

Fuktmätning och fukthantering

Manual för fuktmätning

Jonny Palokangas

Examensarbete för byggmästare (YH)-examen

Byggnads- och samhällsteknik, byggmästare (YH)

Vasa 2023



EXAMENSARBETE

Författare: Jonny Palokangas

Utbildning och ort: Byggmästare, Vasa

Handledare: Anders Borg

Titel: Fuktmätning och fukthantering

Datum: 23.4.2023

Sidantal: 15

Bilagor: 2

Abstrakt

Detta examensarbete handlar om mätning av fukt i konstruktioner och fukthantering. Syftet med arbetet var att få en lätt förståelig svenskspråkig manual för olika fuktmätningssmetoder. I arbetet behandlas även på vilka olika sätt fukten transporteras och beter sig i konstruktionen. Jag går även igenom de vanligaste metoderna för att torka fuktdrabbade konstruktioner.

Det är viktigt att förstå hur fukt beter sig i konstruktionen för att kunna göra noggranna undersökningar och att mätningarna utförs på korrekt sätt.

Språk: svenska

Nyckelord: fuktmätning, mikrober, torkning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jonny Palokangas

Koulutus ja paikkakunta: Rakennusmestari, Vaasa

Ohjaaja(t): Anders Borg

Nimike: Kosteusmittaus ja kosteudenhallinta

Päivämäärä: 23.4.2023

Sivumäärä: 15

Liitteet: 2

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee rakennusten kosteuden mittaamista ja kosteuden hallintaa. Työn tarkoituksena on saada helposti ymmärrettävä ruotsinkielinen käsikirja erilaisiin kosteudenmittausmenetelmiin. Työssä käsitellään myös erilaisia tapoja, joilla kosteus kulkeutuu ja käyttäytyy rakenteessa. Lisäksi perehdytään yleisimpiin kosteudesta kärsivien rakenteiden kuivausmenetelmiin.

On tärkeää ymmärtää, miten kosteus käyttäytyy rakenteessa, jotta voidaan tehdä tarkkoja tutkimuksia ja että mittaukset tehdään oikein.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: kosteusmittaus, mikrobit, kuivaus

BACHELOR'S THESIS

Author: Jonny Palokangas

Degree Programme: Construction Management, Vasa

Supervisor(s): Anders Borg

Title: Moisture measurement and moisture management

Date 23.4.2023

Number of pages 15

Appendices 2

Abstract

This thesis is about the measurement of moisture in constructions and moisture management. The purpose of the work is to obtain an easily understandable Swedish-language manual for various moisture measurement methods. The work also deals with the different ways in which moisture is transported and behaves in the construction. I also go through the most common methods for drying constructions affected by moisture.

It is important to understand how moisture behaves in the construction in order to be able to carry out accurate investigations and that the measurements are carried out correctly.

Language: swedish

Key words: moisture measurement, microbes, drying

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Syfte och mål	1
1.3	Avgränsningar	1
2	Fuktens förflyttning i konstruktionen.....	2
2.1	Fuktöverföring kapillärt	2
2.2	Fuktöverföring via diffusion	3
2.3	Fuktöverföring via konvektion	5
3	Tillväxtförhållanden för mikrober.....	6
4	Fuktmätning.....	7
4.1	Borrhålmätning.....	7
4.1.1	Borrning och tätning av hål	8
4.1.2	Mätning.....	9
4.2	Provbitsmätning	9
4.2.1	Provtagning.....	9
4.3	Snittmätning.....	9
4.4	Ytmätning.....	10
4.5	Fuktkvot i trä.....	10
5	Hantering av förhållanden på byggarbetsplatsen	11
5.1	Fuktmätningar.....	11
5.2	Fukthantering.....	12
6	Maskinell torkning.....	12
6.1	Rumsavfuktning.....	13
6.2	Torkning av isoleringsskikt.....	13
6.3	Värme- och infratorkning.....	14
7	Sammanfattning och diskussion.....	15
8	Källförteckning.....	16

1 Inledning

1.1 Uppdragsgivare

Uppdragsgivaren för detta arbete är Investigo Oy. Företaget grundades år 2015 av Niklas Mehtonen och Teppo Tervo. Företaget har vuxit under de senaste fem åren och har nuförtiden kontor även i Seinäjoki och på Åland med sammanlagt elva anställda. Investigo erbjuder expertis inom byggnadshälsa och inomhusklimat.

1.2 Syfte och mål

Syfte med mitt arbete var att skapa en svenskspråkig lättförståelig manual för fuktmätningar och fukthantering, ämnat för svenskspråkiga på Åland som har utmaningar med att förstå till exempel RT-kort eller motsvarande finska instruktioner för dessa saker.

1.3 Avgränsningar

Examensarbetet består i huvudsak om fuktmätning av betong. Jag tar upp även hur fukten beter sig i konstruktionen, vad fukt kan orsaka i konstruktionen och hur man skall hantera fukt i konstruktionen.

2 Fuktens förflyttning i konstruktionen

Fukt transporteras på olika sätt i konstruktionerna. På vilket sätt fukten transporteras är nödvändigt att undersöka både vid bedömning av fuktbelastningar och vid bedömning av konstruktionens torkningshastighet. (*Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 2016, s 113*).



Fuktkällor

1. Luftfukt från t.ex. människor, bad, tvätt och matlagning
2. Byggfukt
3. Regn och slagregn
4. Markfukt t.ex. markfukt och grundvatten
5. Fritt vatten t.ex. läckage

Fuktransportersätt

Ångfas:

6. Diffusion
7. Konvektion

Figur 1. Olika fuktkällor som belastar byggnader och hur de transporteras genom konstruktionen. (Harrysson, 2022).

2.1 Fuktöverföring kapillärt

Vatten transporteras kapillärt i materialets porer, om materialet är i kontakt med fritt vatten. Kapillär transport beror på undertryck i porer som de kapillära krafterna medför. Undertryckskrafter beror på porernas storlek på så sätt att ju mindre porer desto större är porundertrycket. Vatten kan transporteras i såväl vertikal som vågrät riktning. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 111).

Vattnets kapillära förflyttningens hastighet beror på porundertrycket och vattenflödets motståndskrafter, som växer då transportsträckan blir längre eller porerna mindre. Kapillära vattenfronten stiger högre desto mindre beläggningens fuktgenomsläpplighet är eller desto större konstruktionens tvärsnitt är. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 112).

