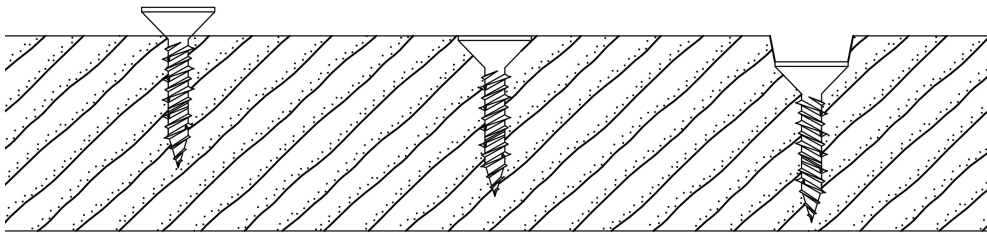


Inverkan av skruvars installation på fuktinträngning i trä

Kan felinstallerade skruvar leda till större risk för röta?



Erik Arnebrant

17 mars 2023

Acknowledgement

Efter avslutat arbete vill jag rikta ett stort tack till min handledare Jonas Niklewski som har hjälpt mig genom hela arbetets gång, från provuppställning till slutsats. All tid och alla tankar, synpunkter och idéer har visat på en mycket insatt handledare som vill se ett bra utfört arbete.

Under arbetets gång har jag gått igenom vad som gjorts tidigare angående detaljlösningar samt fuktupptagning och insåg hur mycket forskning som gjorts tidigare av bland annat Jonas och avdelningen för konstruktionsteknik på LTH. Jag hoppas därför att detta arbete väcker nya tankar och funderingar kring detaljlösningar och öppnar upp för mer forskning.

Abstract

Wood and wood-based materials are common materials used in buildings, both in- and outdoors. However, wood is vulnerable to water and moisture which is why it is essential to keep it dry and prevent moisture from getting into the wood. Thus, there are multiple methods to protect the wood against moisture, such as using paint, oil, impregnation, or different metal profiles. Fasteners penetrating wood can act as a passage for water to be absorbed deeper into the material and increase the moisture content which results in decreased durability and reduced mechanical properties. This report investigated if differences in the installation depth of screws and the moisture content of the penetrated wood correlate. It was executed by measuring moisture content continuously on 48 small samples made of spruce that had been placed on a roof where the samples were exposed to the weather for two years. These specimens had one screw each which was installed in three different ways, either with the screw head being above, flush, or below the wooden surface. The results were then analyzed and compared with precipitation to find patterns. The results were scattered and inconclusive which made it difficult to draw a conclusion. Even though the results were inconclusive, some results made it clear that poor installation led to an increase in moisture content. The scattered results could be due to variations in the wood, practical problems with the sensors, or a limited testing period. Thus, more testing is needed with more samples.

Sammanfattning

Trä är ett vanligt byggnadsmaterial som förekommer i många olika delar av ett hus, både inom- och utomhus. Materialet är inte fuktbeständigt, vilket kan vara ett problem när trä används utomhus och exponeras för fritt vatten. Träets livslängd är starkt kopplat till exponering av vatten och därför har det tagits fram en rad metoder för att skydda träet mot fukt, till exempel färg, olja, eller plåtprofiler. Infästningar i trä kan fungera som en passage för vatten att absorberas djupare in i materialet och en följd av detta är en högre fuktkvot i virket som vidare ger en försämrade beständighet och försämrade mekaniska egenskaper. Syftet med denna rapport är att undersöka om variationer i installationen av skruvar ger en mätbar skillnad på fuktkvot. Skillnaden kommer vara installationsdjup, alltså hur långt skruven är åtdragen.

Testet utfördes genom att 48 träprover av gran placerades på ett tak under två års tid. På taket har proverna varit helt exponerade för väder och vind med installerade sensorer för att kontinuerligt och lokalt mäta träets fuktkvot vid infästningen. Efterföljande dataanalys genomfördes huvudsakligen med hjälp av sammanfattande statistik och kvalitativ utvärdering av fuktvariationer vid regn.

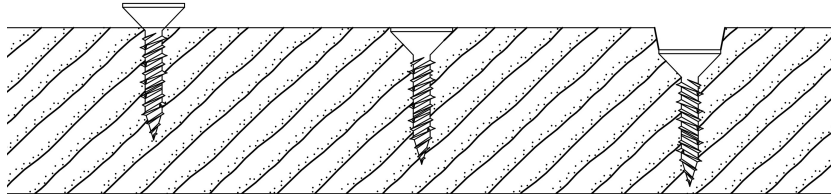
Sammantaget visade resultatet att dåligt utförande av skruvinstallation ledde till en ökad fuktkvot i träet. Dock uppstod en viss spridning under vissa mätperioder vilket ledde till att det inte gick att dra någon säker slutsats. Spridningen av fuktkvoten kan till stor del berott på variationer i träet samt praktiska problem med mätningarna.

Innehåll

Acknowledgement	I
Abstract	II
Sammanfattning	III
Innehåll	IV
1 Inledning	1
2 Bakgrund	3
2.1 Allmänt	3
2.2 Fukttransport	4
2.3 Biologisk påväxt	6
3 Metod	8
4 Resultat & Diskussion	13
4.1 Fuktkvot över tid	13
4.2 Tidsmedelvärdet	18
4.3 Skadlig fuktkvot	22
4.4 Övergripande diskussion	25
5 Slutsats	27
Litteratur	28

1 Inledning

Trä och träbaserade material är känsliga för fukt och vatten. Det är därför viktigt att minimera fuktexponeringen för dessa material. När trä används i byggnader är det under normala förhållanden skyddat från vatten. Fasadbeklädnad, altan och balkong är dock direkt exponerade för regn vilket gör det viktigt att minimera mängden vatten som absorberas. Denna rapport kommer att behandla hur träets fuktbeständighet påverkas beroende på hur långt skruvar skruvas in i träet, se figur 1.1. På ett normalt trädäck kan det förekomma uppemot 1000 skruvar. Därför är det av intresse att undersöka om skruvdjupet har betydelse för fuktvariationer i träet. Fuktvariationer i träet är vidare kopplat till träets beständighet. I figur 1.2a och 1.2b syns en skruv vars huvud är ovan träytan, respektive en skruv med huvud under träytan.



