapporten påpekas ett samband mellan luftvägsproblem och astmabesvär vilket antas öka med 30-50 procent om man bor i hus med fukt eller mögelskador (Socialstyrelsen, 2009). De som riskerar att drabbas värst är personer med allergiska besvär och barn under tre år som riskerar att utveckla astma (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012).

Redan 1985 konstaterades att hus byggda på 70-talet var överrepresenterade med fukt och mögelskador i en kampanj som konsumentverket höll i. I rapporten nämns att byggmaterial bör ha testats i minst 10 år innan det används vid byggnation och att platta på mark var en riskkonstruktion där besvärande mögeldoft kunde förekomma konstaterades redan då. I rapporten trodde man att förändrade byggnadsmetoder och mögelbenäget byggnadsmaterial låg bakom skadorna. Där nämns även att många är rädda att tala om fuktproblemen eftersom husen kan falla i värde (Konsumentverket, 1985).

Det är i hus byggda innan 1976 som det är vanligast med mögelväxt och mögellukt, särskilt i konstruktioner så som kryppgrunder och vindar. I 84 procent av fallen med mögel på vinden tillhörde byggnaden det äldre byggnadsbeståndet och ventilationen bestod av självdrag i Boverkets rapport *Så mår våra hus*. Till största delen består byggnadsbeståndet av byggnader som fungerar väl, men även av byggnader som konstruerats fel vid nybyggnation, där underhållet av byggnaden varit bristfällig och av byggnader som inte byggdes för det ändamål som byggnaden har idag. Exempel på byggnaders ändrade användningsområde är en sommarstuga som börjar användas som permanentbostad eller en källare som inreds till bostad (Boverket, 2009). Många av fuktproblemen beror på att byggnader används annorlunda än vad de tidigare gjort (Anderlind, 1991).

Vatten i gas-, vätske- eller fastfas brukar benämnas fukt i byggnadssammanhang. Vatten kan på flera sätt påverka en byggnad i form av fukt. Den fukt som återfinns i byggnader har alltid ett ursprung. Fukt kan nå byggnaden i form av nederbörd, vattenånga i luft och i material. Fukt kan även nå byggnaden via byggnadsmaterial som byggs in i huset, fukt lagras i byggnadsmaterialet för att sedan förångas när materialet är inbyggt (Boverket, Byggeforskningsrådet, 1992; Arfvidsson et al., 2007).

Fukt kan röra sig genom byggnaden via diffusion, kapillärkraft och konvektion. Via diffusion vandrar vattenånga från ett område med hög ånghalt till ett område med låg ånghalt. Är skillnaden stor mellan ånghalterna blir fuktflödet större genom materialet. Kapillärkraften inverkar på byggnadsmaterial på grund av vattnets ytspänning vilket orsakar att fritt vatten kan sugas upp i byggnadsmaterial. Vatten sugas upp i små rör och porer i byggnadsmaterialet från material med grövre porer exempelvis grus. Via konvektion för strömmande luft med sig vattenånga vidare i byggnaden vilket är beroende av lufttrycket. Ventilation är en typ av konvektion där syftet är att fukt ska föras ut från byggnaden (Arfvidsson et al., 2007; Anderlind, 1991).

I marken finns fukt som tillkommit via nederbörd och grundvatten. Markfukt kan påverka byggnader med vattenånga och vatten i vätskeform. Fuktskador inuti byggnader kan uppstå vid vattenläckage från vattenbärande-rör eller tappvattenledningar (Boverket, Bygghälsorådet, 1992; Arfvidsson et al., 2007). Ett vanligt problem är att vattenånga kondenserar inuti byggnaden där fukten inte syns; inuti konstruktioner, isoleringsskikt, betongplattor eller träbalkar. Vatten kan leta sig in i byggnaden genom en byggnads yttreklimatskal via otätheter (Anderlind, 1991).

Vatten är en förutsättning för liv och via olika typer av byggnadstekniker vill man undvika främst mögelsvampar och rötsvampar. Sporer från svampar och mögel finns i torrt tillstånd men vatten ger förutsättningar för svampbildningen vilket orsakar skada i byggnaden. Mögelsvampar och bakterier gynnas av en temperatur mellan 20-30 grader, tillgång på näringsämnen och syre. Mikroorganismer trivs vid olika pH-intervall. Många av mikroorganismerna leder till nedbrytning av byggnadsmaterial (Anderlind, 1991; Arfvidsson et al., 2007).

2.2 Byggnadsmaterial

Historiskt sett har byggnadsmaterial fram tills industrialiseringen på 1960-talet funnits i begränsat utsträckning, de material som användes då fanns det stor kunskap om och materialen som användes baserades på ett fåtal råvaror. Sedan industrialiseringen har många nya byggnadsmaterial utvecklats under kort tid, vilket gör att det inte finns så stor kunskap om hälsorisker och hur materialet bör användas i byggnaden (Boverket, bygghälsorådet, 1992). På 1970-1980-talet experimenterades det med byggnadsmaterial, olika typer av byggnadsmaterial i varierande kombinationer visade sig vara konstruktioner utsatta för fukt (Björk et al., 2003).

Nedan beskrivs byggnadsmaterialets egenskaper för material som är vanligast i kombination med träregelstomme och som återkommer senare i text.

2.2.1 Betong

Betong används till bärande konstruktioner i byggnader. Cement (bränd kalksten), ballast (exempelvis grus), vatten med tillsatsmedel är beståndsdelar av betongmassan som gjuts i form. Massan hårdnar på grund av en kemisk reaktion mellan vatten och cement. Betong kan både gjas på plats eller gjas i fabrik innan montering av byggnaden. Lättklinkerbetong framställs med en betongmassa där ballast materialet är ersatt med lättklinkerkorn så kallade "leca-kulor" (Sandin, 2007).

2.2.2 Trä

Trä har positiva egenskaper som god värmeisoleringsförmåga och god hållfasthet (Sandin, 2007). Trä är uppbyggt av fibrer och fukttransporten sker i fiberriktningen. Transport vinkelrätt mot fiberriktningen är långsam beroende på fuktnivån. Huvudsaklig fuktöverföring i trä sker via ångtransport och kapillärsugning. Tryckimpregnering av trä kan förhindra röta men inte mögelpåväxt (Nevander et al., 2006). Benämningen för trä som används baseras utformningen i millimeter (mm), tjocklek respektive höjd. Exempelvis bjälkar har en tjocklek på ungefär 38mm och en höjd på 145mm (Sandin, 2007).

2.2.3 Isoleringsmaterial

Vanliga värmeisoleringsmaterial är mineralull, cellplast och cellulosa-fibrer. Mineralull är ett byggnadsmaterial bestående av fiber från glasull, stenull eller slaggull. Mineralull förekommer som lösull, skivor eller som ”filtade mattor”. Vatten kan inte verka via kapillärkraft i detta byggnadsmaterial då materialet har stor porositet (Nevander et al., 2006). Materialet släpper igenom luft- och ånga. Cellplast består av styrenplast, är normalt styvare än mineralull och benämns ofta Frigolit (en viss sorts styrencellplast). Cellulosa-fibrer är träfibrer eller returpapper som behandlats för att motverka röta och brand (Sandin, 2007).

2.2.4 Skivmaterial

Spånskivor, gipskivor och träfiberskivor ska främst användas till beklädnad inuti byggnaden. Spånskivor är en pressad massa bestående av syntethartslim och träspån. Gipsskivor har en kärna av gips med papperskikt på ytorna. Träfiberskivor tillverkas av träfibrer som pressas ihop under hög temperatur (Sandin, 2007).

2.2.5 Ångspärr och lufttätning

Skikt som används för lufttätning och för att avleda vatten är byggnadspapp och plastfolier. Byggnadspapp kan vara en väv eller asfaltimpregnerad papp. Det är mängden asfalt som avgör hur tät pappen är. Plastfolier består vanligen av polyetenplast (Sandin, 2007).

2.2.6 Takbeklädnad

För takbeklädnad används tegel och plåt för undersökta byggnader i Växjö kommun. Tegel är lera som torkats och bränts i ugn och plåt består av metall som formats till önskat utförande (Sandin, 2007).

2.3 Konstruktioner

2.3.1 Trästomme

Alla byggnadsdelar som ska bära upp och stabilisera byggnaden benämns stomme. Byggnadens stomme är en bärande byggnadsdel som ska fördela laster över grunden. Stommen består av bärande väggar, pelare, bjälklag och takstolar (Sandin, 2007). Bjälklag är en horisontell, bärande byggnadsdel som avgränsar byggnaden i våningsplan. Bottenbjälklaget är det nedersta bjälklaget i ett hus med kryppgrund, vilket även kallas blindbotten (Hansson et al., 1992).

Trä är ett byggnadsmaterial som används i stor utsträckning till byggnadsstommar i Sverige, i huvudsak används virke av gran och furu (Sandin, 2007). I Sverige finns stor tillgång på trä, eftersom hälften av Sveriges yta är täckt av skog (Hansson, Gross 1991). Det finns en lång tradition med inslag av hantverk för byggande med trä. Byggnation med trä har utvecklats genom industrialisering och förtillverkning. Att bygga med trä förutsätter torrt byggande och träprodukter anpassas efter vilken byggnadskonstruktion som de ska nyttjas till genom att bland annat torka ut materialet (Hansson, Hjærtström, 1993). En träkonstruktions livslängd avgörs av hur konstruktionen är utförd, omgivningen, klimatförhållanden, slitage och underhåll samt kvaliteten på råmaterialet. I en konstruktion är klimatet inte konstant utan varierar över året. Sommartid är klimat inom- och utomhus överrensstämmande, när det på vintern istället är fuktigt utomhus och torrt inomhus. För årstiderna har byggnadskonstruktioner därför olika fuktillstånd (Hansson, Gross, 1991).

För byggnader som uppfördes i slutet av 1800-talet, början av 1900-talet bestod bärande väggar av liggande eller stående trästockar i så kallade timmerhus (Sandin, 2007). Trä som ytterväggar i timmerhus fungerade som värmeisolering (Hansson, Gross, 1991). Stolpverkshuset utvecklades under slutet av 1800-talet med bärande stolpar som papp och panel monterades på. Som

värmeisolering mellan stolparna användes vanligtvis sågspån (Sandin, 2007).

2.3.2 Grund

En byggnadsgrund överför laster från stommen till marken och består av grundplattor, pålar, grundmurar och fundament. Viktigt för en byggnads grundläggning är att vatten leds bort från byggnaden. Vatten ska inte sippra ner i byggnaden eller sugas upp i konstruktionen. Faktorer som avledning av vatten, dränering och kapillärbrytandeskikt (består av ett material som förhindrar kapillärkraft) spelar en viktig roll för att undvika fuktproblem. Fritt vatten i marken dräneras från byggnaden och ytvatten avleds. För att ytvatten ska hindras att nå byggnaden planeras byggnaden med fall från byggnaden, vilket innebär en lutning från byggnaden. Vid stark lutning mot byggnaden kan ett avskärmade dike placeras i slutningen ovanför byggnaden. För att undvika att takvatten leds ner i grunden bör takvatten ledas bort via stuprör till kommunalt dagvattensystem eller omgivande mark. Stuprör ska inte kopplas till byggnadens dräneringssystem om det riskerar att belasta detta (Sandin, 2007; Boverket, 2003).

Byggnader utförs med ett dränerande skikt som ska leda fritt vatten till dräneringsledningar som leder bort vatten från byggnaden. Dränering och kapillärbrytandeskikt kombineras ofta för en byggnads grundläggning. Dels kan ett tätt skikt monteras på grundens utsida vilket kan bestå av plastfolie och grovkorniga kapillärbrytande massor kan användas i form av tvättad makadam eller singel. Idag är det även vanligt att använda kapillärbrytande värmeisolering särskilt vid konstruktioner som platta på mark och källarväggar (Sandin, 2007). På byggnadens utsida bör grundmurens överkant ligga 20-30 cm ovanför marken för att regn och smuts inte ska stänka upp på väggen ovanför grundmuren. Blomsterrabatter bör inte anläggas intill byggnaden då detta ger en ökad fuktbelastning för grundläggningen (Boverket, 2003).