Området där porerna är kapillärfyllda med vatten kallas i byggnadsfysiken för kapillär vattenfront eller vattnets inträngningsdjup. Vattnets inträngningsförmåga i materialet kan beräknas med formeln (1):

$$X = B\sqrt{t} \quad (1)$$

X = inträngningsdjup (m)

B = inträngningsfaktor (m/ \sqrt{s})

t = tid (s)

I tabell 1 finns exempel på olika materials inträngningsfaktorer. Till exempel vatten tränger in i tegel 50mm på 21 minuter och i betong tar samma sträcka 35 timmar. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 111).

Tabell 1. Vattnets inträngningskoefficienter för olika material.

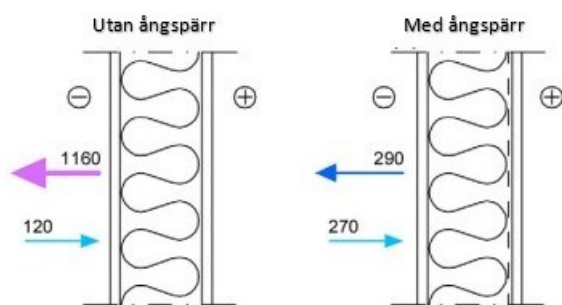
Material	Täthet (kg/m ²)	Vattnets inträngningsfaktor (m/s ^{0,5})
Tegel	1700	1,4 x 10 ⁻³
Lättbetong	500	0,4 x 10 ⁻³
Cementbruk	1900	0,5 x 10 ⁻³
Betong	-	0,14 x 10 ⁻³

(Ympäristöministeriö, 2016, s. 112).

2.2 Fuktöverföring via diffusion

Fuktöverföringen genom diffusion baserar sig på ömsesidiga kollisioner av vattenmolekyler i luften, vilket orsakar koncentrationen av vattenånga att stabiliseras. Fukt transporteras från en större mängd vattenmolekyler mot det mindre. Diffusion beror på materialets vattenångresistans och partialtrycksskillnaden för vattenånga i luften. Materialens vattenångresistans varierar mycket, till exempel är vattenångbeständigheten hos en plastfilm 1 000 gånger större än mineralull. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 114)

Inomhusluftens partialtryck för vattenånga är vanligtvis högre än vad den är i utomhusluften, därför flyttar diffusion inomhusluftens fukt inifrån och ut. På vintern är diffusion större än på sommaren, på grund av inomhus- och utomhusluftens vattenångans partialtrycksskillnad. I (figur 2) jämför man hur mycket fukt som transporteras via diffusion genom träväggens ytterskal med och utan ångspärr under ett år i finska klimatförhållanden. (Ympäristöministeriö, 1998; Ympäristöministeriö, 2016, s. 114).



Figur 2. Fuktvandring in och ut via diffusion under ett år. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 2016, s114)

På grund av de stora skillnaderna i byggnadsmaterialens vattenångpermeabilitet bör de olika byggmaterial lagrens fukttekniska funktion kontrolleras från fall till fall. Vattenångpermeabilitet innebär den vattenmängd som passerar ett homogent material under en viss tid. Den allmänna principen är att väggkonstruktionens vattenångpermeabilitets motstånd i de olika konstruktionslagren minskar inifrån och ut, det vill säga att de materialskikten som befinner sig på isoleringens insida skall ha minst fem gånger så bra vattenångpermeabilitet motstånd jämfört med de material som är på isoleringens ytersida. Detta för att hindra vattenånga från att kondensera i de yttre konstruktionslagren som är kalla. (Ympäristöministeriö, 1998)

För att beräkna fuktflödestätheten g ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) genom ett endimensionellt material används formeln:

$$g = \delta \cdot \frac{v_1 - v_2}{d} \quad (2)$$

δ = materialets ånggenomsläpplighet (m^2/s)

d = materialskiktets tjocklek (m)

$v_1 - v_2$ = Skillnaden i ånghalten på båda om skiktet (kg/m^3)

I byggtekniska sammanhang handlar det oftast om flerskiktsskonstruktioner där det finns flera homogena materialskikt. För att beräkna diffusionen måste delskiktens ånggenomgångsmotstånd Z beräknas enligt formeln:

$$Z = \frac{d}{\delta} \quad (3)$$

Summan av alla delskiktets ånggenomgångsmotstånd beräknas enligt formeln:

$$Z = \sum Z_i = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots \quad (4)$$

Där efter kan diffusionen beräknas som fuktflödestäthet g ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) enligt formeln:

$$g = \frac{v_1 - v_2}{Z} \quad (5)$$

Dessa beräkningar förutsätter att ångtransporten är stationär och går rakt genom den beräknade konstruktionen. (Petersson, 2007, ss. 307-309)

I konstruktioner med fel typ av vattenånggenomsläpplighet är den relativa luftfuktigheten hög i de yttre delarna av konstruktionen och vattenånga kan även kondensera till vatten inuti konstruktionen, varifrån det kan spridas till andra lager genom gravitation eller kapillärverkan. Fukthalten i konstruktions skikten kan även stiga till det kapillära fuktområdet, till exempel när det gäller mineralull. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 115)

2.3 Fuktöverföring via konvektion

Med konvektion av fukt avser man vattenånga som transporteras med hjälp av luftflöde igenom konstruktionen. Orsaken till luftflöde är lufttrycksdifferenser, som orsakas av temperaturskillnader, vindtryck eller ventilation. Genom en otät konstruktion kan en stor mängd fukt transporteras med hjälp av fuktkonvektionen, mycket mer än med diffusion och därmed orsaka stora fuktproblem i konstruktionen. (Petersson, 2007, s. 318).

Med vilken form fuktöverföring sker, diffusion eller fuktkonvektion beror på konstruktionens vattenångpermeabilitet, luftgenomsläpplighet och konstruktionens täthet. (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 115-116).

Fuktkonvektion har en torkande effekt på konstruktion när luften värms upp då den strömmar genom konstruktionen eller då det finns en mätnadsbrist i luften dvs. hur mycket fukt luften kan binda. När det gäller fuktskador blir fuktkonvektionen kritisk då luften svalnar när den strömmar genom konstruktionen utåt. Fukt kondenseras i konstruktionen om luften svalnar under daggpunkten. (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 115-116).

För att förhindra skadliga luftläckages strävar man att göra konstruktionens insida så tät som möjligt. Dessutom bör tryckskillnaden över konstruktionen vara sådana att inte varmluft slipper och strömma in i kalla konstruktionsdelar. Tryckskillnader hanteras med att justera till- och frånlufts ventilationen. (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 115-116).