Figur 1.1: Illustration av olika installationsdjup



(a) Korrekt installerad skruv.

(b) Felaktigt installerad skruv.

Figur 1.2: Skillnad mellan olika installationsdjup.

Syfte

Syftet med denna rapport är att ta reda på om det blir någon skillnad i mängden fukt som tränger in i träet beroende på skruvhuvudets position. I rapporten redovisas resultat från en undersökning av en sorts skruv som installeras på tre olika djup för att se om detta ger någon skillnad i fuktkvot. Hypotesen för försöket var att skruvinstallationen som har skruvhuvudet under träytan kommer leda till en ökning av fuktkvot i träet lokalt jämfört med installation som har skruvhuvudet vid ytan eller ovanför ytan. Enbart en sorts träsort (gran) har undersökts. Ett annat syfte med rapporten är att utgöra en litterär referens då det saknas till senare experiment.

2 Bakgrund

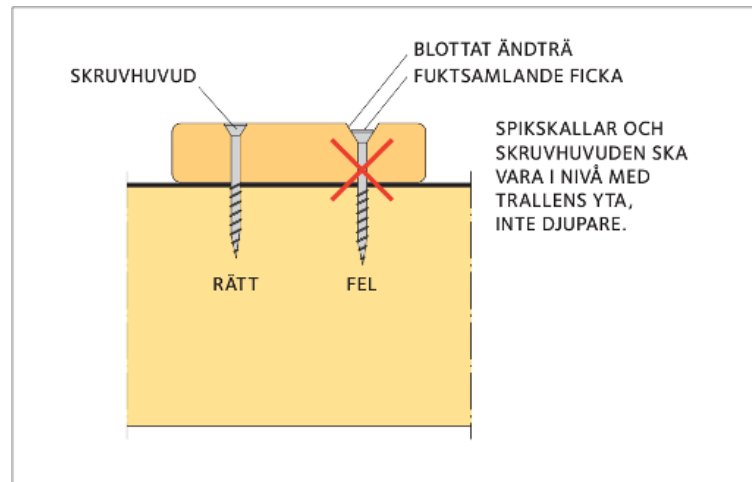
Trä används frekvent i byggnader, både i bärande delar och som beklädnad. När trä används utomhus, till exempel som fasad eller altan blir det utsatt för nederbörd, vilket leder till att vatten och fukt tränger in i materialet. Fukt kan försämra träets bärförmåga, få träet att expandera eller krympa, förändra det estetiska uttrycket och främja tillväxt av rötsvampar [1] som resulterar i en nedbrytning av materialet. Därför används flera metoder för att reducera fuktabsorption samt förbättra träets fuktbeständighet. För att reducera fuktabsorption används olika ytbehandlingar eller konstruktiva träskydd. Man kan även förbättra träets resistens med modifiering eller impregnering [2].

2.1 Allmänt

I en byggnad förekommer det många anslutningar, exempelvis när en balk och en pelare möts eller när altanbrädor ligger an mot underliggande regler. Vid anslutningar används olika fästdon som skruv, bultar eller spik. Infästningarna ”punkterar” träet som då låter vatten ta sig in vilket ökar fuktkvoten. Om fuktkvoten är hög under en längre period kan det leda till att svampar börjar växa [3]. Det är speciellt problematiskt vid detaljlösningar där ytor ligger an mot varandra, som överlappningar eller där ändar möts. Isaksson och Thelandersson [4] undersökte skillnaden för detaljlösningar där träytor hade kontakt med varandra eller där det fanns mellanrum. Resultatet visade att fuktkvoten är högre i träet som har kontakt med annat trä än om ingen kontakt sker. Detta beror på att kontakten skapar fuktfällor mellan träbitarna samt att fukten inte kan försvinna lika lätt. Vid en undersökning över beständigheten av trä i Tyskland [5] utnyttjade man de negativa effekterna orsakat av detaljlösningar för att accelerera förmultningsprocessen.

Niklewski [6] undersökte vidare skillnaden av fuktkvot i trä för olika brodetaljer. Detaljer där träytor har kontakt med andra träytor, trä som har kontakt med olika ståldetaljer och trä som har kontakt med betong. Innebörden av mellanrum mellan ytorna undersöktes samtidigt genom att utföra flera prover av samma typ men med olika mycket mellanrum. Resultatet är liknande Isaksson och Thelanderssons [4] undersökning och visar att mellanrum sänker fuktkvoten i träet. Vidare visar resultatet även att fuktkvoten blir högre om träytorna som har kontakt är i horisontellt läge jämfört med vertikalt.

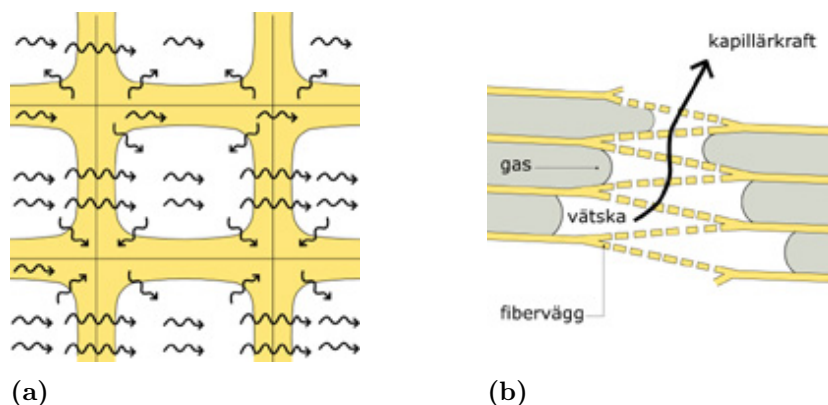
Skruv och andra infästningars inverkan på fuktbeständighet är inte lika väldokumenterat i litteraturen. Bästa praxis för skruv finns dokumenterad i byggbeskrivningar som syns i figur 2.1, som visar en korrekt utformning av skruv enligt Svenskt trä [7] där skruvhuvudet ska vara i nivå med träets yta. Gemensamt för de flesta detaljer är att det finns fästdon (skruvar, spikar eller bultar) där installationen av dessa är en faktor som inte diskuteras men som skulle kunna påverka fuktkvoten på ett negativt sätt.