Platta på mark är en grundläggningskonstruktion som infördes i Sverige på 1950-talet (Sveriges tekniska forskningsinstitut, 2013c). Ett betonggolv gjuts direkt på marken och kan utföras med värmeisolering antingen under eller över plattan. Kanterna av plattan värmeisoleras med exempelvis lättklinkerblock som även är en bärande konstruktion. När överliggande isolering används gjuts betongplattan på ett dränerande och kapillärbrytande skikt. Vid underliggande isolering läggs en värmeisolering mellan betongplattan och det dränerande samt kapillärbrytandeskiktet. Värmeisoleringsmaterialet består vanligtvis av cellplast eller mineralull (Sandin, 2007).

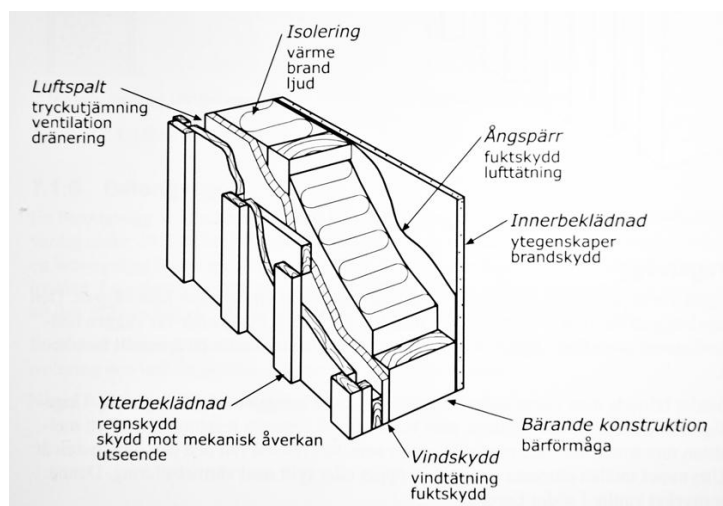
Ett vanligt grundläggningssätt förr var så kallad torpargrund som nu benämns krypgrund. Det finns flera typer av krypgrunder, men gemensamt för alla är att golvbjälklaget inte har kontakt med marken. I en krypgrund är det viktigt med ventilation för att hålla utrymmet torrt. Förr byggdes bottenbjälklaget på stenar och då fanns en god ventilation. Idag används en hel sockel som är tätare till skillnad från den gamla typen av krypgrund. Då är det viktigt att sätta in ventiler för att få ordentlig ventilation i krypgrunden och att dessa inte täcks så att luftflödet hindras. Hindras ventilation kan det få konsekvenser för golvbjälklagets undersida (blindbotten). Lukt kan uppkomma då organiskt material exempelvis trä, möglar i grunden. Även små mängder organiskt material kan ge lukt. På sommaren blir luften i krypgrunden kallare i krypgrunden än luften utanför, omvänt gäller vintertid då luften är varmare i grunden än utanför. Detta beror på markens värmekapacitet, som gör att marken värms upp och kyls ner långsammare än luften (Anderlind, 1991). Krypgrunder som är uteluftsventilerade har en lång tradition i Sverige och i äldre byggnader fungerade marken under bjälklaget som värmemagasin genom att konstruktionen inte var isolerad. Idag ställs högre krav på byggnader ur energisynpunkt än vad det var då (Hansson et al., 1992).

Källarkonstruktion är en typ av platta på mark som ligger lägre ner i marken. Källarväggarna kan bestå av lättbetong, lättklinkerbetong eller betong, som kompletterats med fuktskydd och

värmeisolering. Isoleringen kan vara mineralull, cellplast eller lättklinker (Boverket, 2003). För en källargrundläggning krävs en bra utformad dränering och kapillärbrytning. Det gäller under plattan och utanför källarväggen (Sandin, 2007). På utsidan av källarväggar under mark kan en yttre värmeisolering förhindra markånga och vatten. Alternativ är ett luftspaltbildande tätskikt eller asfaltpapp monterat på utsidan. Om en källare ska värmeisoleras som inte tidigare varit isolerad kan det göras på insidan även om en isolering på källarväggens utsida ger ett bättre skydd. Vid isolering på insidan ska ingen ångspärr monteras för då kan inte fukt i väggen torka ut varken utåt eller inåt (Hagentoft, 2002).

2.3.3 Väggar och fasad

I byggnader som undersöks i denna studie har samtliga träregelvägg med olika skikt (se figur 2). På insidan av byggnadens vägg monteras innerbeklädnaden i form av skivmaterial exempelvis träpanel. Innanför denna monteras en ångspärr för att lufttäta byggnaden samt förhindra fukttransport i väggarna. Mellan träreglarna placeras värmeisolering av exempelvis mineralull, sedan finns vindskydd med en luftspalt mellan fasad och vindskyddet (Sandin, 2007). Med en ångspärr hindras konvektion och diffusion av vatten i ångfas. En ångspärr kan bestå av plastfolie eller papp och ska placeras på värmeisoleringens varma sida. En luftspalt är viktig del av fasaden som säkerställer ett extra skydd mot fukt och vatteninträngning. Via en luftspalt bakom byggnadens fasad förhindras fuktkonvektion. I vissa äldre byggnader har en typ av diffusionspapp använts för att motverka ångtransport (Nevander et al., 2006) (Boverket, 2013) (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012).



Figur 1 – Illustrerar uppbyggnaden av en träregelvägg (Med tillstånd av upphovsrättsinnehavare Kenneth Sandin)

En byggnads yttre klimatskal utsätts för belastningar av omgivande lufttryck, temperatur, fuktighet, strålning och nederbörd. Belastningar som ska tålas under byggnadens livstid. Otätheter och sprickor i klimatskalet påverkar hållfastheten. Byggnadens fasad ska kunna förhindra att nederbörd tränger in via anslutningar och otätheter (Hagentoft, 2002). Träpanel som fasad är vanligt förekommande i Sverige. Panel kan vara antingen stående eller liggande träbrädor som målas. Slagregnet som träffar en träfasad rinner i huvudsak av byggnaden men en mindre del av regnet kan tränga in genom springor mellan brädorna (Sandin, 2007).

2.3.4 Tak

Taket ska skydda mot nederbörd, kyla och solsken. Taket kan delas in efter form, lutning och taktäckningsmaterial. En vanlig takform är sadeltak som är format som ett V som vänts upp och ner. Lutningen på taket kan variera mycket mellan olika byggnader. Ett brant tak har en lutning större än 14 grader i förhållande till horisontalplanet. Tak som har en lutning på 4-14 grader kallas låglutande. För tak med mindre lutning ställs högre krav på täthet mot vatteninträngning (Sandin, 2007).

De vanligaste byggnadsmaterialen som används vid taktäckning är takpannor, plåt, skikt med papp eller gummi. Takpannor består traditionellt av tegel, vid taktäckning används ett vattentätt underlagstak eftersom takpannor inte är vattentäta. Traditionellt placeras underlagstaket på råsponten (Råspont är virke som spontats dvs. utformats för att sammanfogas med nästkommande bräda som spikats på takstolparna). Ett alternativ till råspont är vattenavledande väv eller skivmaterial (Sandin, 2007). Plåt som takmaterial kan vara av stål, aluminium eller koppar, med eller utan underlagstak. Utan underlagstak är risken för kondens på undersidan stor. Skikt med papp eller gummi används främst på tak med liten lutning. Vid taktäckning läggs flera skikt på varandra för att säkerställa vattenavledning (Sandin, 2007).

Tak brukar även kategoriseras efter kallt eller varmt tak. Många småhus har en kall vind vilket innebär att vinden är uteluftsventilerad med vattenavledande yttertak och att vindens bjälklag är värmeisolerat. För en kall vind värmeisoleras vindsbjälklaget och görs lufttätt med ångspärr. En vanlig metod att isolera vindsbjälklaget är via lös ull av mineralull eller cellulosa fibrer som sprutas in mellan takbjälkarna, för att luft inte ska strömma in i isoleringen brukar vindskyddsskivor monteras. När bjälklaget är välisolerat blir klimatet som utomhus, detta innebär att den relativa fuktigheten kommer att vara hög under vinterhalvåret och att kondens kan uppstå på underlagstaket. Ett varmt tak har värmeisolering i yttertaket vilket gör att värmeströmmen inifrån byggnaden leds ut genom yttertaket (Sandin, 2007) (Hägerhed, Samuelson 2006).

3. MATERIAL & METODER

Utgångspunkten är vetenskapliga artiklar och litteratur kring det valda ämnet. På plats hos Växjö kommun inventerades tillfälliga boenden, kontakt togs med fastighetsägare för att boka tid samt förklara syftet för examensarbetet. Inför undersökningarna av byggnaderna utformas en typ av checklista över vad som skulle studeras och mätas i byggnaden (Se appendix 8.1). En lista med punkter utformades inför undersökningen, baserat på checklistor för fuktinventering av befintliga byggnader som Sveriges tekniska forskningsinstitut har utformat. Checklistorna beskriver vad man ska tänka på vid fuktprojektering och vilka indikatorer man kan använda sig av när en byggnad undersöks (2013a & 2013b).

Undersökningen är en okulär (visuell) bedömning av byggnaden indelat efter byggnadens grundläggning, väggar, fasad och tak. Vid besök hos de tillfälliga boendena togs mätvärden stickprovsmässigt med fuktkvotsmätare i träbjälkar i vindsutrymme och i byggnadens grundläggning. Fuktkvotsmätaren mäter den elektriska resistansen mellan två metallstift som slås in i trä (Arfvidsson et al, 2007). I byggnadsmaterial kan man mäta fuktkvoten eller fuktinnehållet, enheten är i viktsprocent [kg/m^3] (Anderlind, 1991). Beräkning av relativ fuktighet för träbjälkar kommer att baseras på uppmätt fuktkvot [vikt-%]. Provtagningen ska utföras i träbjälkar för utrymmen som inte använts som boendetrymme i vind och grundläggning. Provtagning kommer ske i träbjälkar som kan ge hög relativ fuktighet vilket baseras på om trä har kontakt med fuktigt byggmaterial, konstruktionsdelar som riskerar hög relativ fuktighet eller om konstruktionen ser ut att var fuktskadad. Konstruktionsdelen för provtagning måste även vara åtkomlig rent fysiskt.

För luft uppmättes relativ fuktighet och temperatur. Relativ fuktighet (RF) anges i procent och anger procentandelen vatten av den totala mängden som luften innehåller i form av vattenånga (Anderlind, 1991).

Dokumentation i form av fotografering användes vid undersökningen. Efter att undersökta

byggnader besökts, sammanfattades resultatet och en diskussion kring hur byggnaderna riskerade att påverkas av framtida klimatförändringar utformades.

3.1 Beräkning av aktuell ånghalt

För att kunna studera fuktillskottet i byggnaden beräknades den aktuella ånghalten, v [g/m^3] med hjälp av mätvärden tagna vid besök på byggnaderna. Genom att multiplicera mätnadsånghalten, $V_s(t)$ (g/m^3) med den relativa fuktigheten som tidigare uppmätts. Mätnadsånghalten togs fram via tabell (Nevander et al., 2006) för uppmätt temperatur per mätpunkt. Beräkning enligt ekvation 1 (Nevander et al., 2006). Uträkningar finns i appendix 8.2.

$$V = RF * v_s(t) \quad (1)$$

I porösa material samt luft inne och ute innehåller alltid en viss mängd vattenånga, ånghalt [kg/m^3] är benämningen (Arfvidsson et al., 2007). Ånghalten inomhus påverkas av faktorer som ånghalten i utomhusluften, fuktproduktionen i byggnaden och ventilationens storlek. Fukt produceras i byggnaden bland annat vid tvätt, diskning, avdunstning från boende och dusch. Störst är fuktproduktionen i badrum (Nevander et al., 2006). Fukttillskott i en byggnad är en kombination av fuktproduktionen i byggnaden och ventilationen. Ökar fuktproduktionen, ökar fuktillskottet, men ökar ventilationen, då minskar fuktillskottet (Anderlind, 1991).