För att beräkna fuktflödet G (kg/s) som konvektionen orsakar används formeln: (Petersson, 2007, s. 318).

$$G = Ra \cdot v \quad (6)$$

v = ånghalten i luften (kg/m^3)

Ra = luftflödet (m^3/s)

3 Tillväxtförhållanden för mikrober

Materialets fuktighet har störst inflytande på huruvida mikrobiell tillväxt börjar eller inte. Uppkomsten av mikrobiell tillväxt kräver att mikrober, sporer eller en liten mängd gammal tillväxt redan finns i materialet. När det gäller näringsämnen är mikrober opretentiösa, eftersom nästan allt organiskt material är lämpligt som energikälla. Trä, gipsskivor, tapeter och andra cellulosa-haltiga material är lämpliga för många mikrober, men för många är även vanligt rumsdamm tillräckligt. Mögeltillväxt kan bildas på ytan av till exempel betong, tegel, lättgrus och byggskivor om damm eller annan smuts finns på ytan. (Sisäilmayhdistys, 2023).

Olika mikrobiella arter är specialiserade för att växa i olika typer av tillväxtmiljöer och förhållanden. Materialet, luftfuktighetsnivån och temperaturen påverkar till vilken typ av mikrobiell art som utvecklas på materialet. Då en fuktskada sker uppstår vanligtvis först mögel- och jästväxter. Med mycket känsliga material och under optimala värme- och fuktighetsförhållanden tar detta dagar eller veckor, med slitstarkt material och under sämre förhållanden upp till år. Strålsvampens tillväxt är långsammare än mögeltillväxten. Om fukthalten förblir mycket hög i flera månader börjar trämaterial att utvecklas röta. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 130).

De optimala förhållandena under vilka tillväxten av mögel och andra mikrober är snabbast råder vid en temperatur av + 20–30 ° C och relativ luftfuktighet (RH) på 95–99% motsvarande materialets vattenaktivitet a_w 0,95–0,99. I allmänhet är den minsta luftfuktigheten för mögeltillväxt med byggmaterial cirka RH 75–80 %. Med mycket mögelbenägna byggmaterial kan mögeltillväxten börja redan vid RH 65–70%, men detta kräver en temperatur över +25° C. Tillväxten av strålsvamp och andra bakterier, liksom svampar kräver en högre luftfuktighet (tabell 2). (Ympäristöministeriö, 2016, s. 130).

Tabell 2. Minsta fuktkrav för tillväxt av olika grupper av mikrober i byggmaterialet.

Mikrobiell grupp	Minsta relativa luftfuktighet
Mögelsvamp	70–85%
Strålsvamp och bakterier	95%
Blånads- och Rötsvamp	95%

(Ympäristöministeriö, 2016, s. 131).

När man undersöker mikrobiella tillväxtförhållanden presenteras fuktighet vanligtvis antingen som materialets vattenaktivitet (a_w) eller dess motsvarighet som luftens relativa luftfuktighet (RH). Fuktighet av betong och trämaterial anges ofta också i procent av materialets torrsvikt. I detta fall menas till exempel förhållandet mellan vikten av vatten i trädet och trädets torrsvikt. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 130).

4 Fuktmätning

Fuktmätning används för att undersöka konstruktionens värme- och fuktstekniska aktiviteter. Med fuktmätningar av konstruktionen kan man bestämma fukttinnehållet, fuktfördelningen och mot vilken riktning fukten överförs. Dessutom är det möjligt att ta reda på fuktspänningen som konstruktionens ytor utsätts för. Den som undersöker och analyserar resultaten av fuktmätningar måste vara bekant med principerna av byggnadsfysikaliska drift i olika konstruktioner och de vanliga fuktighetsnivåerna. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 53).

Fuktmätningssmetoder kan delas in i noggranna och riktgivande mätningar. Noggranna fuktmätningssmetoder inkluderar prov-, borrhåls- och snittmätningssmetoden, samt bestämning av materialets fukttinnehåll med torknings-vägningsmetoden. Riktgivande fuktmätningssmetoder som ytmätning kan användas vid konditionsgranskningar. De olika metoderna beskrivs närmare i avsnitten nedan. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 53).

Fuktmätningss resultat kan fås som relativ fuktighet (RH, *relative humidity*), eller som viktprocent. Relativ fukthalt (RH) är ett mått på koncentrationen av vattenånga i luften. RH anger den procentandel vattenånga som finns i luften från den mängd som vid en viss temperatur kan vara i luften utan att det kondenseras. Desto högre temperatur luften har desto mer vattenånga kan den bära (g/m^3). (RT 103528, 2023) Viktprocent anger hur många procent vatten som finns i ämnet i förhållande till ämnets torrsvikt, beräknas enligt formeln (7). (Ympäristöministeriö, 2016, s. 56).

4.1 Borrhålsmätning

Borrhålsmätning mäter den relativa luftfuktigheten (RH) och temperaturen (T) i det luftrum som befinner sig i hålet som borrarats i betongen. När man vill få ett mätresultat från ett visst djup bör borrhålet vara stängt från sidorna och sträcka sig till det önskade mätningss djupet. Då jämnas samma relativa fuktighet i mätthålet som råder i betongen på det djupet. Den övre änden av mätthålet ska även vara tätt slutet.

Borrhålsmätning är väldigt känsligt för temperaturförändringar, vilket bör beaktas i planering, mätning och i tolkningen av mätresultaten. Temperaturen får inte ändras märkbart i borrhålet eller i mätinstrumentet under mätningen. Mätningen bör göras i den temperatur där konstruktionen är i normal användning. Rekommenderad temperatur för borrhålsmätning är $+18\dots+25^\circ\text{C}$ då man vill bedöma ytans beläggningssförmåga i normal inomhustemperatur. Om mätningen kräver god mätnoggrannhet men temperaturen skiljer sig över 5°C från den normalt förväntade rumstemperaturen bör mätningen göras med provbits metoden.

Då mätningen sker på områden med golvvärme är det skäl att stänga golvvärmen minst en vecka på förhand för att nå ett noggrannare mätresultat. På grund av golvvärmen kan mätningssnoggrannhets fel förekomma då betongens och inomhusluftens temperaturskillnad är

stor och fuktvandringen in i borrhålet orsakat av golvvärmen. Detta är särskilt viktigt i mätning av ytans beläggningsförmåga. (RT 103333, 2021, s. 5).