Figur 2.1: Korrekt skruvad skruv. Källa: Svenskt Trä, TräGuiden, www.traguiden.se [7]

2.2 Fuktransport

Fuktransport i trä sker på olika sätt, genom fuktdiffusion eller vätsketransport [8]. Fuktdiffusion sker när vattenånga strömmar genom cellväggarna i träet till de olika cellerna, se figur 2.2 (a), och sker när träet befinner sig under fibermättnadspunkten. Diffusionen drivs av olika fukthalter i medium och får fukt att strömma från hög till låg koncentration. Fuktdiffusion kan även delas upp i två olika sorters transport. Den ena är vattenånga som transporteras i cellerna och den andra är vatten (vätskeform) som transporteras i cellväggarna [8]. När träet väl når fibermättnadspunkten sker fuktransporten genom vätsketransport i cellerna som drivs av kapillära krafter, se figur 2.2(b). Denna process går fortare och beror på vilken riktning vattnet rör sig i jämfört med fibrernas riktning.

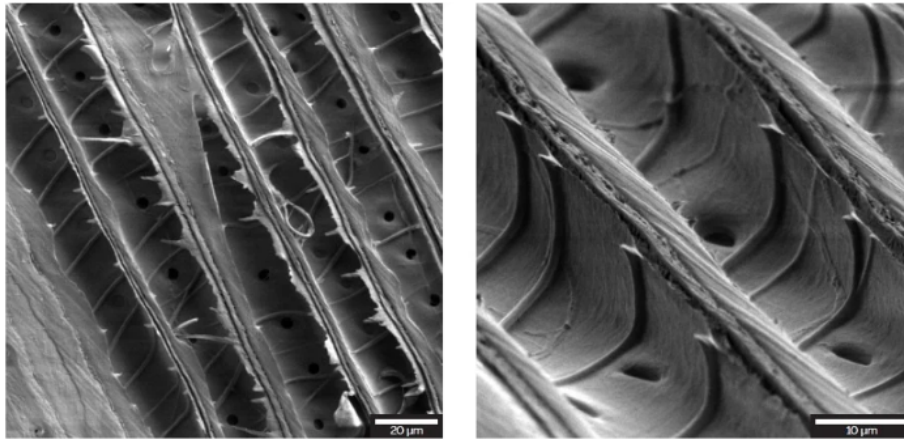


Figur 2.2: Ångtransport (a) respektive vätsketransport (b) i trä. Källa: Svenskt Trä, TräGuiden, www.traguiden.se [9]

Trä är ett ortotropiskt material, vilket innebär att det inte är symmetriskt i alla riktningar och har olika egenskaper. Trä har tre olika symmetriaxlar; radial-, tangentiell- och fiberriktning, som kallas för huvudriktningar [10].

Huvudriktningarna skiljer sig åt med avseende på krympning, svällning, bärförmåga och även fukttransport. Vatten har lättare för att transportera sig parallellt med fibrerna (fibrriktningen) än i radial eller tangentiell riktning. Fukttransport i fibrriktningen blir relevant när man undersöker ändträ där alla porer i ett tvärsnitt är exponerade. Fukt finns då i hela tvärsnittet där det vidare kan transporteras parallellt med fibrerna. Vatten transporteras 20 gånger fortare i fibrriktningen jämfört med den tangentiella riktningen eftersom vattnet behöver röra sig genom betydligt färre cellväggar per längdenhet [3].

När vattnet transporteras vinkelrätt mot fibrerna måste det igenom cellväggar vilket medför ett motstånd för vatten som transporteras. För att vattnet ska kunna transportera sig vinkelrätt mot fibrerna måste vattnet röra sig igenom små hål (porer) i cellväggarna som kan ses i figur 2.3. Processen är långsam och sker i transversal riktning genom ringporer och radiellt via radiella cellkanaler [8]. När vattnet väl har gått igenom ringporerna kan det fortsätta att transporteras parallellt med fibrriktningen i de nya cellerna.



Figur 2.3: Porer i cellväggar Källa: TESCAN's UHR SEM [11]

Fuktupptagning sker när extern fukt tas upp av trä. Det liknar fukttransport då upptagningen sker via ångtransport fram tills fibermättnadspunkten är nådd och sedan via vätsketransport. Vid tillgång till fritt vatten kommer majoriteten av vattnet tränga in i träet genom vätsketransport via exponerat ändträ [9].

Fuktkvot är ett mått på hur stor del av träets vikt som är vatten. Genom att dividera vattnets vikt som finns i träet med träets torra vikt kan fuktkvoten beräknas [2], se ekvation 2.1 nedan.

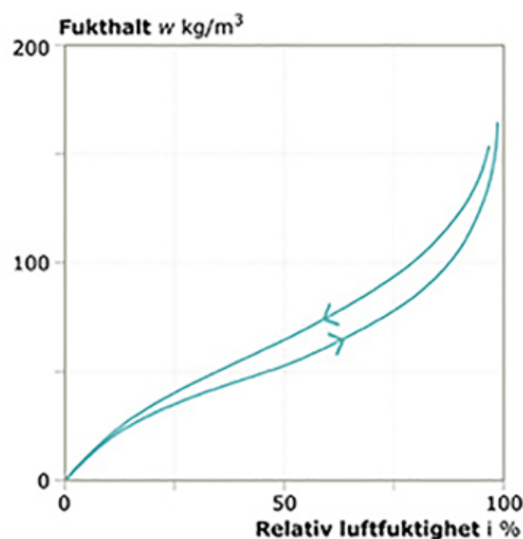
$$\mu = \frac{\text{vikt vatten}}{\text{vikt torrt trä}} = \text{fuktkvot} \quad (2.1)$$

Vid en fuktkvot runt 30% uppnås fibermättnadspunkten [8] som sker då cellväggarna i träet blir vattenmättade. Vid högre fuktkvoter börjar vatten samlas i cell-lumen och kan transporteras fortare än vattenånga. Ett annat begrepp som används för att beskriva hur mycket fukt trä innehåller är "fukthalt". Skillnaden mellan fukthalt och fuktkvot är att fukthalten uttrycks i vikt per volym och fuktkvoten uttrycks i viktandelen av ett material som är vatten.