Mätnadsånghalten anger den mängd vattenånga som luften maximalt kan innehålla vid en särskild temperatur (Boverket, Bygghälsorådet, 1992). Mätnadsånghalten är normalt högre än den aktuella ånghalten (Arfvidsson et al., 2007).

Relativ fuktighet, ånghalt och temperatur är beroende av varandra. Luft som är varm kan innehålla mer vatten än kall luft. Är luften mättad på vattenånga är den relativa fuktigheten 100 procent och har en större ånghalt än kall luft. Om varm fuktig luft kondenserar på kalla ytor faller vattnet ut mot den kalla ytan (Anderlind, 1991).

3.2 Beräkning av fukthalten för träbjälkar

För att beräkna den relativa fuktigheten i träbjälkar har fukthalten, w [kg/m^3] beräknats för att kunna läsa ut den relativa fuktigheten ur diagram (Nevander et al., 2006). För att räkna ut fukthalten har fuktkvoten, u [vikt-%] som uppmätts för träbjälkar och densiteten för furu multiplicerats. För samtliga mätvärden i trämaterial har densiteten, P för furu $510 \text{ kg}/\text{m}^3$ använts vid beräkningar. Beräkning enligt ekvation 2 (Nevander et al., 2006). Uträkningar i appendix 8.3.

$$w = u * P \quad (2)$$

4. RESULTAT

4.1 Inledning

För varje hus finns först en beskrivning som ska ge en bild av när byggnaden är uppförd, ventilations typ och uppvärmning. Vidare så finns information om renoveringar där det funnits information om dessa och om byggnaden tidigare haft en fuktskada. För varje byggnad finns följaktligen en beskrivning av byggnaden baserat på inhämtad information från Växjö kommuns Stadsbyggnadskontor samt Miljö- och hälsoskyddskontor. Under rubrikerna ”Observationer från okulär besiktning” finns sammanställningar av observationer för respektive hus som framkommit under den okulära undersökningen.

4.1.1 HUS 1

Ett äldre lantbruksmagasin, byggt på 1800-talet som byggts om till tillfälligt boende 2007. Byggnaden består av en bottenvåning och en vindsvåning. På byggnaden har två utbyggnader lagts till till den äldre konstruktionen.

Ventilation i byggnaden var mekanisk frånluft med tilluft i ytterväggarna. Uppvärmning med främst luftvärmväxlare, men även radiatorer (element) användes. Innan renoveringen av tak fanns ett hål i taket med svamp-påväxt. Taket renoverades 2007. Delar av byggnaden var under renovering vid besöket (Fastighetsägarens kommentar) (Stadsbyggnadskontoret Växjö) (Miljö- och hälsoskyddskontoret Växjö).

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Torpargrund med underliggande isolering i bottenbjälklag (se figur 3 i appendix 8.4). Vid kraftig nederbörd ansamlas vatten i grunden (Fastighetsägares kommentar). Ventilation via självdreg från sprickor, utsidan av grunden var på vissa ställen tätad. Fanns en liten del organiskt material i grunden.

Väggar

Trästomme med tilläggsisolering. Tre sidor med tilläggsisolering på utsida och en sida på insidan för att bevara timmerfasad. I bottenvåning finns eventuellt ingen ångspärr.

I badrum kan tätskiktet (tätskikt i badrum säkerställer att vatten inte tränger ut i byggnaden inifrån) anses brutet eftersom att yttervägg var i direktkontakt med våtutrymme eventuellt på grund av renovering.

Fasaden

På en sida av byggnaden har timmerväggen bevarats som fasad, resterande sidor har stående träpanel. Vatten avleddes med hängrännor.

Tak

Sadeltak med takpannor. Vindsvåningen är under renovering och ska användas som en inredd vind. Vid tilläggsisolering av vind användes mineralull, ångspärr och gipsskivor. Vid besök fanns ett långsmalt område där tak och yttervägg möts där man kunde känna yttervägg vilket inte var isolerat med mineralull eller försett med ångspärr, vilket eventuellt kan bero på att vinden är under renovering.

4.1.2 HUS 2

Byggnaden uppfördes 1910 för att användas som äldreboende. Runt 1998 började nuvarande fastighetsägare renovering av byggnaden för bostadsändamål och har renoverat byggnaden löpande sen dess. Renovering av byggnaden pågick vid besök. Byggnaden har ett bottenplan, en övervåning och en vindsvåning som inte är inredd. Ventilationen består av självdrag. Uppvärmning av byggnaden är med pelletspanna med vattenburet system, vid byggnadens uppförande användes oljeeldad panna. Runt 1998 renoverades taket som tidigare läckt in och gett upphov till ruttnat trä (Fastighetsägarens kommentar)(Stadsbyggnadskontoret Växjö).

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

En fjärdedel av grunden består av källare, resterande del är delvis isolerad krypgrund med jordgolv. Två ventilationsluckor påträffades i krypgrunden. Källaren användes som förvaring, men inte till boende. Fastighetsägaren har haft problem med inläckage av vatten i källaren, som åtgärd har ett dräneringsrör monterats för att avleda vattnet från byggnaden (Fastighetsägarens kommentar).

Väggar

Trästimme med tilläggsisolering på insidan för att bevara fasaden utvändigt.

Fasad

Fasaden från byggnadens uppförande är bevarad med stående träpanel. Den äldre fasaden har otätheter så som sprickor. Fasaden är inte färdigställd och är under renovering. Hängrännor avleder vatten.

Tak

Sadeltak med takpannor. Vid renovering 1998 har taket lagts om med ny läkt och tegelpannor. Vindsvåningen är inte inred eller isolerad. På vindsvåningen fanns bitvis svart missfärgning på råspont (Se figur 4 i appendix 8.4).

4.1.3 HUS 3

Byggdes som hotell på 1800-talet med bottenplan, två våningar, vind samt källare med krypgrund. Uppvärmning av byggnaden med el och ventilation i form av mekanisk frånluft. Fasaden reverterades med puts på trästimme år 1938 och grundplintar i grundläggningen förstärktes år 1966. Fasadändring runt 1988 med tilläggsisolering och inklädnad av putsade fasader med stående träpanel. Tilläggsisolering med reglar, ullskiva och stående lockläktpanel (Stadsbyggnadskontoret Växjö).

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Krypgrund med källare mot ena gaveln. Krypgrunden hade två ventiler för byggnaden. Lukt förekom i grunden, det luktade fruktigt och jordigt. Det förekom organiskt material bland annat i form av träplankor (Se figur 7 i appendix 8.4), då utrymmet användes som förvaring. Inläckage av vatten i den lägre delen av krypgrunden som är av betong (Se figur 6 i appendix 8.4). Den delen var fuktig och fanns ett rör som leder ner till denna del, vilket eventuellt leder in vatten. Bjälklaget i krypgrunden är troligtvis isolerad med kutterspån (fastighetsförvaltarens kommentar).

Väggar-

Fasaden

Stående träpanel. Luftspalten var delvis tätad runt byggnaden. Avledningen av vatten via hängrännor. Lutning mot fastighetens ena långsida och sluttande från byggnadens resterande sidor.

Tak

Sadeltak med brant lutning som består av plåt. Det fanns ingen luftspalt inbyggd i taket. Vinden var inte inredd och var tilläggsisolerad ut till kanterna av vindsbjälklagets ovansida. Två ventiler en på varje kortsida på vinden. Både i störtutrymme och på vinden fanns tecken på att taket tidigare läckt eftersom det var missfärgat på flera ställen på insidan av taket. Takluckan var fuktskadad med svart missfärgning där vatten läcker in. Från taket var en svartfärgad missfärgning som tyder på läckage. Inspektionsluckan fanns i samma rum som en toalett, över luckan fanns vitt mögel som sträckte sig mot ena ventilen på kortsidan av byggnadens vind (Se figur 5 i appendix 8.4).

4.1.4 HUS 4

Byggt under 1700-talet som bostad för betjänter. Byggnaden består av två våningar, vind samt källare. Ventilationen är självdrag och uppvärmning sker med pelletseldning. 1976 installerades vattenklosett och avlopp i byggnaden samt en fasadändring. Vid fasadändringen tilläggsisolerades väggarna med 5 cm mineralull på insidan tillsammans med regler, diffusionspapp och träfiberskiva. Badrumsbjälklaget isolerades med 20 cm mineralull som värmeisolering. 2011 isolerades vindsbjälklaget med lösull ut till kanterna, ingen ångspärr användes vid isoleringen. Under lösullen är den gamla sågspåns isoleringen bevarad. En taklutning på 28 grader och på vinden finns en taklucka (Stadsbyggnadskontoret Växjö) (Miljö-och hälsoskyddskontoret Växjö).

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Källare med självdrag. Grunden är delvis tätad, det fanns två ventiler i källarfönster. Mindre läckage från tank, på skivors papp bredvid tanken fanns synlig påväxt av mögel (Se figur 8 i appendix 8.4). Vid insticks mätning återfanns en svag gradient från brädans nedersta del där mätning togs, till en mätning i brösthöjd. Värdet från den lägsta delen av brädan var 19,2 och värdet i brösthöjd var 17,9 (se tabell 2).

Väggar

Träkonstruktion som var tilläggsisolerade på insidan för att bevara yttre fasad. Ventilationen består av självdrag. I byggnaden fanns en mikrobiell lukt.

Fasaden

Timmervägg från äldre konstruktion är bevarad. Vatten avleds med stuprännor. Fasaden är otät med sprickor.

Tak

Sadeltak med takpannor. Vinden var isolerad med lösull ut till kanter och var inte inredd. Spindelväv rörde på sig vilket tyder på ventilation, såg ingen ventil på vinden.

4.1.5 HUS 5

En skola som uppfördes i början av 1900-talet och som byggdes om till tillfälligt boende 1984. Byggnaden har två våningsplan, källare och vind. Ventilationen idag består av mekanisk frånluft. Uppvärmning sker med bergvärme. Vid renoveringen 1984 isolerades insidan av ytterväggen med gipsskiva, det finns ingen närmare beskrivning om annat byggmaterial användes (Stadsbyggnadskontoret Växjö)(Fastighetsägarens kommentar).

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Grunden består av ca en tredjedel källare, resterande del är torpargrund. I källaren fanns en stor ventil. I kryppgrunden fanns 2 ventiler som var delvis igen täppta. Genom ena ventilen kunde organiskt material urskiljas i form av trä spån närmast ventilen men kunde inte se hur det såg ut längre in i kryppgrunden. Källarbjälklaget är troligtvis isolerat med sågspån enligt fastighetsägaren.

Väggar

Fasad

Stående träpanel som bevarats i utseende från byggnadens uppförande. Vattnet avleds med hängrännor från byggnaden.

Tak

Sadeltak med takpannor.

Vinden är isolerad med mineralull ut till kanterna av vindsbjälklaget och är inte inredd. Missfärgning vid ena takluckan, vilket kan bero på gammal fuktskada.

4.1.6 HUS 6

Byggnaden uppfördes runt 1800-talet. Byggnaden har en huvudsaklig våning men även en mindre lägenhet i höjd med krypgrunden samt vind. Ventilation med mekanisk frånluft. Uppvärmning med jordvärme. Byggnaden renoverades 2000 bland annat grunden.

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Grunden bestod av en mindre lägenhet och krypgrund (Fastighetsägarens kommentar). Krypgrunden var försedd med mekanisk ventilation. Tydlig lukt av ”källare” i grunden. Liten del av organiskt material finns i grunden. Eventuellt är syllan fuktig enligt fastighetsägare. Krypgrundsbjälklagets undersida är isolerat med ca 20 cm mineralull.