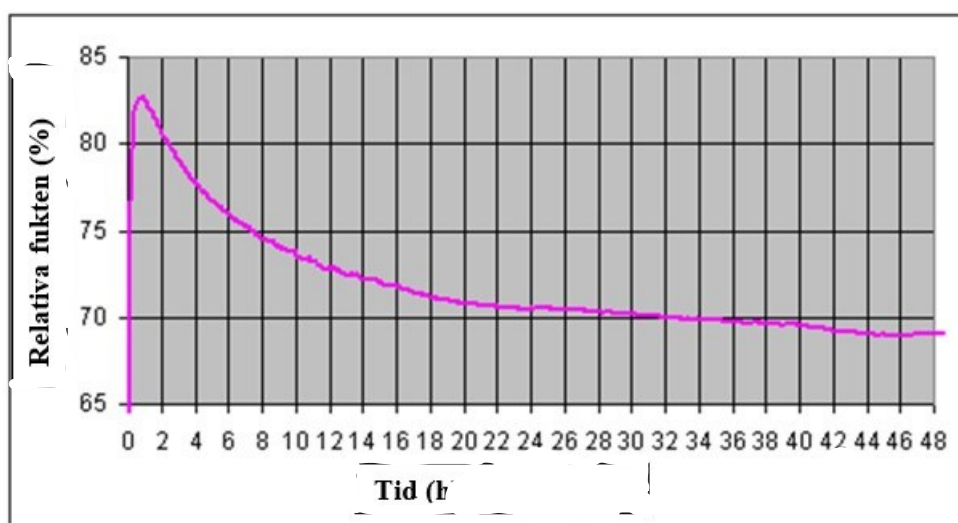
Vid konditionsgranskningar är det ändamålsenligt att lämna golvvärmen i gång. Då kan man mäta temperaturen i konstruktionen och inomhusluften med en värmekamera och dokumentera temperaturerna för att få en tillräcklig mät noggrannhet. För ett tillförlitligt resultat bör provbits metod tillämpas. (RT 103333, 2021, s. 5).

4.1.1 Borrning och tätning av hål

I borrhålmätning används ofta ett 16mm hål men minst ett 10mm stort hål för att noggrant kunna montera mätröret till rätt djup. I mindre än 10mm hål blir bottens areal för liten jämfört med rörets luftrum. Borrning av mät hål förändrar fuktbalansen i hålet tillfälligt och därför bör man vänta i minst 3 dygn före mätning om man vill ha ett pålitligt mätresultat. Borrning i torr betong ger större fel i mätresultat än borrning i våt betong. Även betong med hög hållfasthets klass påverkar mer på mätresultatet än betong med en lägre hållfasthetsklass. (RT 103333, 2021, s. 6).

Borrhålen dammsugs rent och röret tätas med en tät propp eller tejp så inga stora temperaturvariationer sker i mät hålet. Även fogen mellan röret och betongen tätas noggrant. Efter att röret har fått stå tätat i 3 dygn har man uppnått en tillräckligt bra fuktbalans, om temperaturförhållanden har varit nära det normala användnings temperaturen i rummet. (RT 103333, 2021, s. 6).

I figur 3. kan man se hur borrning orsakar störningar av borrhålets fukttinnehåll. Hur mycket borrning orsakar störningar varierar kraftigt från material till material. Den största ökningen av relativ luftfuktighet sker vanligtvis på betongprodukter, betong av hög hållfasthetsklass till och med 20% enheter. Med övriga byggmaterial är variationen av fukttinnehållet väldigt litet. (Sisäilmayhdistys, 2023).



Figur 3. Resultat 48 timmar efter borrning av ett hål i betong K30, 6 månader från gjutning. Efter borrning stiger fukttinnehållet tillfälligt, varefter den jämnar ut sig. (Sisäilmayhdistys ry, 2023).

4.1.2 Mätning

Mätinstrumentet måste få jämnas ut sig i det omgivande klimatet runt mätpunkten före sonden stoppas ner i mät hålet, för att förhindra fuktkondensation på det kalla mät huvudet. Efter att man stoppat ner sensorn i röret tätas röret omedelbart. För att uppnå god mät noggrannhet kräver även de snabbaste mätarna vanligtvis en timmes utjämnings tid. (RT 103333, 2021, s. 8).

4.2 Provbitsmätning

Provbitsmetoden är den mest exakta och den snabbaste metoden som används för att mäta den relativa fukthalten i konstruktionen. Metoden går ut på att använda då temperaturen i konstruktionen är mellan -20 - $+80^{\circ}\text{C}$. Metoden går ut på att man pikar loss betongsmulor från det valda mätdjupet. Provbitarna förseglas omedelbart i ett rengjort provrör. Provrören placeras i normalt klimat oftast $+20^{\circ}\text{C}$, där de får jämnas ut sig vanligtvis 5–12 timmar. Det noggrannaste resultatet nås då man tar två prover på varje mätdjup. (RT 103333, 2021, s. 10).

4.2.1 Provtagning

Med provbitsmetoden kan man mäta ytskiktets fukthalt. Då man önskar mäta fukthalt djupare i konstruktionen torrborrar först ett hål med en diameter på 50-100mm, 5mm ovanför det valda mätdjupet, på så vis består mätningen av betong som befinner sig vid mätdjupet och 5mm ovanför (se bilaga 1.). Själva provbitarna pikas loss och de enskilda bitarna skall vara 5mm stora. Provbitarna placeras omedelbart i ett provrör där fukten från provbitarnas porer balanseras med luften i provröret. Passlig mängd provbitar är 1/3 av provröret. Provrören får jämnas ut sig i normalt klimat 5–12 timmar. Redan efter en timmes utjämnning kan man oftast mäta ett värde på ± 2 RH noggrannhet, detta kan användas som riktgivande resultat i snabba utredningar. (RT 103333, 2021, s. 10).

4.3 Snittmätning

Med snittmätning undersöks fuktbelastningen på undersidan av ytmaterial så som plast-, linoleummattor och limmet som använts i monteringen. Metoden lämpar sig ypperlig för konditionsgranskningar på grund av dess smidighet och snitten är lätta att lappa ihop. Området kartläggs först med en ytfuktmätare och med hjälp av det bestäms placeringen för snitten. Minst en referensmätning görs på ett område som antas vara torr. Snittmätningar görs så många att det fuktiga området kan fastställas. Då snittet är gjort placeras fuktsensorn in under beläggningen och snittet tätas ångtät (se bilaga 1.). Om man använder snabbt jämnande sensorer är utjämnings tiden 15–20 minuter. Snittmätning är som noggrannast vid $+20^{\circ}\text{C}$. Efter mätningen kan även andra observationer göras från snittet så som eventuell lukt, limmets konsistens och beläggningens häftning i underlaget. (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 55-56).