2.3 Biologisk påväxt

Vid en högre fuktkvot förbättras förutsättningarna för olika mikroorganismer att växa på bland annat trä- och träbaserade material. Mikroorganismerna har olika påverkan på träet, kräver olika höga fuktkvoter för att kunna växa och organismerna grupperas efter hur de påverkar träet. Två av dessa grupper är mögel respektive röta.

Mögel är en sorts svamp som växer på trädets yta, försämrar det estetiska uttrycket och även kan förorsaka hälsoproblem hos människor [2]. Eftersom mögel angriper trädets yta är det luftfuktigheten som har störst inverkan och därför används den relativa luftfuktigheten för att beskriva risken för mögel. Mögel kan börja växa redan vid en relativ luftfuktighet på runt 75–80% där en motsvarande fuktkvot tas fram med hjälp av en sorptionskurva [8], se figur 2.4. En relativ luftfuktighet på 75% motsvarar en fukthalt på cirka 80 kg/m^3 vilket i sin tur ger en fuktkvot på ungefär 16% för det använda träslaget. En studie utförd av Johansson [12] tar upp att mögel har lättare att växa om ytan är skrovlig eller har en grövre snittyta än om ytan är slät. Detta kan enligt Johansson bero på att den sågade ytan har en större upptagningsarea för vatten. Detta kan vara relevant för provbitar där skruvhuvudet sitter under träytan eftersom det exponerade ändträet ovanför skruvhuvudet får en ojämn yta.



Figur 2.4: Sorptionskurva för furu med densitet 510 kg/m^3 . Källa: Svenskt Trä, TräGuiden, www.traguiden.se [13]

Mer relevant för denna rapports ändamål är tillväxten av en annan sorts svamp som kallas för rötsvampar eller röta. Röta är en specifik grupp av svampar som bryter ned trädets cellulosa, hemicellulosa och lignin. Nedbrytningen skadar träet och försämrar trädets mekaniska egenskaper. Rötan skiljer sig från andra svampar då de behöver fritt vatten för att kunna växa [2]. Fritt vatten uppstår när fibermättnadspunkten (30%) är nådd eller överskrids. Rötan brukar delas upp i tre olika grupper, mjukröta, brunröta och vitröta, efter deras påverkan på trä samt utseende av det påverkade träet.

Mjukröta – Mjukröta bryter ner både cellulosa och hemicellulosa, och förekommer då träet är kontinuerligt blött eller fuktigt [14].

Brunröta – Brunröta bryter ner cellulosa och hemicellulosa men lämnar kvar lignin. En viss typ av brunröta kräver inte att träet är konstant fuktigt utan rötan kan börja växa i fuktiga delar för att sedan sprida sig till torra delar och leva kvar trots mindre tillgång till fukt. Därför kallas rötan för ”Torröta” [15]. Brunröta är mest relevant för denna studie då det är den vanligaste och mest aggressiva typen av röta som växer ovan jord. Då vissa sorters brunröta (torröta) kan sprida sig från små områden som är exponerade för fukt och även växa vidare i torra delar av träet skapar det en större riskzon för nedbrytning och inte bara lokalt kring skruven.

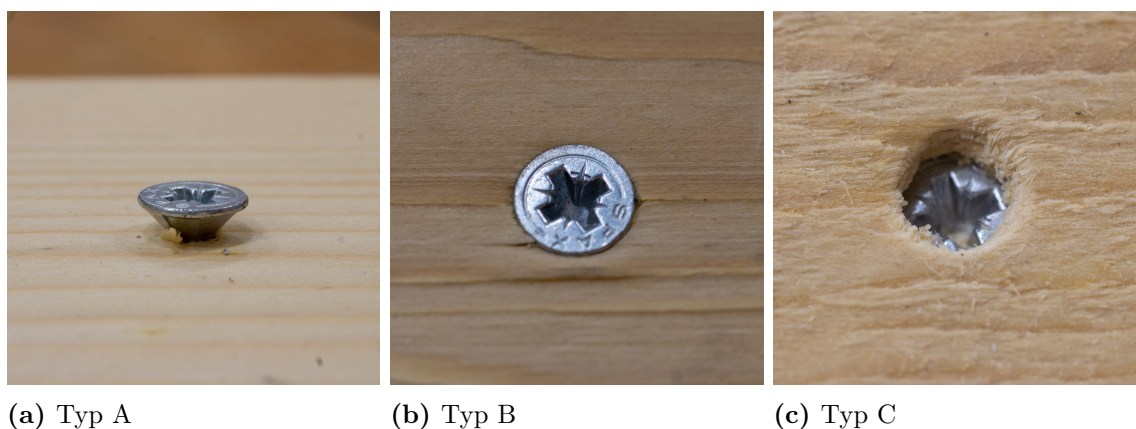
Vitröta – Vitröta skiljer sig från mjuk- och brunröta genom att även kunna producera ett enzym som kan bryta ner lignin som gör att träet trådar sig och bleknar. Träet har ingen hållfasthet efter detta. Vitröta förekommer mest hos lövträd [16].