Väggar

Eventuellt trästomme i vägg, men informationen är osäker. Ingen närmare information om isolering finns. Två av rummen i byggnaden har en doft av ”källare”.

Fasad

Putsad fasad. Vattenavledning med hängrännor.

Tak

Sadeltak av plåt. Byggnaden hade vind men denna undersöktes inte.

4.1.7 HUS 7

Huset uppfördes 1971 och används inte som tillfälligt boende, men är en lokal som används för allmänna ändamål. En tillbyggnad till byggnaden byggdes runt 1994. I byggnaden finns två våningsplan, där den ena delen är souterräng och det andra våningsplanet ligger i marknivå. En byggnad med souterräng ligger ofta i en sluttning med våningsplan efter marknivån. Det innebär att väggarna mot sluttning är byggda som källarväggar. För denna byggnad har 3 väggar direktkontakt med marken, den fjärde ligger inte i kontakt med marken som en källarvägg. För hus 7 finns det en vindsvåning. För ca 10 år sedan renoverades toaletterna på souterrängvåningen på grund av fuktskada. Ventilation i form av mekanisk frånluft och uppvärmning med fjärrvärme.

Enligt stadsbyggnadskontorets ritningar från 1972 så består grunden av grus, betongplatta och överbetong från marken sett. Betongplattan har isolering av oputsade lättklinkerblock i ytterkanten. Källarväggarna består även av lättklinkerblock så kallade LECA-block med puts på båda sidor. Trä i kontakt med betong ska vara impregnerat enligt ritningar. I den tekniska beskrivningen (1972) beskrivs pannrum, förråd, wc ha armerad överbetong. I övriga delar av våningen finns från betongplattan sett, regler, mineralull, ett luftat utrymme och sedan spånskivor. . Tanken var att via ventilationspringa vid golvlist ventilera utrymmet mellan spånskiva och mineralull Bärande väggar i souterrängvåning består av betonghålblock enligt ritningar från 1972. I våningsplanet över är stommen av trä och innerväggar består av träpanel och gipsskivor. Väggen är även försedd med mineralull och diffusionstät papp. Ytterväggarna är utvändigt klädda med asfaboard och stående lockpanel av trä (Stadsbyggnadskontoret, 1972), Enligt ritningar är takkonstruktionen ”svensk

takstol”.

För nuvarande har byggnadens nedre våningsplan (souterrängdelen) konstaterats ha mögellukt och håller för närvarande på att undersökas av Anticimex. De har borrar två hål på nedre våningen för att undersöka konstruktionen.

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Platta på mark utan underliggande isolering och souterräng. Listen som skulle ventileras grunden observerades. I borrar hål 1 (Se figur 9 i appendix 8.4) syntes betongplattan, träreglar, isolering och sågspån. Sågspånen kan ha tillkommit när hålet borrades eller vid byggnadens uppförande. Betongen såg grusig ut. I borrar hål 2 förekom förutom betongkonstruktionen och träreglar, en stark doft av ”källare” i hålet (Se figur 10 i appendix 8.4). Utanför byggnadens souterrängdel brukar det stå vatten i en dagvattenbrunn (fastighetsförvaltarens kommentar).

Väggar

Källarvägg i souterrängplan åt 3 sidor, en sida i marknivå.

Fasad

Stående träpanel. Vatten avleds med hängrännor.

Tak

Sadeltak med takpannor. Ingen okulär besiktning av vinden.

4.1.8 HUS 8

Byggnaden uppfördes 2009, har ett våningsplan och vind. Byggnaden nyttjas som tillfälligt boende och året-runt boende. I varje rum finns uteluftsintag och don för mekanisk frånluftsventilation. Kök och toalett har frånluftsventilation. Uppvärmningssystem består av ett vattenburet system som är vedeldat och som sprider värmen via golvvärme. Platta på mark med underliggande isolering och ingjutna golvvärmeslingor. Väggarna består av en trästomme, mineralull, ångspärr, spånskiva och gipsskiva (Fastighetsägarens kommentar)

Observationer från okulär besiktning

Grundläggning

Platta på mark.

Väggar.

-

Fasad

Stående träpanel. Vatten avleds med hängrännor.

Tak

Sadeltak med takpannor, taket har en väv istället för den råspont med takpapp som funnits i andra träbyggnader. På väven avleds vatten likt funktionen av takpapp. Vindens bjälklag är isolerat med lösull på en ångspärr. I kanterna av vinden finns ventilation ute i kanterna av vindsutrymmet. Vinden är inte inredd.

4.2 Mätresultat från fuktmätningar

Några byggnader har mer än en mätpunkt i respektive byggnadsdel, dessa är markerade med siffror inom parentes och är namngivna efter byggnadsdel där provtagning utförts. Mätvärden tagna för att beräkna aktuell ånghalt redovisas i tabell 1. Genom att beräkna den aktuella ånghalten kan man jämföra fukttillskott i olika delar av byggnaden. För beräkning av aktuell ånghalt, se ekvation 1.

Tabell 1: Visar mätvärden för uppmätt relativ fuktighet och temperatur för varje byggnad samt i respektive mätpunkt inom byggnaden. Utifrån relativ fuktighet och temperatur har den aktuella ånghalten beräknats (se appendix 8.2).

Hus	Mätpunkt	Relativ fuktighet (%)	Temperatur (°C)	Beräknad aktuell ånghalt (g/m ³)
1	Utomhus	34,4	12,5	3,78
1	Krypgrund	34,2	12,8	3,83
1	Inomhus nedervåning	29,9	17,8	4,54
1	Inredd vind	37	15,3	4,84
2	Utomhus	31,3	12,3	3,4
2	Krypgrund	45,9	12,6	5,08
2	Källare	39,6	16,5	5,56
2	Inomhus ovanvåning	34,7	20,4	6,14
2	Vind Skrubbb	49,7	16,4	6,94
2	Vind	42,6	18,3	6,66
3	Utomhus	70,8*	13,7	8,39
3	Krypgrund (1)	46,6	12	4,97
3	Krypgrund (2)	53,5	12,4	5,85
3	Inomhus, toalett under vindslucka	35,3	21,4	6,62
3	Vind Störtutrymme	35,8	18,5	5,67
3	Vind	42,8	18	6,57
4	Utomhus	34,2	13,1	3,91
4	Källare (1)	34,6	14,5	4,31
4	Källare (2) Bredvid mögel	45	11	4,51
4	Vind	27,8	19	4,53
5	Utomhus	52,6	11,1	5,3
5	Källare (1)	54,3	11,8	10,6
5	Källare (2) Fuktigt golv	54,4	12,2	5,88
5	Inomhus nedervåning	37,6	17,3	5,54
5	Vind	40,6	14,2	4,96
6	Utomhus	52,6	11,1	5,3
6	Krypgrund	35,7	16,4	4,98
6	Inomhus (1) "Källardoft"	34,6	20,9	6,3
6	Inomhus (2)	32,4	21,6	6,14
7	Utomhus	43,5	10	4,09
7	Borrat hål (1) I hål	42,6	18,7	6,82
7	Borrat hål (1) Utanför hål	26,9	19,8	4,59
7	Borrat hål (2) I hål	36	18,9	5,83
8	Utomhus	36,5	14,2	4,46
8	Inomhus	31,9	21,3	5,95
8	Vind	31,6	17,5	4,71

*Taget efter regn.

Mätvärden från träbjälkar i byggnadernas grundläggning samt beräkning av relativ fuktighet redovisas i tabell 2. I tabell 3 redovisas värden från träbjälkar på vindsvåning. För att förhindra mögelpåväxt bör inte fuktkvoten överstiga 18 % (Sveriges byggindustrier, 2004). Tabell 2: Resultat från insticksmätningar vid träbjälkar i grundläggningen samt beräknad fukthalt och relativ fuktighet. I hus 5 och 8 togs inga mätningar. Värden där den relativa fuktigheten överskrider 75% är markerade med rosa färg.

Grundläggning				
Hus	Mätpunkt	Fuktkvot (%)	w, Fukthalten (kg/m ³)	Relativ fuktighet (% RF)
2	Krypgrund	19,9	101,5	87,5
4	Källare bräda botten*	19,2	97,9	85
1	Krypgrund	18,9	96,4	80
4	Källare bräda topp*	17,6	89,8	75
3	Krypgrund (1)	14	71,4	<75
3	Krypgrund (2)	13,8	70,38	<75
4	Fönster	13	66,3	<75
6	Krypgrund	11,6	59,16	<75
7	Borrat hål (2) i hål	9,4	47,94	<75
7	Borrat hål (1) i hål*	0,9	4,59	<75

*Samma bräda med två mätningar i olika höjd. Tabell 3: Resultat från insticks mätningar på vind samt beräknad fukthalt och relativ fuktighet. Insticksmätningar på vindutrymme gjordes endast i hus 3,4 och 5. Värden där den relativa fuktigheten överskrider 75% är markerade med rosa färg.

Vind				
Hus	Mätpunkt	Fuktkvot (%)	w, Fukthalten (kg/m ³)	Relativ fuktighet (% RF)
3	Fuktig taklucka	27,8	141,8	90
4	Bjälke	10,7	54,6	50
3	Bjälke	10,2	52	48
5	Bjälke	9,7	49,5	37,5
3	Ribba	9,4	47,94	30

5. DISKUSSION

5.1 *Analys av byggnader*

5.1.1 HUS 1

Den relativa fuktigheten och temperaturen för hus 1 i krypgrund och utomhus är i princip identisk vilket kan förklaras av att det fanns en stor öppning i grunden. Nederbörd kan under vissa väderförhållanden få direktkontakt med träkonstruktionen via öppningen i grunden, exempelvis vid kraftigt slagregn med blåst.

I byggnaden är aktuell ånghalt för mätpunkt inomhus nedervåning i princip samma som för mätpunkt inredd vind vilket förklaras av att vinden ska användas som en del av boendemiljön. Vinden är inte avgränsad utan hela våningen nyttjas. Utrymmet mot insidan av taket är då uppvärmd som för nedervåningen i byggnaden. Hade vinden varit avgränsad och inte varit inredd hade man kunnat dra slutsatsen att det är otätt mellan nedervåningen och vindsvåningen. Vinden var under renovering och tanken är att våningen ska användas som inrett utrymme.

Vid okulär bedömning konstaterades att grunden var delvis tätad och att den ventilerades via sprickor och otätheter i grunden samt via öppningen in i grunden. Grundläggningen är en typ av riskkonstruktion. Risken för detta hus är att ventilationen i grunden är otillräcklig om grunden tätas utan att ventiler sätts in, nu fanns en öppning in i grunden vilket för närvarande ventilerar grunden med uteluft. Krypgrunden är isolerad på undersidan av bjälklaget, för marken i grund fanns inte något kapillärbrytande skikt eller någon plastfolie som hindrar avdunstning från marken, detta kan förklaras av att det kan vara svårt att installera en dränering eller plastfolie under byggnaden.

Isoleringen hölls på plats av träribbor, ingen information om dessa är tryckimpregnerade eller ej har framgått, men helst bör träbaserade produkter i underkanten av bjälklaget undvikas, särskilt eftersom en hög relativ fuktighet gynnar mögel (Sandin, 2007). Vid kraftig nederbörd så brukar det enligt fastighetsägaren ansamlas vatten inuti grunden, detta kan visa på att dränering för byggnaden är otillräcklig. Detta styrks av fuktkvoten som uppmättes i en bjälke i grunden, värdet var 18,9 % vilket överskrider gränsen där mögel riskerar att tillväxa (Sveriges byggindustrier, 2004).