4.4 Ytmätning

Ytmätning är en riktgivande fuktmättnings metod, som baserar sig på det undersökta materialets konduktans. Ytmätning kan användas för att identifiera fuktskillnader, men det kan inte på tillförlitligt sätt verifiera fukthalten i konstruktionen. Därför lämpar sig inte metoden för till exempel mätning av betonggolv före ytbeläggning. Ytmätningar kan göras i samband med en kartläggning för att få ett begrepp om vattenskadans omfattning (se bilaga 1). Före några åtgärdsbeslut görs bör omfattningen av skadan säkerställas med en tillförlitlig metod. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 53).

I fuktskadeutredningar används ytmätare på följande sätt:

- Undersök konstruktionerna och dess material
- Gör en systematisk kartläggning och gör anteckningar av resultaten
- Gör referensmätningar av samma material som säkert är torrt
- Granska mätresultaten och gör en bedömning på dess tillförlitlighet, eller kan det ha skett en felmätning på grund av vattenledning, armeringsjärn, elkablar eller förändring i materialets egenskap.
- Gör noggrannare mätningar med andra metoder, t.ex. borrhålmätning eller snittmätning.

4.5 Fuktkvot i trä

Träets fuktkvot kan indirekt mätas med en så kallad hammarelektrod som ger resultatet i viktprocent. Mätarens funktion baserar sig på mätning av konduktans mellan två mätspetsarna. Mätspetsarna slås in i träet i fiberriktning. Det bör uppmärksammas att mätresultaten kan variera beroende på om mätspetsarna är i fiberriktning eller inte. Även olika impregneringsmedel kan orsaka fel i mätresultaten. Mätpunkterna väljs alltid utgående från en referenspunkt som antas vara torr. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 57).

För att få ett noggrant mätresultat skall vägning-torkning metoden användas. Metoden går ut på att man väger en provbit som är våt, efter det torkas provbiten minst ett dygn i +105°C, varefter den vägs på nytt. Då får man beräkna av materialets fukthalt med formeln (7) som ger resultatet i viktprocent. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 57).

$$W = \frac{m_{våt} - m_{torr}}{m_{torr}} \cdot 100 \text{ vikt-\%} \quad (7)$$

W = provets fukthalt i viktprocent

$m_{våt}$ = provbiten vägs våt

m_{torr} = provbiten vägs torr

Denna metod kan även användas för andra typen av material, men torkningstemperaturen skall väljas enligt vilket material som vägs. Kristallina material som t.ex. gips, torkas oftast i + 40°C. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 57).

5 Hantering av förhållanden på byggarbetsplatsen

Hantering av förhållandena planeras som en del av byggarbetsplatsens övriga genomförande och kvalitetsstyrning. Under byggandet kan hanteringen av förhållandena påverkas av t.ex. arbetssätt med arbetsplanering och skyddsåtgärder. Med hantering av omständigheter avses avlägsnande av fukt och vatten, temperatur, termisk strålning, vindförhållanden, buller, belysning och damm kontroll. (RT S-1236, 2021, s. 9)

I början av projektet ordnas ett gemensamt startmöte där byggherren eller fukthanteringskoordinator gör huvudentreprenören bekant med fukthanteringsåtgärderna, vald renhetsklass och motsvarande planer. Även fukthanteringsplanen som entreprenören upprättat går igenom på startmötet. (RT S-1236, 2021, s. 9).

5.1 Fuktmätningar

Fuktmätningar under byggskedet är en viktig del av byggarbetsplatsens fukthantering, vars mål vanligtvis definieras i projektets fukthanterings rapport. Målen anges i fukthanteringsplanen, som bland annat definierar omfattningen av mätningar, metoder, noggrannhetskrav, resultattolkningsprinciper och åtgärder om mätresultaten är onormala. (RT 103333, 2021, s. 19). Det skall även framkomma fuktkontrolls personalresurser och information om den som ansvarar för att övervaka projektets fukthantering. Denna person kallas även för fuktkoordinator och fuktkontrollkoordinator. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 28).

Fuktmätningar utförs vanligtvis på betongkonstruktionens ytor som ska beläggas. Mätningar görs också när man vill fastställa eventuellt behov av torkning under byggnation eller efter fuktskador, eller man vill övervaka konstruktionens fukt beteende. Vid behov görs även mätningar för andra konstruktioner. Mätpunkternas placering kan grovt uppskattas med en ytfuktmätare. När man använder ytfuktmätare bör man komma ihåg att den inte kan ge betongens faktiska fukthalt och därför görs mätningar av beläggningens förmågan vanligtvis med hjälp av borrhåls- eller provbitmetoden. (RT S-1236, 2021, s. 9).

Med fuktmätningar av betongkonstruktioner före täckning eller beläggning säkerställs att konstruktionen har torkat så mycket att fukt inte orsakar skada för beläggningens material i alla skeden av strukturens livscykel. Således strävar man till att förhindra fuktkänsliga beläggningar och deras fixeringsmedel för mikrobiell och kemisk skada på de mellanliggande skikten. (RT 103333, 2021, s. 19).

Mer detaljerade instruktioner för val av mätdjup eller fuktgränsvärden innan beläggning av betongkonstruktionen ges i bilaga 2.

Miljöministeriets förordning om byggnaders fukttekniska funktion (782/2017) 15 §
Uttorkning av konstruktioner:

”Den person som ansvarar för respektive byggfas ska se till att fukten och byggfukten i konstruktionerna har torkat ut i en sådan utsträckning att konstruktionerna kan täckas med ett materialskikt, en beläggning eller en konstruktion som fördröjer uttorkningen utan att orsaka skada. Den person som ansvarar för respektive byggfas ska genom fuktmätningar se till att fukthalten i konstruktionerna är sådan att nästa arbetsfas kan påbörjas.” (Miljöministeriet 782/2017, § 15).

5.2 Fukthantering

Alla material och ofärdiga konstruktioner skyddas så att de inte utsätts för en skadlig mängd fukt. Om konstruktionerna blir blöta ökar behovet av torkning, energiförbrukning, schemaförseningar och materialspill. De krav som kunden ställer och de skyddskrav som konstruktörerna bestämmer beaktas vid utformningen av byggplatskyddet.