3 Metod

Provkroppar av gran installerades med varsin skruv med varierade skruvdjup. Med hjälp av sensorer analyserades fuktkvoten för att undersöka hur den varierar över tid för varje prov. Proverna placerades oskyddade utomhus på ett hustak. Experimentet inkluderade tre olika infästningar (A–C) samt en referens med enbart borrhål (D) och en referens utan infästning (E), se tabell 3.1. Totalt tillverkades tolv provkroppar med respektive infästning, sex referenser med enbart borrhål (D), samt sex referenser utan hål (E). För infästningar användes tre olika djup på skruvhuvudet: ovan träytan (A), i nivå med träytan (B) och under träytan (C), se figur 3.1. Mer specifikt är skruvhuvudet ungefär 4 – 5 mm under träytan

Tabell 3.1: Beteckning och antal av de olika typerna.

Typ	Beteckning	Totalt antal
Skruv ovan träytan	A	12
Skruv vid träytan	B	12
Skruv under träytan	C	12
Träbit med borrhål	D	6
Träbit utan borrhål	E	6



Figur 3.1: Demonstration av installationstyperna A, B och C

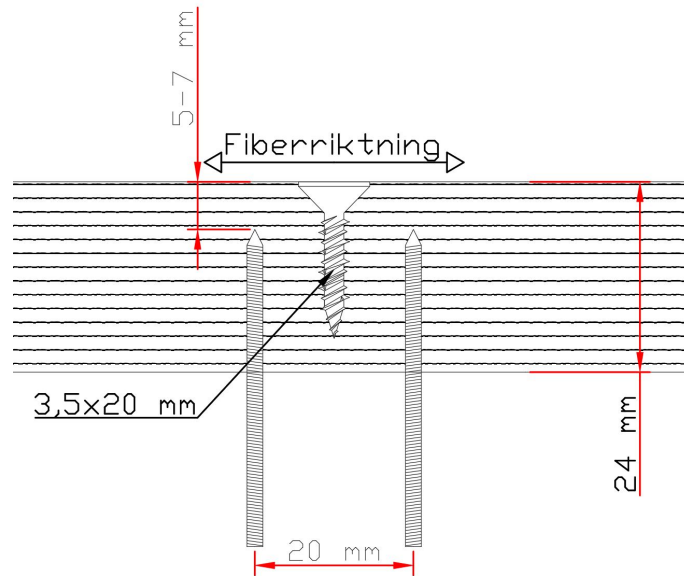
Skruven var av storleken 3,5x20 mm av förzinkad stål. Samtliga provbitar var splintved av gran för att påskynda vattenupptagningen och ge resultat snabbare [9]. Provbitarna hade dimensionerna 15 cm (längs fiberriktningen) x 10 cm (tvärs fibrer) x 2.5 cm (tjocklek). Ytorna var hyvlade medan ändträet hade sågade ytor. Ändträet var även täckt med två lager fukttät massa, ARDEX S1-K [17], som var penslad på ändträet med två lager. Massan skulle stoppa fukt att transporteras parallellt med fibrerna och simulera en längre längsgående bräda.

Testet bestod av totalt 48 stycken prover uppdelade i fyra set, se figur 3.4. Alla provbitar var gjorda från samma bräda och bedömdes därför ha liknande egenskaper. Då enbart tolv mätsensorer fanns till förfogande delades de 48 proverna upp i fyra set om tolv prover för att underlätta dokumentation samt redovisning av data.

Varje set bestod av tre prover med skruv som var installerad enligt *typ A*, tre prover med skruv enligt *typ B*, tre prover med skruv enligt *typ C* och tre referensprover. Sensorerna som fanns till förfogande skiftades mellan seten över tid och därmed mättes enbart ett set åt gången. Seten var identiska när det gäller installationstyperna och alla seten utsattes för samma väderförhållanden.

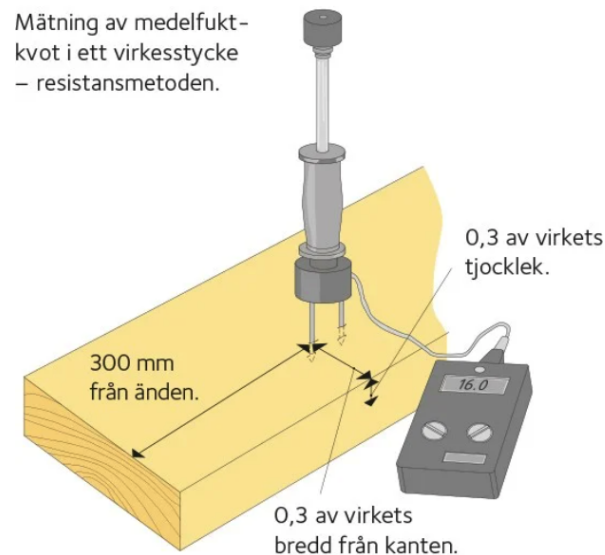
Fuktmätning och exponering

Då elektrisk ledningsförmåga är starkt kopplat till fuktkvot mättes fuktkvoten med hjälp av resistansmetoden. Det är en indirekt metod som mäter hur hög fuktkvoten är i provet genom det elektriska motståndet i träet. Resistansen mättes genom att två stift placerades i fiberriktningen [2] på ett visst djup där sedan en elström flödade mellan stiften, se figur 3.2. Stiften var sedan kopplade till en sensor som registrerade resistansen varje- eller var femte minut (beroende på hur de var programmerade sen tidigare) vilket ger upphov till olika antal mätpunkter. Med en indirekt mätmetod kan en viss spridning av den uppmätta fuktkvoten förekomma, ungefär ± 2 procentenheter. Enligt standard [2] för resistansmetoden ska man undvika att mäta ytfuktkvoten då den kan variera från den verkliga fuktkvoten. Därför satt elektroderna 5–7 mm under ytan för att undvika att mäta fukten på ytan.



Figur 3.2: Försöksuppställning

Enligt standarden ska elektroderna även placeras i mitten av trästycket om provet som mäts är kortare än 600 mm, elektroderna ska placeras 0,3 gånger av bredden från kanten och 0,3 gånger av djupet från ytan av träet [2], se figur 3.3. Denna fuktmätning avvek från standarden och elektroderna placerades i mitten av provet med avseende på bredden och 70% av djupet mättes.