5.1.2 HUS 2

För hus 2 är den relativa fuktigheten högre i krypgrunden än utomhus och den aktuella ånghalten skiljer med $1,68 \text{ g/m}^3$. I boken "Få bukt med fukt" så konstateras ett fukttillskott på $0-1 \text{ g/m}^3$ i en krypgrund jämfört med ånghalten utomhus och där konstateras deras värde inte indikera på någon risk för röta men för en gynnsam tillväxt miljö för mögel (Arfvidsson et al., 2007). Baserat på deras bedömning antas grunden för hus 2 ha gynnsamma tillväxtförhållanden för mögel, vilket stärks av mätvärdet taget i trä som visar att beräknad relativ fuktighet för trä är 87,5%. Ventilationen i krypgrunden var begränsad och är troligen en av orsakerna till fukttillskott i grunden som varken skyddas med plastfolie eller är isolerad mot markfukt. En möjlig orsak till detta värde är att ventilationen i krypgrunden är för liten i kombination med att det inte finns något som förhindrar markfukt att tillföras krypgrunden.

Aktuell ånghalt för ovanvåningen är nästan samma som för vindsvåningen vilket kan bero på att luft från bostaden leds in i vindsutrymmet via sprickor och otätheter.

Otät äldre fasad som lättare kan påverkas av yttre väderförhållanden som vind och nederbörd.

5.1.3 HUS 3

När hus 3 besöktes hade det nyss regnat vilket kan ha inverkat att värdena för relativ fuktighet blivit höga. Ett exempel på detta är värdet utomhus som uppmättes till 70 % vilket är mycket högre än de värden för relativ fuktighet som uppmätts utomhus för övriga undersökta byggnader. Detta har även inverkat att mitt beräknade värde för aktuell ånghalt blivit högt.

I kryppgrund fanns organiskt material som troligen gett upphov till lukten i grunden. Mot byggnaden finns relativt stor lutning och ett avskärmande dike hade kunnat minska trycket från ytvatten mot byggnaden och grunden. För hus 3 antas lukten bero på att det finns god tillgång på organiskt material som tillåter god tillväxtmiljö för mögel.

Då byggnaden har en tätad luftspalt så kan inte fukt ventileras ut från fasaden och blir stående i byggnadens väggar. Är luftspalten tätad uppfylls inte syftet med luftspalten. För mätpunkten inomhus (toalett under vindslucka), för vind (störtutrymme), vinden är aktuell ånghalt överensstämmande.

Vatten har kondenserat på takets inner sida och där finns mögel. Under vintern när plåttaket är kallt kan luft som leds in på vinden kondensera mot det kalla plåttaket. Vid taket fanns ingen luftspalt som kunde leda bort kondenserande vattenånga från taket. Vindsluckan är dåligt isolerad och dåligt tätad vilket ger ett läckage av vattenånga från bostadsutrymme till vinden. Det är väldigt tydligt att vattenånga leds in via otät vindslucka eftersom mögel tillväxer ovanför luckan. Vatten kan även ledas ner via de otäta anslutningar som fanns i taket. Vinden är tilläggsisolerad ut till kanterna av vindsbjälklagets ovansida.

5.1.4 HUS 4

För hus 4 togs inga värden inomhus vilket gör det svårt att jämföra mätvärdena. De slutsatser man kan dra av värden tagna utomhus och i källaren är att mätvärdena är närmast identiska. Detta kan bero på att dörren till källaren hade en stor glipa vilket tillåter luftrörelser samt att fönster hade var något öppet. Beräknade aktuella ånghalter är nästan överensstämmande för samtliga mätpunkter.

Relativ fuktighet vid mätpunkten i källaren där det fanns mögel är högre än värden tagna i en annan del av källaren samt utomhus. Det visar på en gynnande tillväxtmiljö eftersom det fanns tillgång på vatten. Det synliga möglet har tillväxt på gipsskivans pappersskikt eventuellt är det mögel som typiskt sett tillväxer på gipsskivans papper som heter *Stachybotrys chartarum* (Redlund, 2008). I källaren har fel byggnadsmaterial använts med tanke på fukthalten. Gips är fukt känsligt och löser upp sig i fuktig miljö.

Fasaden otät, utsatt för nederbörd som kan ledas in i byggnaden.

Temperaturen på vinden förväntas vara lägre då den är tilläggsisolerad, då inget mätvärde togs inomhus kan ingen temperatur jämförelse göras. På vinden finns lösull ut till kanterna och är inte försedd med ångspärr vilket normalt inte görs vid tilläggsisolering. Inga ventiler dock självdrag via otätheter.

5.1.5 HUS 5

I källaren uppmättes en relativ fuktighet på 55 % vilket kan förväntas på grund av en vattenfylld brunn som finns i källaren. Enligt fastighetsägaren spolades vatten ut där från ett reningsverk. Eventuellt fanns det organiskt material i kryppgrunden som kan ge upphov till lukt. Fasaden var underhållen och relativt nymålrad vilket ger ett skydd mot yttre klimatförhållanden. Likt hus 4 är vindsbjälklaget isolerat med lösull ut till kanterna och ventilation via självdrag.

5.1.6 HUS 6

Aktuell ånghalt för hus 6 har ingen anmärkningsvärd skillnad i ånghalt. Vinden undersöktes ej, därför finns inga mätvärden eller okulär bedömning.

Krypgrund är kall på grund av mycket isolering i krypgrundsbjälklaget. På våren blir det fuktigt i krypgrunden för att det är en tjock isolering. Marken kyler ner krypgrunden som inte värms upp eller är skyddad från markfukt via plastfolie.

Källardoften i rummen kan bero på att luften från krypgrunden leds in via otätheter i bjälklaget vilket påverkar inomhusmiljön (Svensson, 2001). Eventuellt kan orsaken till att doften dras upp från grunden bero på ventilation som förstärker tryckskillnader i byggnaden och gör så att doften leds in i boendet. Vid normalt tryck i en byggnad (byggnadens nedervåning har undertryck pga. Termisk drivkraft eller mekanisk ventilation) så pressas luft från krypgrunden upp i huset, för att motverka detta vill man skapa ett undertryck i krypgrunden (Anderlind, 1991) så att doft som i detta fallet inte leds upp i bostadsutrymme och påverkar inomhusmiljön. Eftersom det finns en fläkt som ventilerar krypgrunden så kan denna fläkts funktion vara just att suga ut luft från krypgrunden för att försätta undertryck i grundläggningen. Det som är intressant att utreda i byggnaden är uppkomsten till doften. Doft i krypgrunden kan bero på organiskt material som möglar eller något dött djur i grunden (Anderlind, 1991). Doft kan även bero på vilken typ av byggnadsmaterial som används vid renovering, tryckimpregnerat trä kan exempelvis ge upphov till doft (Nevander et al., 2006). För denna byggnad kan den fuktiga syllen (en bjälke i ytterväggen som är nära marken) ge upphov till lukten. Det hade varit intressant att ta ett värde i syllen för fuktkvoten, men syllen var svåråtkomlig.

Det fanns ingen information om vad som finns i väggarna för denna byggnad. Om det är en trästomme som döljer sig bakom fasaden och som inte är ventilerad, finns risk för att vatten kan läcka in på ställen i fasaden där infästningar inte gjorts täta. Denna typ av vägg är en riskkonstruktion som är känslig för att utsättas för fukt. Vid skada kan den uppträda på utvändiga gipsskiva eller på träregelstommen (Arfvidsson et al., 2007).

5.1.7 HUS 7

Det som är intressant med hus 7 är att ånghalten i provhål (1) (Se appendix 8.4) är högre än mätningen tagen utanför hålet. Detta stämmer även överrens med borrarhål (2). Ånghalten är således högre de borrarhålen vilket tyder på fuktillskott i grundkonstruktionen. Temperaturen skiljer med en grad i och utanför hålet. Grundkonstruktionen utgörs av en platta på mark utan underliggande isolering där fukt känsligt material var i kontakt med fuktiga miljöer som gett luktproblem. Dessutom består konstruktionen av en souterrängdel. Det finns rabatter längs byggnaden vilket ger en högre fuktbelastning mot grunden. Dräneringen för byggnaden kan ifrågasättas då vatten står i brunn utanför byggnaden. Ventilation via golvlister är inte tillräckligt för att ventileras grunden. En åtgärd för grundkonstruktionen kan vara att förändra konstruktionen, använda fukt känsliga material eller ventileras (Hagetoft, 2002).

5.1.8 HUS 8

Hus 8 har en fuktsäker konstruktion där platta på mark är utformad med underliggande isolering som ser till att betongplattan hålls varm samt att vatten inte leds in i konstruktionen. Byggnaden uppfördes 2009 och är vid nybyggnation dimensionerad efter dagens lagkrav vilket skiljer sig från resterande byggnader som tilläggsisolerats.

Aktuell ånghalt för utomhus och vind är nästan lika för hus 8, vilket är förväntat för en byggnad med kall vind.

I hus 8 består underlagstak av en väv och vindsutrymmet är rikligt ventilerat. Väven består av en typ av behandlat plastmaterial vilket minimerar risken för mögel, då detta inte består av organiskt

material som tillväxtmedium för mögel.

5.2 Sammanfattning över byggnaders analys

Sammanfattningsvis hade 5 av 8 byggnader någon typ av avvikelse i grundläggningen med höga mätvärden, lukt eller tillgång på organiskt material. För hus 3, 6 och 7 konstaterades en doft av källare. För hus 1 verkar dränering och vattenavledning vara otillräcklig, eftersom vatten ansamlas i grunden vid rikligt regn samt att mätvärdet i krypgrunden visade en gynnande tillväxtmiljö för mögel. För hus 1 och 2 var den relativa fuktigheten hög i krypgrunden och enligt beräknade mätvärden för relativ fuktighet via instick i träbjälkar så har grunderna en gynnsam tillväxtmiljö för mikroorganismer. I hus 4 fanns en mikrobiell inomhus, för hus 6 och 7 fanns doft av källare inomhus. Hus 3 hade tillväxt av synligt mögel på vinden och hus 4 hade tillväxt på gipsskiva i källare.

Gemensamt för hus 1, 2 och 5 är att byggnaden har byggts om från att ha använts till olika typer av verksamhet till boende vilket gör att byggnaderna kan klassas som riskkonstruktioner. De är ombyggda från lantbruksmagasin, äldreboende och skola. Resterande byggnader är ombyggda för att klara de krav som på senare tid ställts på boende förutom hus 7 och 8 som byggs till det syfte de har idag.

Alla byggnader förutom hus 6 hade en fasad av träpanel. Hus 2, 4 och 5 var tilläggsisolerade på insidan. Hus 3 var tilläggsisolerat på utsidan. Hus 1 var tilläggsisolerat på både in och utsida. Hus 7 och 8 byggdes med nuvarande isolering, de har ej tilläggsisolerats. För de som tilläggsisolerat på insidan har syftet vara att bevara byggnadens ytterfasad. Om hus 6 består av träregelstomme utan ventilering av fasad så kan denna byggnad riskera att få fuktskador vid ett förändrat klimat med rikligare nederbörd (Växjö kommun, 2013). Särskilt om slagregn mot fasaden ökar eftersom fukt i fasaden tar lång tid att torka ut (Arfvidsson et al., 2007).

5.3 Analys av konstruktioner

När en äldre byggnad ska tilläggsisolerats så får byggnadsdelar utanför isoleringsskiktet en högre fuktnivå på grund av att dessa blivit kallare. Om det finns mögelväxt sedan tidigare kan det komma att förvärras till följd av att fukthalten i byggnadsdelen höjs (Boverket, 2009a). Det finns ett samband mellan ventilation, temperatur, konstruktion, materialval och arbetsutförande som avgör om konstruktionen kan få problem med fukt. Om ventilationen är felaktigt utförd eller otillräcklig kan det leda till ett övertryck i byggnaden som kan pressa ut fuktig luft i byggnadskonstruktioner.