Byggmaterial som levereras till byggarbetsplatsen skyddas om det inte omedelbart kan föras in. Förpackningen av byggmaterial skyddar inte materialet tillräckligt. Förvaringsplatserna för materialen skall vara genomtänkta och placerade på ett sådant sätt att det är möjligt att transporter till lager eller installationsplatsen utan att materialen blir blöta. Det är lättare för entreprenörer att hitta och skydda föremål när de finns på anvisade platser. Förvaringsplatser skall markeras på en karta över byggarbetsplatsområdet. När byggområdet hålls rent minskar risken för materialskador. (RT S-1236, 2021, s. 22).

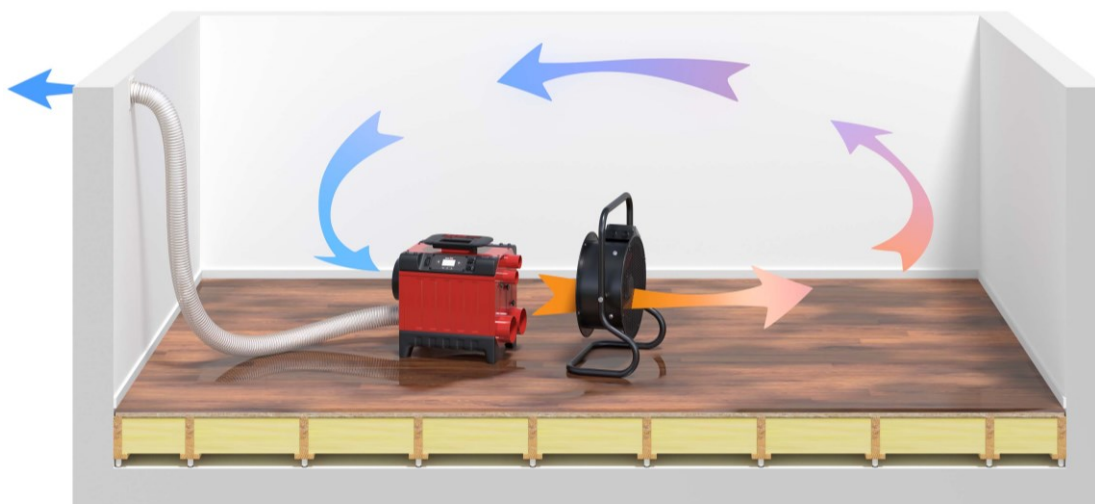
Den som ansvarar för att övervaka projektets fukthantering, går dagligen runt på arbetsplatsen och dokumenterar sina iakttagelser angående förhållandena. Speciellt när det gäller väderskydd och vattenkontroller, så att de fungerar. Vattenledningar stängs alltid i slutet av arbetsdagen. På arbetsplatsmötet diskuteras i ett separat avsnitt hur målen för fukthanteringen förverkligas. (RT S-1236, 2021, s. 26).

6 Maskinell torkning

Maskinell torkning kan delas in i rums-, isolerings- och termisk torkning. Mekanisk torkning krävs vanligtvis, till exempel av betonggolv, eftersom dess naturliga torkning är mycket långsam. Att effektivisera torkningen av konstruktionen är nödvändigt om det finns risk för att fukttillståndet i konstruktionen blir så högt att materialen kan skadas. Om en akut vattenskada sker, skall torkning av konstruktioner påbörjas så snart som möjligt. Därmed kan skadeförloppet stoppas och utvidgningen av det skadade området begränsas. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 57).

6.1 Rumsavfuktning

Rumsavfuktning är den vanligaste torkningsmetoden, där torkningen baseras på att sänka luftfuktigheten i luften som omger den fuktiga konstruktionen med hjälp av adsorptions- eller kondensationstorkar. I adsorptionstorkar blåses fuktig luft ut så som i figur 4 och i kondensstorkar samlas fukt upp i en separat behållare eller dränering. (Ympäristöministeriö, 2019).



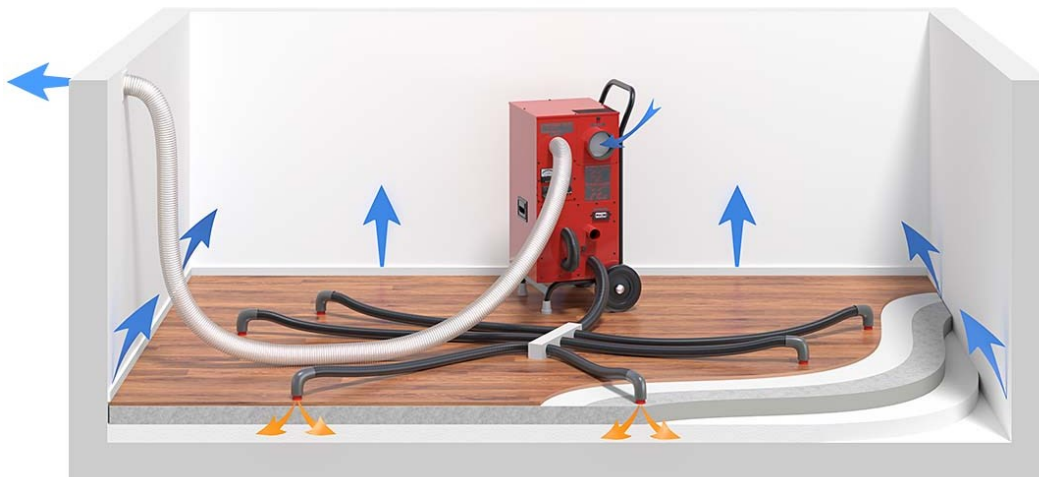
Figur 4. Avfuktaren separerar fukt ur den luft som strömmar genom avfuktaren och blåser torrluft i rummet, den fuktiga luften leds ut via ett rör. Med hjälp av en fläkt effektiveras luftomsättningen och därmed torkningsprocessen. (Corroventa, 2023).

Det är skäl att sänka den relativa fukten i luften om fukthalten är så hög att fukten inte kan avdunsta ur konstruktionen. Vanligtvis skall den relativa fukthalten 50% vara tillräckligt låg. Vintertid då fukthalten är låg är det inte nödvändigt att torka luften, utan i förstahand säkerställa tillräcklig värme och ventilation i utrymmet där konstruktionen torkas. Under de fuktiga perioderna på sommaren då fukthalten utomhus är hög och konstruktionen torkas maskinellt bör man ta hänsyn till byggnadens lufttäthet så man inte i onödan torkar utomhusluften. (Sisäilmayhdistys, 2023).