Figur 3.3: Fuktmätning av trä Källa: Svenskt Trä, TräGuiden, www.traguiden.se [2]

Proverna placerades i horisontellt läge utomhus på ett hustak utan skydd där enbart naturliga fenomen som solljus, regn och snö påverkade proverna. Samtliga prover var ute under hela mätperioden men mätsensorerna skiftades mellan seten under försökets gång. Samtidigt registrerades regnmängden för perioden då fuktkvoten beror på nederbörd. Regndatan samlades in 500 meter från provbitarnas placering och anses därför stämma överens med regnet som påverkade proverna.

Utöver regndatan mättes även temperaturen då temperaturen används för att beräkna fuktkvoten. Temperaturen mättes av sensorerna som placerades i en låda bredvid proverna vilket ledde till att temperaturen inte mättes precis vid proverna. Sensorerna har gränser på hur högt och lågt de kan registrera fuktkvoten. När sensorn visade en fuktkvot på 35% kan fuktkvoten varit betydligt högre trots att sensorn enbart visar 35%. Detta beror på att resistansen inte minskar lika kraftigt efter fibermättnadspunkten [3]. Den undre gränsen är vid 6–7% fuktkvot och beror på att träets konduktivitet är för låg för att givarna ska kunna registrera fuktkvoten [18].

Mätvärdena analyserades sedan genom att kontrollera hur fuktkvoten varierade över tid, hur höga tidsmedelvärdena var för typerna samt antalet mätvärden över 30% fuktkvot sammanställdes. Fuktkvoter över 35% togs bort vid beräkning av tidsmedelvärde då den egentliga fuktkvoten kan ha varit högre. En nackdel med sensorerna var att de tappade kontakt och har därmed inte registrerat mätvärden för olika långa tidsintervaller. Detta skedde slumpmässigt för olika sensorer under mätperioden och berodde dels på att batterierna i sensorerna behövde bytas.



(a) Set 1

(b) Set 2



(c) Set 3

(d) Set 4

Figur 3.4: Provpuppställning

4 Resultat & Diskussion

Resultatet redovisas genom olika analyser för att få en överblick av mätdata. Främst analyserades fuktkvoten över tid för att se lik- och olikheter och hur fuktkvoten påverkades av nederbörd. Därefter undersöktes tidsmedelvärdet för de olika provbitarna för att ge en enkel bild över värdena. Tiden då fuktkvoten har varit över en viss procent diskuterades då det är ett resultat som är kopplat till rötas tillväxt medan tidsmedelvärdet ger ett mer generellt svar.

4.1 Fuktkvot över tid

Sensorerna gav upphov till mycket data då sensorerna mätte var femte minut dygnet runt vilket redovisas som grafer över tid. För att underlätta att läsa av graferna redovisas en till två-veckors perioder istället för flera månader. Fyra perioder spridda över olika årstider redovisas för att se hur proverna påverkades av olika hög relativ luftfuktighet, då den relativa luftfuktigheten är högre på vintern än sommaren [19]. Tidsperioderna valdes slumpmässigt för att inte påverka slutsatsen.

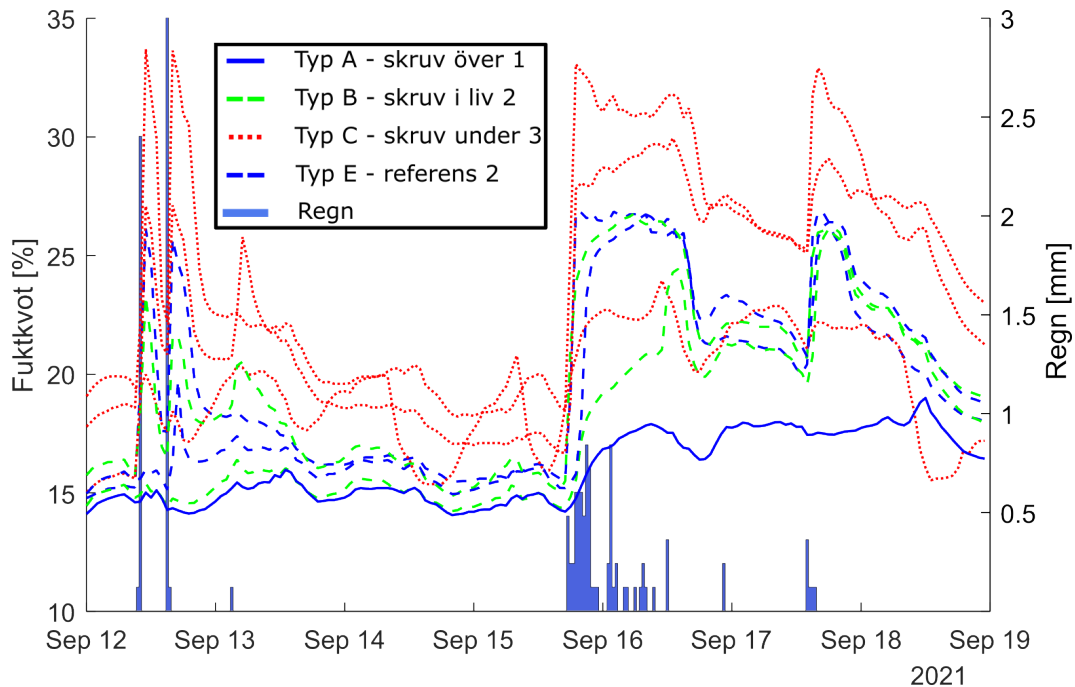
I figurerna 4.1–4.4 syns fuktkvotens variation över tid samt nederbörden (representerad av staplar) under samma period. Varje figur visar provbitarna för ett set och varje graf representerar fuktkvoten för ett av proverna där färgen samt linjetyp visar typen av prov. Legenderna i varje figur förklarar vilken provtyp som är kopplad till varje färg och linjetyp på graferna samt hur många träprover av varje typ som syns i figuren.