Hur ett byggnadsmaterial reagerar med fukt beror på materialets porositet, porstorleks fördelning, struktur och kemiska uppbyggnad (Nevander et al., 2006). Fuktkvoten i byggnadsmaterial bestäms av den relativa fuktigheten i omgivningen. Tillståndet för byggnadsmaterial blir kritisk när den relativa fuktigheten i luften är för hög, redan vid 70 procent relativ fuktighet kan mögel tillväxa och fuktskador kan uppstå (Anderlind, 1991). En del material tolererar hög relativ fuktighet utan att mögel tillväxer medan annat material är mindre toleranta. I en byggnad utsätts olika konstruktionsdelar av byggnaden för olika temperaturer och relativ fuktighet. Därför bör byggnadsmaterial väljas utifrån de förhållandena som förväntas för den specifika konstruktionen. Tillverkarna av byggnadsmaterial bör kunna bestämma byggnadsmaterialets kritiska fuktnivå alltså den nivå för relativ fuktighet där mögel riskerar att tillväxa. Det finns många studier utförda med syfte att studera mögeltillväxt på olika byggnadsmaterial under olika förhållanden, nya material utvecklas ständigt där motståndet mot mögel är okänt (Bok et al., 2012).

Valet av lämpligt byggnadsmaterial och byggnadsteknik är viktigt att välja utifrån rådande förhållande så att en byggnadsdel ska kunna torka ut tillräckligt snabbt och i så stor omfattning så

att inträngande fukt inte kan orsaka en fuktskada (Boverket, 2013). Fuktkänsliga byggnadsmaterial bör bytas till material som tål fuktpåverkan, oorganiskt material exempelvis plåt, plast kan väljas istället för organiskt material som trä. Alternativt behandla fuktkänsligt material (Nevander et al., 2006).

Tilläggsisolering av ytterväggar kan göras på byggnadens utsida eller insida. Att isolera från insidan kan innebära en risk för fuktskador då den yttre delen av konstruktionen får låga temperaturer. Invändig isolering kan ge köldbryggor som släpper in kyla via anslutningar i byggnaden exempelvis där golv och vindsbjälklag ansluter till ytterväggarna. Isolering på utsidan kan leda till större kostnader och att den äldre fasaden byts ut (Ottosson, 1994). Vid tilläggsisolering på insidan används vanligtvis mineralull mellan reglar mot ursprunglig vägg (Nik et al., 2012b). Ska byggnaden isoleras på insidan bör ångspärr användas eftersom väggens genomsläpplighet för vattenånga är okänd. Har ångspärren monterats fel eller skarvar är dåligt tätade kan det vara avgörande för om fukt kommer leta sig in i konstruktionen (Anderlind, 1991). Byggnadsdelar som inte värms upp kan få problem med höga fukthalter och detta har ökat i Sverige under det senaste årtiondet (Nik et al., 2012b). Tilläggsisolering på utsidan kan göras med minerallull alternativt cellplast som är försett med fasad ytterst, exempelvis träpanel eller plåt. Isolering på utsidan av byggnaden är fuktmässigt bättre eftersom den ursprungliga väggen hålls varmare (Nevander et al., 2006).

5.3.1 Vindar

Vid tilläggsisolering av vindsbjälklag kan fuktskador uppstå utan att fukttillförseln har ökat. Ett välisolerat bjälklag gör att vindsutrymme blir fuktigare och kallare (Samuelson, Tobin, 2004). Vanligt material för att isolera vindsbjälklaget med är mineralull (Ottosson, 1994).

Förr ventilerades vindsutrymmet för att hålla takytan kall för att förhindra ojämn snösmältning, vilket annars gav upphov till istappar. Nu behöver ventilationen inte användas för detta syfte då vindsbjälklaget i regel är så välisolerade att värmeläckage genom bjälklaget förhindras. Ökad ventilation innebär generellt att vindsutrymmet blir kallt och fuktigt. Istället för ökad ventilation bör fukt förhindras att tillföras vindsutrymmet. I vissa välisolerade byggnader kan ventilation av vindsutrymmet vara en klar nackdel. Ventilation kan föra in fukt utifrån och in i byggnaden vilket kan leda till skador. Vid mer omfattande fuktskador i vindsutrymmet beror detta på tillförsel av fukt som till byggnaden. Det kan ske via vattenläckage i ledningar eller läckage av regnvatten. Den mängden fukt som då tillförs kan inte ventileras bort eftersom uteluften inte har förmågan att torka ut skadan. Mer ventilation i nybyggda välisolerade hus har ökat, trots att ventilation bara kan lösa fuktproblem under speciella förhållanden (Samuelson, Tobin 2004).

För att undvika mögelpåväxt måste den relativa fuktigheten sänkas i vindsutrymmet. Ett alternativ är att ändra konstruktionen, ett annat alternativ är att tillföra värme i vindsutrymmet eller minska ventilationen så att temperaturen ökar (Samuelsson, Tobin 2004). En annan åtgärd kan vara att isolera taket utvändigt för att undvika kondensation på takets undersida, men det förhindrar inte mögelpåväxt avsevärt. (Nik et al., 2012a).

5.3.2 Platta på mark

I byggnader som är byggda mellan 1965 och 1985 har det uppstått skador, där golvbeläggningar har missfärgat och lossnat samt att röta och mögel återfunnits i träkonstruktion. Orsaken till skadorna är ofta markfukt i vätske- och ångfas som genom den kalla och fuktiga betongplattan får kontakt med träkonstruktionen. Det finns två konstruktioner med platta på mark där skador lätt kan uppstå; dels betongplatta med överliggande isolering och uppreglat trägolv samt golv där lättklinker använts som värmeisolering (Sveriges tekniska forskningsinstitut, 2013c). När ett material med lägre fuktnivå har kontakt med ett torrare material kommer fukt att transporteras kapillärt eller via diffusion till det torra materialet. Därför ska trämaterial alltid fuktskyddas från fuktigt material vilket kan göras med fuktskydd eller fuktspärr (Sveriges byggindustrier, 2004). Platta på mark med underliggande isolering är en konstruktion som förhindrar att fukt letar sig upp i konstruktionen eftersom betongen

värms upp och inte blir fuktig eller kall (Anderlind, 1991).

5.3.3 Källare

Principen för källare är principiellt samma som för platta på mark, men en källare eller souterrängvåning utsätts för en högre fuktbelastning är en platta i marknivå. Ånghalten i källarkonstruktionen i marken är högre än för en platta som ligger på marknivå (Boverket, 2003). Källare ska främst isoleras utvändigt som är fördelaktigt då stommen blir varmare och torrare samt att utvändigt isolering ger ett fuktskydd. Ångspärr ska inte användas varken vid invändig eller utvändigt isolering eftersom fukt i konstruktioner inte kan torkas ut (Anderlind, 1991). Att isolera källarväggen på insidan med träregelstomme kan vara riskfyllt, då det medför att den gamla väggen får nästan samma temperatur som marken utanför isoleringen. Det gör att väggen utanför isoleringen kommer få en relativ fuktighet på 95 till 100 procent (Boverket, 2003).

5.3.4 Krypgrund

När golvbjälklagen isolerats bättre har klimatet i krypgrunderna försämrats, detta i kombination med att grunden ventileras lika mycket sommar som vintertid gör att klimatet i krypgrunden till stor del styrs av utomhusklimatet. Miljön i krypgrunden kan liknas vid situationen där vindar tilläggsisoleras och får problem med hög relativ fuktighet. Under sommaren dras varm luft ner i krypgrunden där vattenånga kondenserar mot bjälklagets undersida, vilket sker eftersom varm luft kan hålla mer vattenånga än kallare luft. Vintertid kyler luften som kommer in i grunden marken. Även om en grund är väl utförd så är det fuktigt i krypgrunden. Sommartider är det mest gynnsamt för mikroorganismer i krypgrunden då fukt tillförs och temperaturen är relativt varm (Samuelson, 2002). Det finns regionala skillnader för hus med krypgrund i Sverige. Södra Sverige har många byggnader med skador i krypgrunden till följd av långa perioder med högt fuktinnehåll i luften och hög temperatur i luften. Eftersom vintern är kortare i södra Sverige så är även uttorkningstiden kortare. Det är under vintern krypgrunden har möjlighet att torka, under höst och sommar tillförs störst mängder fukt krypgrunden (Anticimex, 2008).

För att motverka kondensation mot bjälklagets undersida kan markytan isoleras för att höja temperaturen i krypgrunden och fuktillskott från mark kan förhindras med ångspärr (Arfvidsson et al., 2007).

5.4 Klimatförändring: inverkan på byggnader

I Växjö kommuns klimatanpassningsplan beskrivs ett ökat behov av underhåll och renoveringar på grund av ökad luftfuktighet, högre temperatur och ökad nederbörd. Stora kostnader förväntas i samband med detta. Identifiering av skador och åtgärder idag beräknas kosta flera miljarder vilket är en summa som kan bli mycket större med byggnader som idag inte uppfyller lagstadgade krav, utsätts för större påfrestningar av kommande klimatförändringar. Att renovera i tid innan skadan är gjord och i förebyggande syfte är mer ekonomiskt än att åtgärda en befintlig skada. Tänkbara åtgärder från kommunens sida är att inventera byggnader med riskkonstruktioner samt att informera om behovet av underhåll och renoveringar till följd av stundande klimatförändringar till fastighetsägare (Växjö kommun, 2013).

Till följd av klimatförändringars påverkan på vädret förväntas byggnader med fuktproblem öka (WHO, 2009). Byggnader bör fuktdimensioneras så att de klarar ett varmare och fuktigare klimat med mer extrema väderförhållanden (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012). Klimatförändringar påverkar byggnader på olika sätt; hållbarheten minskas med fukt i byggnadsmaterial och byggnaderna får en ökad påfrestning från väder som vind och nederbörd (Nik et al., 2012b). En ökad nederbörd kan innebära stora problem för byggnader som i nuläget har problem med inläckage av vatten. Inomhusluften i byggnader är viktig eftersom störst tid spenderas inomhus. Utsätts byggnader för mikroorganismer som tillväxer när tillräcklig fukt finns tillgänglig så riskerar boende i byggnaden uppvisa luftvägssymtom som exempelvis astma eller allergier. Den viktigaste faktorn som påverkar

mikroorganismernas tillväxt är tillgången på vatten (WHO, 2009). Den hälsorisk som mögel utgör är större vid permanentboende än för tillfälliga boenden när det gäller vistelse i ohälsosam miljö. Det innebär inte att det är acceptabelt med mögel vid tillfälliga boenden. Vid tillfälliga boenden kan allergiska personer eller personer med överkänslighet vistas och få problem med hälsan (Socialstyrelsen, 2004).

I Växjö kommun beräknas nederbörden öka (Växjö kommun, 2013), som kan innebära att byggnaders grundmurar tillförs mer fukt vilket i sin tur leder till att luften i grunden tillförs fukt. Fastighetsägare bör regelbundet kontrollera krypgrunden som en förebyggande åtgärd, särskilt vid sommar och höst då risken för hög relativ fuktighet är som störst. För att förebygga fuktproblem i krypgrunden kan fastighetsägaren välja att ha uppvärmning i grunden, värmeisolera marken, sätta in ångspärr, förbättra yttre fuktskydd eller sätta in sorptionsavfuktare som tar bort fukten från luften vid låga temperaturer. Principen för alla förebyggande åtgärder är att motverka hög relativ fuktighet eller låga temperaturer där vattenånga kan kondensera mot blindbotten (Anticimex, 2008).

Med stigande havsvattennivå kan högre grundvattennivå förväntas vid strandnära bebyggelse, vilket skapar problem särskilt för äldre byggnader som är byggda på dålig grund eller där en högre grundvattennivå kan leda till att fukt samlas i grunden. Därför krävs att byggnaders konstruktioner anpassas inför en höjd grundvattennivå. Länsstyrelsen vid Skåne län har gett förslag på hur man kan bedöma framtida grundvattennivåer för att kunna utföra skadeförebyggande åtgärder. Bland annat kan man jämföra uppgifter om jordarternas sammansättning, grundvattenytans gradient, värden för högsta uppmätta grundvattennivåer och högvattens tidsmässiga hållbarhet med beräknade värden för medelvattenytans nivå om 100år. En byggnads grundläggning ska ske på tillräckligt hög nivå för att undvika fuktskador, det räcker att grundvatten eller översvämningssvatten tränger igenom grundläggningens dränerande och kapillärbrytande skikt vid ett enstaka tillfälle för att en byggnad ska fuktskadas (Länsstyrelsen i Skåne län, 2009).