6.2 Torkning av isoleringsskikt

Konstruktioner med material vars luftgenomsläpplighet är bra som t.ex. mineralull eller leca grus kan man effektivera torkningen genom att tillföra luftström i konstruktionen. På detta vis binder luften som strömmar genom materialskiktet överskotts fukt från konstruktionen. (Sisäilmayhdistys, 2023).

Tvångsventilering kan delas upp i tre olika metoder. Första metoden som kan ses i figur 5 går ut på att blåsa torr luft in genom hål som borrats i konstruktionen, andra metoden är att suga ut den våta luften ur konstruktionen och i den tredje metoden blåser man torr luft in samtidigt då våt luft sugs ut. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 57).



Figur 5. Isoleringen mellan två betongskikt torkas genom att blåsa torr luft in i konstruktionen. (Corroventa, 2023).

6.3 Värme- och infratorkning

Konstruktionen värms upp med t.ex. värmestavar, värmematta eller mikrovågstork tills temperaturen är tillräckligt hög, varefter den fukt som avdunstar ur konstruktionen ventileras med hjälp av adsorptions- eller kondensationstorkar. Vanligtvis används metoden för massiva konstruktioner så som tegel eller betong. Man bör ta hänsyn till att denna metod flyttar fukten även djupare in i konstruktionen och för att minska detta görs torkningen i perioder. (Sisäilmayhdistys, 2023).

7 Sammanfattning och diskussion

Detta examensarbete gick ut på att göra en svenskspråkig lättförståelig manual för fuktmätning. Jag fördjupar mig i olika fuktmätningssmetoder och hur de skall utföras steg för steg. Jag tar upp även hur fukt beter sig i konstruktionen, vad fukten kan orsaka och hur man skall hantera fukt som sluppit i konstruktionen.

Det har varit intressant och lärorikt att fördjupa sig i de olika fuktmätningssmetoderna och en bra påminnelse om att fukten har väldigt många olika sätt att tränga in sig i de olika konstruktionsdelarna.

Det skulle vara möjligt att vidare utveckla arbetet med att fördjupa sig i mätosäkerhetsanalyser och tolkning av resultat.

8 Källförteckning

- Corroventa. (13. februari 2023). *Corroventa*. Hämtat från <https://www.corroventa.se/vaara-loesningar/metoder-foer-skadetorkning/>
- Harrysson, C. (8.2.2022). *Husbyggaren*. Hämtat från www.husbyggaren.se/valbyggda-hus-med-ratt-teknik/
- Miljöministeriet 782/2017. (2017). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>
- Petersson, B.-Å. (2007). *Tillämpad Byggnadsfysik*.
RT 103333. (April 2021).
- RT 103333. (2021). Teoksessa *Betonin suhteellisen kosteuden mitta*.
- RT 103528. (2023). Teoksessa *Rakennuksen kosteus ja mikrobivauriot*.
- RT S-1236. (2021). Teoksessa *Olosuhteiden hallinta rakentamisessa*.
- Sisäilmayhdistys*. (13. Februari 2023). Noudettu osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>
- Sisäilmayhdistys*. (24. Februari 2023). Noudettu osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Kosteusmittaukset>
- Sisäilmayhdistys*. (31. januari 2023). *Sisäilmayhdistys*. Noudettu osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>
- Sisäilmayhdistys ry*. (31. 1 2023). Noudettu osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>
- Suomen Betonitieto. (2007). *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet*.
- Ympäristöministeriö. (1998). Rakmk-C2.
- Ympäristöministeriö. (2016). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Teoksessa *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Helsinki.
- Ympäristöministeriö. (2019). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Teoksessa I. L.-W. Weijo.

Bilaga 1. Hur man utför de olika mätningarna

Borrhålsmätning



(RT 103333, 2021).



(RT 103333, 2021).



(RT 103333, 2021).

Bild 1.

Hålet borrar vanligtvis med ett 16mm bett. Hålet skall ha en diameter som passar röret som skall tätas mot golvet.

Bild 2.

Hålet borrar noggrant till det valda mätdjupet.

Bild 3.

Borrdammet avlägsnas noggrant med hjälp av en dammsugarslang som passar i röret. Även under borrningen är det bra att använda dammsugare för att förhindra damm spridningen.



(RT 103333, 2021).



(RT 103333, 2021).



(RT 103333, 2021)

Bild 4.

Efter rengöring av hålet, tätas rörets övre ända samt fogen mellan golv och rör. Hålet får jämna ut sig minst 3 dygn, varefter jämviktsfukten i hålet nåtts och är klart för ett noggrant mätresultat.

Bild 5.

Då borrhålet jämnat ut sig stoppas mätsonden i röret och röret tätas omedelbart. Sonden får jämna ut sig i röret enligt tillverkarens anvisningar, oftast minst 1-4 timmar.

Bild 6.

Efter en tillräcklig utjämnings tid kan mätresultatet läsas från displayen och dokumenteras. För kort utjämnings tid kan orsaka fel i mätresultatet.

Provbitmäting



(RT 103333, 2021).

Bild 7.

Ett 50-100mm hål torr borras till det valda mätdjupet varefter kvarblivna biten avlägsnas för att nå provtagningsytan.



(RT 103333, 2021).

Bild 8.

Provtagningsytan skall vara 5mm ovanför det valda mätdjupet. På det här sättet får man provbitar från valda mätdjupet och uppåt.



(RT 103333, 2021).

Bild 9.

Provbitarna pikas inuti den röda cirkeln, inte närmare än 5mm hålets kanter så inte effekterna av borrhningen syns i mätresultaten.



(RT 103333, 2021).

Bild 10.

De enskilda provbitarna skall vara i en storleksklass på 5mm x 5mm x 5mm. Men inte större än 5mm.



(RT 103333, 2021).

Bild 11.

I det högra provröret syns felaktigt tagna provbitar. En del av bitarna har en yta som borsten bearbetat en slät yta på och detta kan ha en negativ påverkan på mätnoggrannheten.



(RT 103333, 2021).

Bild 12.

Avläsningstemperaturen skall vara ± 2 °C noggrannhet den temperaturen där konstruktionen önskas granskas. Om provröret tillåts utjämnas, till exempel vid en konstant temperatur på +20 °C, blir resultatet av den mätta betongens relativa luftfuktighet vid den temperaturen.

Snittmätning

(RT



103333, 2021).