September, set 3

I figur 4.1 redovisas fuktkvoten för en veckas period under september 2021 för åtta av tolv prover i set tre. Resterande fyra prover saknade mätvärden då sensorerna hade tappat kontakt under perioden. Fuktkvoterna följde ungefär samma mönster men hade olika höga värden. *Typ A* avvek från övriga prover vid ett regn den femtonde september då fuktkvoten inte ökade lika kraftigt som resterande prover.

Utifrån figur 4.1 går det att utläsa att fuktkvoten för *typ C* var högre under hela perioden än resterande typer. Att majoriteten (två av tre) av *typ C* hade högst fuktkvot stärker hypotesen och var det väntade resultatet. Att de två provbitarna av *typ C* dessutom hade en större ökning vid nederbörd stärker hypotesen och tyder på att mer vatten trängde in i provet. Ökningen kan berott på ändträet som lämnades exponerat ovanför skruvhuvudet vid installation enligt *typ C*, eftersom vatten har lättare att transporteras med fiberriktningen. Varför den tredje provbiten av *typ C* inte är lika hög går inte att motivera mer än att träegenskaperna för provet var annorlunda. Om sensorerna för *typ D* hade registrerat data för perioden hade mätvärdena varit en bra referens till *typ C* då de enligt hypotesen har liknande förutsättningar, och därmed underlättat en slutsats.

Nämnavärt är att *referenstyp E* hade högre fuktkvot än *typ A*, vilket är omotiverat då *referenstyp E* borde ha en lägre fuktkvot då skruvininstallationen inte minskar fuktinträningen. *Typ A* har låg fuktkvot jämfört med övriga prover och är inte motiverat av hypotesen. *Typ A* borde inte markant skilja sig från *typ B* eller *referenstyp E*.



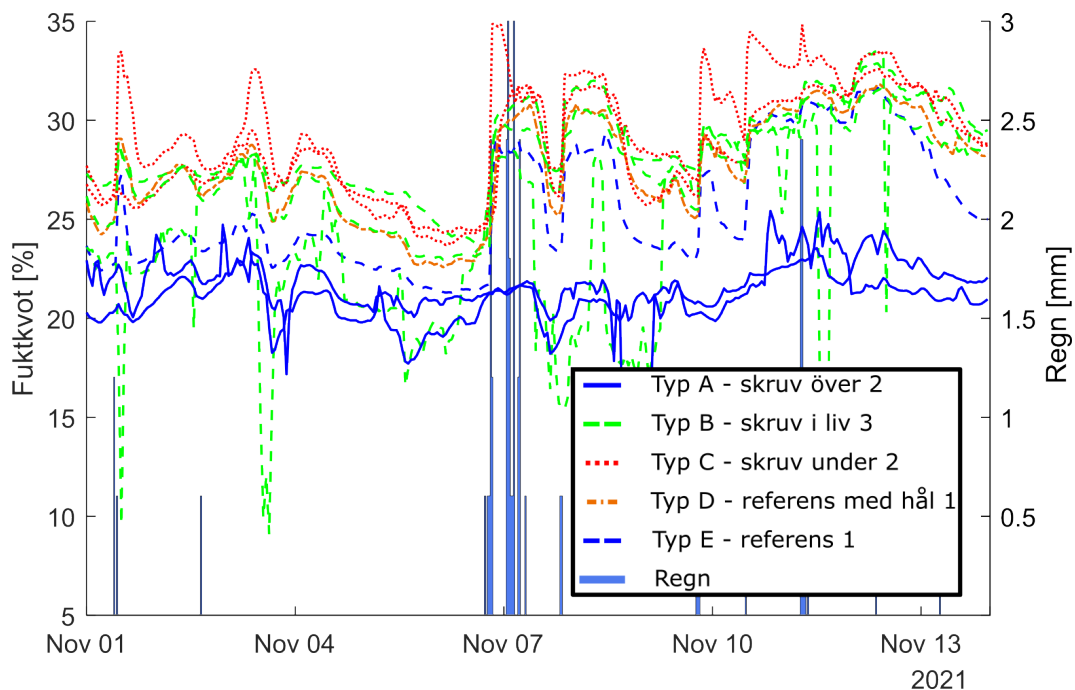
Figur 4.1: Fuktkvot respektive nederbörd från 12 sep till 19 sep 2021

November, set 1

Mätvärdena för provbitarna (nio stycken) i set ett visas i figur 4.2 där det syns att olika provtyper hade olika hög fuktkvot samt att kurvorna följde varandra. Vid nederbörd reagerade samtliga prover förutom *typ A* som antyder att inget vatten trängde in i provet efter nederbörd, men detta verkar osannolikt. Värdena var dessutom lägre för *typ A* under hela perioden vilket är samma resultat som för perioden i september. En sensor av *typ B* uppvisade dock en stor variation samt snabba fuktförändringar men de låga fuktkvoterna anses vara mätfel.

Övriga prover av *typ B* hade liknande fuktkvot som *typ C* som skulle antyda att det inte är någon betydande skillnad mellan olika inträngningsdjup med avseende på fuktkvoten och stärker därmed inte hypotesen. Man kan dock se att fuktkvoten för *typ C* hade en större reaktion på nederbörd. Detta indikerar att vatten kunde tränga in lättare i proverna vilket i sig stärker hypotesen.

Mätvärdena för *typ A* var lägre än övriga värden men borde enligt hypotesen haft en högre fuktkvot än *referenstyp E* då den installerade skruven inte anses minska fuktupptagningen i provet.