Jämfört med klimatet 1961-1990 har klimatet de senaste 20 åren varit mildare och fuktigare i Sverige. Alla år sedan föregående 30 års genomsnitt har varit varmare. Ventilrad vind är en byggnadsdel som är känslig mot ett klimat som är varmare och fuktigare (Nik et al., 2012a). Med ett mildare vinterklimat (Växjö kommun, 2013) så kommer klimatet i Växjö likna det som södra Sverige har nu. Byggnader i södra Sverige har en större risk för mögeltillväxt på underlagstak och på material som lagras på vinden, vilket kan åtgärdas med att minska ventilationen. Då tillförs inte fukt vindsutrymmet utifrån, men risken är att fukt som uppstår i vindsutrymmet inte kan ventileras ut (Samuelson, Tobin 2004). Kalla vindar är en riskkonstruktion med existerande mögelproblem och som kommer fortsätta ha problem med mögel i framtiden. Hållbarheten av denna typ av vindar ifrågasätts på grund av nuvarande status med fukt och mögel. I en framtid med mildare, varmare klimat kan antalet fuktrelaterade problem på vindar öka (Nik et al., 2012a).

6. Slutsats

De avvikelser som påträffats hos undersökta byggnader kan tyda på fukt eller mögelskador men dessa behöver undersökas närmare för att kunna konstatera om det är en skada och hur den i det fallet lämpligast bör åtgärdas för respektive byggnad. I undersökningen har principerna till hur en konstruktion fungerar normalt beskrivits samt hur tilläggsisolering kan påverka konstruktionen i förhållande till fukt och mögel. Att tilläggsisolera en byggnad kan vara kritiskt med avseende på fukt beroende på konstruktionsdel som ska tilläggsisoleras och byggnadens nuvarande status avseende ventilation, vattenavledning och så vidare. Det är intressant hur byggnader som tilläggsisolerats kommer påverkas av ett varmare och fuktigare klimat. Klimatförändringarna kommer att ställa högre krav på befintliga byggnader i Sverige med ett fuktigare och varmare klimat. Byggnaderna kommer att påfrestras av ökande nederbörd och mer extremt väder. För de byggnader som undersökts har vissa byggnader problem med inomhusmiljön redan nu med luktproblem. Det fanns även synligt mögel i två byggnader som kan påverka inomhusmiljön. Där det redan nu finns en fuktskada kan problemen

förvärras vid ett fuktigare klimat. För byggnader i Växjö kommun har grunder i dagsläget haft mest avvikelser i förhållande till de delar av byggnaderna som undersökts och vid kommande klimatförändringar verkar det vara grunderna som kan få mer problem i framtiden. Kalla vindar som är en mycket vanlig byggnadskonstruktion verkar vara problematisk i framtiden.

Det är viktigt att förebygga en skada än att försöka åtgärda den när skadan redan uppkommit. Det är dyrare att åtgärda en skada än att förebygga den. Det som konstateras med denna undersökning är att åtgärder i vissa konstruktioner inte vidtagits för att förhindra fukt i byggnaden. Vid grundläggningen har vissa byggnader ingen ångspärr som förhindrar markfukt att nå byggnaden eller dränering för att avleda fritt vatten. Underhåll av fasad och av tak som blir eftersatt kan i längden kan leda till skador på byggnader om inte åtgärder vidtas. Det är viktigt att fastighetsägare kontrollerar byggnader regelbundet för att upptäcka skador och att de känner till hur byggnaden riskerar att drabbas. Vilka åtgärder som bör vidtas i förebyggande syfte beror på byggnadens konstruktioner samt nuvarande status för byggnaden.

Ur ett myndighetsperspektiv på nationell nivå kan ett förebyggande arbete mellan kommuner ge kunskaps utbyte, exempelvis för Växjö kommun skulle ett samarbete mellan kommuner i Skåne vara lämpligt eftersom klimatet i Växjö förväntas bli som i Skåne. Då kan kunskaper om hur de kommunerna arbetar förebyggande förvärfas. Kommunerna kan även lära av andra länder med liknande klimat och byggnadskonstruktioner för att se hur de har arbetat förebyggande.

Resumé och utblickTill sist vill jag konstatera att jag är nöjd med mitt val av examensarbete som har varit mycket givande. Om tid hade funnits hade det varit intressant att studera mer byggnader för att få ett mer representativt resultat. I mina mätningar har jag fått fram avvikelser som kan peka på eventuella fuktskador dock är mina mätningar tagna vid ett besök vid varje byggnad och inte över ett längre tidsperspektiv som hade kunnat ge en intressantare bild av fukttillskottet i byggnaderna. Det hade varit intressant att läsa in mer hur konstruktions delar påverkas av klimatförändringar, stor del av tiden till detta arbete gick åt till att få förståelse för funktionen för konstruktioner och hur de påverkas av isolering.

Tack

Tack till mina handledare som har hjälpt mig genomföra mitt examensarbete och kommit med bra feedback. Jag vill tacka Miljö- och hälsoskyddskontoret för den hjälp som tillhandahållits av Växjö kommun och jag vill tacka alla tillfälliga boenden som jag har fått möjlighet att besöka till mitt examensarbete.

7. Referenser

- Anderlind, G., 1991. Fuktboken: En bok om fuktproblem i byggnader från Gullfiber. Gullfiber.
- Anticimex, 2008. Anticimex rapport om skador i krypgrunder: 300 000 villaägare med krypgrund riskerar att drabbas av fukt och mögelskador. Hämtad 2013-05-22 [<http://www.anticimex.com/sv/se/Nyhetsrum/Rapporter/2008/Rapport-krypgrund-2008/>]
- Arfvidsson, J., Hagentoft, C. E., Samuelson, I., 2007. Få bukt med fukt. Formas..
- Björk, C., Kallstenius, P., Reppen, L., 2003. Så byggdes husen 1880-2000. Formas.
- Bok, G., Ekstrand-Tobin, A., Johansson, P., Svensson, T., 2012. Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. International Biodeterioration & Biodegradation 73 s. 23-32.
- Boverket, 2013. Fukt i byggnader. Hämtad 2013-05-15 [<http://www.boverket.se/Bygga--forvalta/Bygga-andra-och-underhalla/Inomhusmiljo/Fukt-i-byggnader/>]
- Boverket, 2009. Så mår våra hus. Boverket internt/extern tryckeri.
- Boverket, 2003. Skydda ditt hus mot fuktskador. En kunskapsöversikt vid nybyggnation. AB Danagårds grafiska.
- Boverket, Byggeforskningsrådet, 1992. Utbildningskampanj för sunda hus. Utbildningsmaterial '92.
- Hansson, T., Hjærtström L., 1993. Träbyggnadshandbok: 7 Byggande. Tryckeriteknik i Malmö AB.
- Hansson, T., Harrysson C., Gross, H., 1992. Träbyggnadshandbok: 4 Bjälklag. Tryckeriteknik i Malmö AB.
- Hansson, T., Gross, H., 1991. Träbyggnadshandbok: 9 Material. Tryckeriteknik i Malmö AB.
- Hagentoft, 2002. Vandrande fukt strålande värme. Så fungerar hus. Studentlitteratur AB.
- Hägerhed, L., Samuelson, I., 2006. Kalla vindar – problem och förbättringar. Bygg och teknik 4/06.
- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: Climate change (AR4).
- Konsumentverket, 1985. Kampanj om fukt och mögel. Rapport 1985:2-01.
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012. Anpassning till ett förändrat klimat; Hälsoeffekter av ett förändrat klimat-risker och åtgärder i Stockholms län (WHO, 2009; SOU, 2007).
- Länsstyrelsen i Skåne län, 2009. PlanPM stigande havsnivå. Hämtad [http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/2009/planPM_stigande_havsniva_webb.pdf]
- Miljöbalk (1998:808)
- Miljö- och hälsoskyddskontoret Växjö. Inspektionsrapporter.
- Nevander, L.E., Elmarsson B., 2006. Fukthandbok. Praktik och teori.s.476. Svensk Byggtjänst.
- Nik, V. M., Kalagasidis, A. S., Kjellström, E., 2012a. Assessment of hygrothermal performance and mould growth risk in ventilated attics in respect to possible climate changes in Sweden. Buildings and environment 55 s.96-109.
- Nik, V. M., Kalagasidis, A. S., Kjellström, E., 2012b. Statistical methods for assessing and analysing the building performance in respect to the future climate. Building and environment 53 s.107-118.

- Ottosson, Å., Ottosson, M., 1994. Ekologi för småhus. Vägledning för miljöanpassat byggande. Svensk byggtjänst.
- Redlund, M., 2008. Giftigt pappersmögel ger arbetsmiljöproblem. Byggindustrin. Hämtad 2013-05-22 [http://www.byggindustrin.com/energi-miljo/giftigt-pappersmogel-ger-arbetsmiljoprob__4940]
- Samuelson, I., Tobin, L., 2004. Hur ska vindar ventileras? Bygg & teknik 4/04. Hämtad 2013-05-11 [http://www.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/4_04_17.pdf]
- Samuelson, 2002. Byggede man bättre förr? Bygg & teknik 2/02. Hämtad [http://www.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/2_02_13.pdf]
- SMHI, 2009. Konsekvenser för stadsplanering och bebyggelse. Hämtad 2013-04-21 [http://www.smhi.se/kunskapsbanken/konsekvenser-for-stadsplanering-och-bebyggelse-1.5827]
- Sandin, K., 2007. Praktisk husbyggnadsteknik. Studentlitteratur AB.
- Socialstyrelsen, 2009. Miljörapport 2009. Edita Västra Aros, Västerås.
- Socialstyrelsen, 2004. Hälsoskydd vid tillfälligt boende – Hotell, vandrarhem, campingplatser m.m.
- Stadsbyggnadskontoret Växjö. Ritningar och bygglov hämtade från arkiv.
- Svensson, C., 2001. Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade krypprunder med fukt- och mögelskador. Bygg & teknik 5/01. Hämtad [http://www.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/5_01_22.pdf]
- Sveriges byggindustrier, 2004. Fukt i hus. Undvik sjuka hus bygg fuktsäkert. SG Tryck AB.
- Sveriges tekniska forskningsinstitut, 2013a. Fuktinventering i befintlig byggnad. Hämtad 2013-04-08 [http://www.fuktsakerhet.se/sv/fukt/fuktinvent/Sidor/default.aspx]
- Sveriges tekniska forskningsinstitut, 2013b. Checklista vid projektering. Hämtad 2013-04-08 [http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/motfylld/checklista/Sidor/default.aspx]
- Sveriges tekniska forskningsinstitut, 2013c. Hämtad 2013-04-25. [http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/grund/platta/Sidor/default.aspx]
- Växjö kommun, 2013. Klimatanpassningsplan Växjö kommun: Konsekvenser av ett förändrat klimat.
- WHO, 2009. WHO guidelines for indoor air quality; dampness and mould.

8. APPENDIX

8.1 Checklista klimatpåverkan avseende fukt för tillfälliga bostäder

8.2 Uträkningar av aktuell ånghalt

8.3 Uträkningar av fukthalten för träbjälkar

8.4 Bilder

8.1 Checklista klimatpåverkan avseende fukt för tillfälliga bostäder

Frågor:

Byggnadsår:

Senaste renoveringar (vad renoverades):

Tidigare fuktskada/vattenläcka:

Tidigare fuktinventering:

Klagomål på lukt:

Kolla ute

Fukthalt:

Temperatur:

Lutning på fastighet:

Fasad:

Utseende fasad/fogar

Förändring i material

Fönsteranslutningar

Avledning av vatten

Tätning runt ventiler

Rabatter mot vägg?