(RT 103333, 2021).

Ytmätning

(Egen bild)

Bild 13.

Den ena mätsonden registrerar förhållanden i utrymmet och den andra under ytbeläggningen.

Bild 14.

1. Gör ett snitt i ytbeläggningen.
2. Stoppa in mätsonden under beläggningen och täta snittet
3. Låt mätsonden jämna ut sig minst 15 min.
4. Dokumentera mätresultaten och mätningens förhållanden.
5. Gör även observationer av beläggningens undersida och golvytans kondition.

Bild 15.

1. Undersök konstruktionerna och dess material
2. Gör en systematisk kartläggning och gör anteckningar av resultaten
3. Gör referensmätningar av samma material som säkert är torrt
4. Granska mätresultaten och gör en bedömning på dess tillförlitlighet, eller kan det ha skett en felmätning på grund av vattenledning, armeringsjärn, elkablar eller förändring i

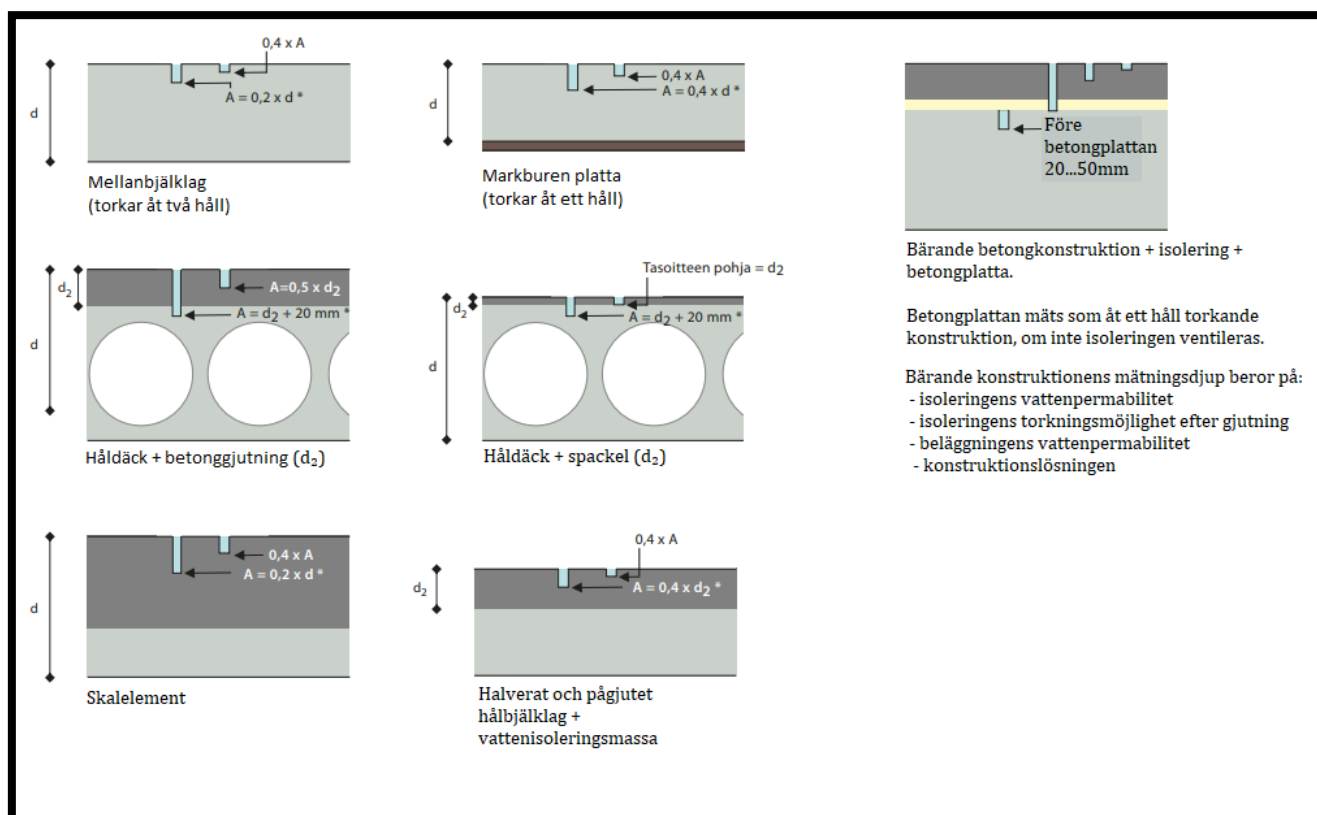
Bilaga 2. Grundläggande mätdjup som används för att bedöma betongkonstruktionens beläggingsförmåga.

Figurerna visar de grundläggande mätdjup som används för att bedöma beläggingsförmågan hos en betongkonstruktion, vilka vid behov specificeras för en mer detaljerad byggnadsfysiks analys och med hjälp av hänsyn till beläggningens vattenångpermeabilitet. Specificeringen kan gälla mätdjupet och/eller gränsvärderna för beläggning.

Om vattenpermeabiliteten för den framtida beläggningen inte är exakt känd jämförs resultatet av mätningen av djup A direkt med beläggningsgränsen, med hänsyn till den totala mätosäkerheten. Ett djup på $0,4 \times A$ bör vara torrare än djupet A, för att ytterligare säkerhet erhålls för beläggningens funktionalitet och till exempel för torkning av limmet mot konstruktionen. För beräkning av djupet $0,4 \times A$ används högst 70 mm som A.

Om tjockleken på betongplattan gjuten ovanpå är 60 mm eller mer, måste fukthalten mätas ytterligare över det övre bedömningsdjupet A på ett djup av $0,4 \times A$.

En utjämningsmassa med en tjocklek på mer än 5 mm bör beaktas vid bestämning av mätdjupet som tillhörande konstruktions tjocklek, helst redan före utjämning. Vid behov bör torkningen av utjämningskiktet och tillräcklig torkning av den fuktade betongytans del kontrolleras med strukturella fuktmätningar.



Gränsvärden för betongen före ytbeläggning.

Beläggningsmaterial	Betongens RH (%) bedömningsdjup (A)	Betongens eller spacklets RH (%) i ytan och 1-3cm djupt (0,4xA)
Plastmatta	85	75
Linoleum	85	
Gummimatta	85	
Textilmatta	85	
Helsynteetiska textilmattor utan underlag	90	
Plast-, gummi-, linoleumplattor	90	
Vattenisolering	85-95	

(Suomen Betonitieto, 2007)