Grundläggning

Fuktkvot instick i material:

Fukthalt:

Temperatur:

Typ: Platta på mark/Krypgrund/Källare/Souteräng/ Torpargrund/Öppen plintgrund

Om krypgrund: Uteluftsventilerad/Oventilerad/Inneluftsventilerad

Hur är grunden isolerad: Ej isolerad/Överliggande isolering/Underliggande isolering

Lukt?:

Hur är grunden ventilerad:

Hur är grunden isolerad:

Väggar

Fukthalt:

Temperatur:

Stomme: Trästomme/Skalmur med träregelstomme/Betong/Stål/Murverk/Lättbetong

Fasad: Timmervägg/Träpanel/Tegel/Putsad vägg/

/Träregelvägg/Plåt/Betong/Lättbetong/Natursten

Lukt?

Ventilation:

Isolering:(Invändig/utvändig tilläggsisolering?)

Tak

Form: Pulpettak/Sadeltak/Mansardtak/Säteritak/Pyramidtak/motfallstak/Sågtak

Taklutning: Brant/Låglutande/Flackt

Stomme: Balkar och bjälkar/Ramverkstakstol/Fackverkstakstol/Uppstolpattak

Taktäckning: Takpannor/Profilradplåt/Falsadplåt/Takvegetation

Varmt eller kallt tak:

Parallelltak/vind

Ventilation:

Funktion av att avleda vatten ex. tätskikts, sprickor, plåtarbeten, materialförändringar

Vind

Lukt?

Fuktkvot luft inne:

Missfärgning

Skadeinsekter

Indrivning av snö

8.2 Uträkningar av aktuell ånghalt

Se ekvation 1 för beskrivning av beräkning.

$$v=RF*Vs(t)$$

$Vs(t)$ =Från tabell (Nevander et al., 2006), beroende av temperatur

Hus 1, Utomhus: $t=12,5^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=11 \text{ g/m}^3$ $RF=34,4\%=0,344$
 $v=0,344*11$ $v=3,78\text{g/m}^3$

Hus 1, Krypgrund: $t=12,8^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=11,21 \text{ g/m}^3$ $RF=34,2\%=0,342$
 $v=0,342*11,2$ $v=3,83\text{g/m}^3$

Hus 1, Inomhus nedervåning: $t=17,8^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=15,18 \text{ g/m}^3$ $RF=29,9\%=0,299$
 $v=0,299*15$ $v=4,54\text{g/m}^3$

Hus 1, Vind: $t=15,3^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=13,07 \text{ g/m}^3$ $RF=37\%=0,37$
 $v=0,37*13$ $v=4,84\text{g/m}^3$

Hus 2, Utomhus: $t=12,3^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=10,87 \text{ g/m}^3$ $RF=31,3\%=0,313$
 $v=0,313*10,87$ $v=3,4\text{g/m}^3$

Hus 2, Krypgrund: $t=12,6^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=11,07 \text{ g/m}^3$ $RF=45,9\%=0,459$
 $v=0,459*11,07$ $v=5,08\text{g/m}^3$

Hus 2, Källare: $t=16,5^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=14,05 \text{ g/m}^3$ $RF=39,6\%=0,396$
 $v=0,396*14,05$ $v=5,56\text{g/m}^3$

Hus 2, Inomhus ovanvåning: $t=20,4^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=17,69 \text{ g/m}^3$ $RF=34,7\%=0,347$
 $v=0,347*17,69$ $v=6,14\text{g/m}^3$

Hus 2, Vind skrub: $t=16,4^{\circ}\text{C}$ $Vs(t)=13,96 \text{ g/m}^3$ $RF=49,7\%=0,497$
 $v=0,497*13,96$ $v=6,94\text{g/m}^3$

Hus 2, Vind: $t=18,3^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=15,64 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=42,6\%=0,426$
 $v=0,426*15,64$ $v=6,66\text{g/m}^3$

Hus 3, Utomhus: $t=13,7^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=11,85 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=70,8\%=0,708$
 $v=0,708*11,85$ $v=8,39\text{g/m}^3$

Hus 3, Krypgrund (1): $t=12^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=10,67 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=46,6\%=0,466$
 $v=0,466*10,67$ $v=4,97\text{g/m}^3$

Hus 3, Krypgrund (2): $t=12,4^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=10,94 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=53,5\%=0,535$
 $v=0,535*10,94$ $v=5,85\text{g/m}^3$

Hus 3, Inomhus, toalett under vindslucka: $t=21,4^{\circ}\text{C}$
 $V_s(t)=18,75 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=35,3\%=0,353$
 $v=0,353*18,75$ $v=6,62\text{g/m}^3$

Hus 3, Vind stötrutrymme: $t=18,5^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=15,83 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=35,8\%=0,358$
 $v=0,358*15,83$ $v=5,67\text{g/m}^3$

Hus 3, Vind: $t=18^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=15,36 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=42,8\%=0,428$
 $v=0,428*15,36$ $v=6,57\text{g/m}^3$

Hus 4, Utomhus: $t=13,1^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=11,42 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=34,2\%=0,342$
 $v=0,342*11,42$ $v=3,91\text{g/m}^3$

Hus 4, Källare (1): $t=14,5^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=12,45 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=34,6\%=0,346$
 $v=0,346*12,45$ $v=4,31\text{g/m}^3$

Hus 4, Källare (2) Bredvid mögel: $t=11^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=10,02 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=45\%=0,45$
 $v=0,45*10,02$ $v=4,51\text{g/m}^3$

Hus 4, Vind: $t=19^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=16,3 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=27,8\%=0,278$
 $v=0,278*16,3$ $v=4,53\text{g/m}^3$

Hus 5, Utomhus: $t=11,1^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=10,08 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=52,6\%=0,526$
 $v=0,526*10,08$ $v=5,3\text{g/m}^3$

Hus 5, Källare (1): $t=11,8^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=19,53 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=54,3\%=0,543$
 $v=0,543*19,53$ $v=10,6\text{g/m}^3$

Hus 5, Källare (2) Fuktigt golv: $t=12,2^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=10,8 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=54,4\%=0,544$
 $v=0,544*10,8$ $v=5,88\text{g/m}^3$

Hus 5, Inomhus nedervåning: $t=17,3^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=14,74 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=37,6\%=0,376$
 $v=0,376*14,74$ $v=5,54\text{g/m}^3$

Hus 5, Vind: $t=14,2^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=12,22\text{g/m}^3$ $\text{RF}=40,6\%=0,406$
 $v=0,406*12,22$ $v=4,96\text{g/m}^3$

Hus 6, Utomhus : $t=11,1^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=10,08\text{g/m}^3$ $\text{RF}=52,6\%=0,526$
 $v=0,526*10,08$ $v=5,3\text{g/m}^3$

Hus 6, Krypgrund: $t=16,4^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=13,96 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=35,7\%=0,357$
 $v=0,357*13,96$ $v=4,98\text{g/m}^3$

Hus 6, Inomhus (1) "Källardoft": $t=20,9^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=18,21 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=34,6\%=0,346$
 $v=0,346*18,21$ $v=6,3\text{g/m}^3$

Hus 6, Inomhus (2): $t=21,6^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=18,96 \text{ g/m}^3$ $\text{RF}=32,4\%=0,324$
 $v=0,324*18,96$ $v=6,14\text{g/m}^3$

Hus 7, Utomhus: $t=10^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=9,41\text{g}/\text{m}^3$ $\text{RF}=43,5\%=0,435$
 $v=0,435*9,41$ $cv=4,09\text{g}/\text{m}^3$

Hus 7, Borrat hål (1) i hål: $t=18,7^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=16,01\text{g}/\text{m}^3$ $\text{RF}=42,6\%=0,426$
 $v=0,426*16,01$ $v=6,82/\text{m}^3$

Hus 7, Borrat hål (1) utanför hål: $t=19,8^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=17,08\text{g}/\text{m}^3$ $\text{RF}=26,9\%=0,269$
 $V=0,269*17,08$ $V=4,59/\text{m}^3$

Hus 7, Borrat hål (2) i hål: $t=18,9^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=16,2\text{g}/\text{m}^3$ $\text{RF}=36\%=0,36$
 $v=0,36*16,2$ $v=5,83\text{g}/\text{m}^3$

Hus 8, Utomhus: $t=14,2^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=12,22/\text{m}^3$ $\text{RF}=36,5\%=0,365$
 $v=0,365*12,22$ $v=4,46/\text{m}^3$

Hus 8, Inomhus: $t=21,3^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=18,64\text{g}/\text{m}^3$ $\text{RF}=31,9\%=0,319$
 $v=0,319*18,64$ $v=5,95\text{g}/\text{m}^3$

Hus 8, Vind: $t=17,5^{\circ}\text{C}$ $V_s(t)=14,91\text{g}/\text{m}^3$ $\text{RF}=31,6\%=0,316$
 $v=0,316*14,91$ $v=4,71\text{g}/\text{m}^3$

8.3 Uträkningar av fukthalten för träbjälkar

Se ekvation 2 för beskrivning av beräkning.

$W=u*P$

$P=510\text{kg}/\text{m}^3$

Hus 1, Krypgrund: $u=18,9\%=0,189$

$w=0,189*510$ $w=96,4\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 2, Krypgrund: $u=19,9\%=0,199$

$w=0,199*510$ $w=101,5\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 3, Krypgrund (1) : $u=14\%=0,14$

$w=0,14*510$ $w=71,4\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 3, Krypgrund (2) : $u=13,8\%=0,138$

$w=0,138*510$ $w=70,4\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 3, Fuktig taklucka: $u=27,8\%=0,278$

$w=0,278*510$ $w=142\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 3, Bjälke : $u=10,2\%=0,102$

$w=0,102*510$ $w=52\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 3, Ribba : $u=9,4\%=0,094$

$w=0,094*510$ $w=47,9\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 4, Källare bräda botten : $u=19,2\%=0,192$

$w=0,192*510$ $w=97,9\text{ kg}/\text{m}^3$

Hus 4, Källare bräda topp : $u=17,6\%=0,176$

$w=0,176*510$ $w=89,8 \text{ kg/m}^3$

Hus 4, Fönster: $u=13\%=0,13$

$w=0,13*510$ $w=66,3 \text{ kg/m}^3$

Hus 4, Bjälke : $u=10,7\%=0,107$

$w=0,107*510$ $w=54,6 \text{ kg/m}^3$

Hus 5, Bjälke : $u=9,7\%=0,097$

$w=0,097*510$ $w=49,5 \text{ kg/m}^3$

Hus 6, Krypgrund: $u=11,6\%=0,11,6$

$w=0,116*510$ $w=59,2 \text{ kg/m}^3$

Hus 7, Borrat hål (2) i hål : $u=9,4\%=0,094$

$w=0,094*510$ $w=47,9 \text{ kg/m}^3$

Hus 7, Borrat hål (1) i hål : $u=0,9\%=0,009$

$w=0,009*510$ $w=4,59 \text{ kg/m}^3$

8.4 Bilder



Figur 2: (C) Hanna Svensson
Bild tagen i krypgrunden för hus 1.



Figur 3: (C) Hanna Svensson
Bild från vinden av missfärgning på råspont taget i hus 2.



*Figur 4: (C)Hanna Svensson
Bild visar mögel på vind för hus 3.*



*Figur 5: (C) Hanna Svensson
Visar nedsänkningen av betong i hus 3. Resterande kryppgrund var i nivå med utrymmet till höger i bild.*



*Figur 6: (C) Hanna Svensson
Krypgrund med organiskt material i hus 3.*



*Figur 7: (C) Hanna Svensson
Bild taget i hus 4 visar mögeltillväxt på gipsskiva.*



*Figur 8: (C) Hanna Svensson
Bild på mätpunkten Borrat hål (1) för hus 7.*



*Figur 9: (C) Hanna Svensson
Bild på mätpunkten Borrat hål (2) för hus 7.*



LUNDS UNIVERSITET

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för klimat- och
miljöforskning
Ekologihuset
22362 Lund