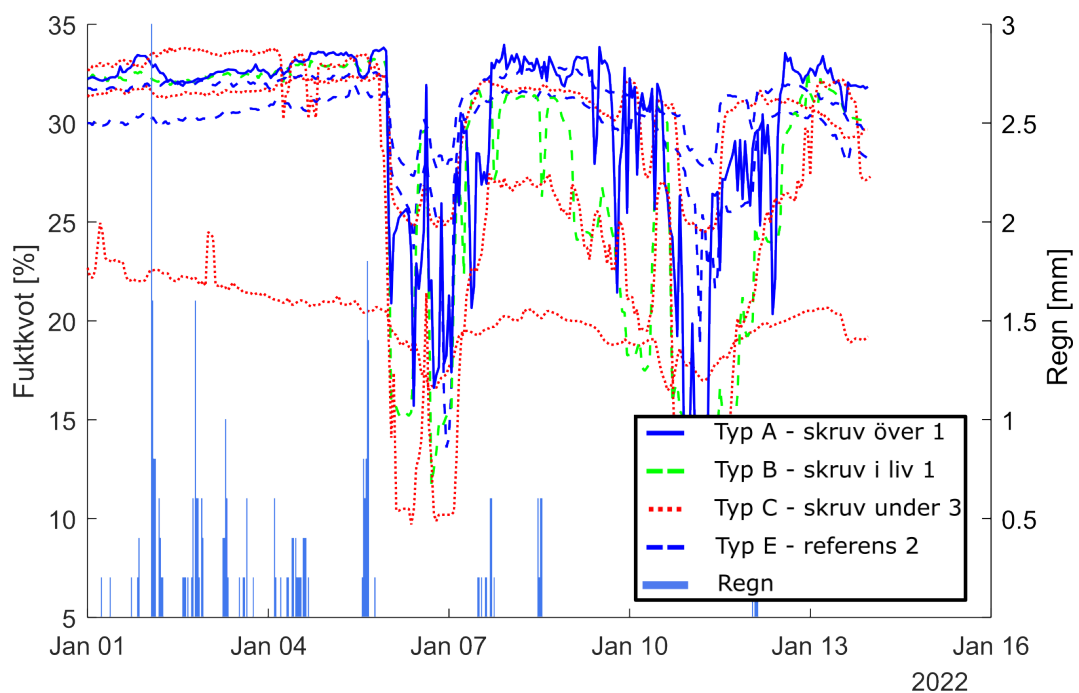


Figur 4.2: Fuktkvot för set 1 respektive nederbörd från 1 nov till 14 nov 2021

Januari, set 3

I figur 4.3 visas fuktkvoten för sju av tolv provbitar i set tre under två veckor i januari 2022. Två kraftiga sänkningar av fuktkvoten syns runt den sjätte januari och ytterligare en den tolfte. Det kan ha berott på en fuktig period med mycket nederbörd tillsammans med kraftiga temperaturförändringar då temperaturen används för att beräkna fuktkvoten. Utöver sänkningarna var fuktkvoterna höga och lika vilket leder till att det är svårt att dra någon slutsats.

Fuktkvoterna ser ut att ha varit oberoende av nederbörden i början av mätperioden, men då sensorerna redan gav max utslag ledde inte mer nederbörd till högre utslag på värdena. En sensor av *typ C* var betydligt lägre än resterande typer vilket inte går att förklara.

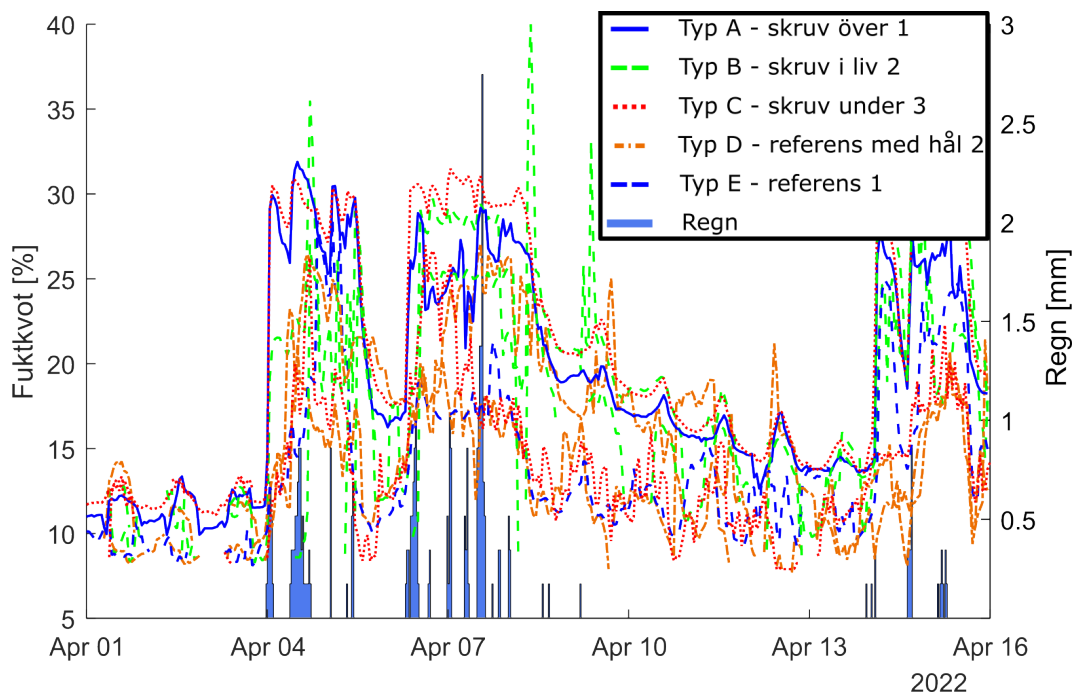


Figur 4.3: Fuktkvot respektive nederbörd från 1 jan till 14 jan 2022

April, set 4

I figur 4.4 visas fuktkvoten för nio av tolv provbitar i set fyra under de första två veckorna i april 2022. Skruvinstallationstyperna som hade högst fuktkvot var olika under perioden, men topparna runt den sjätte april var *typ C* och *typ A* högst under en längre period medan *typ B* hade högst fuktkvot under en kort period men sjönk sedan drastiskt. Att *typ C* var högst var väntat och stärker hypotesen, dock att *typ A* även hade ett högt värde stärker inte hypotesen då *typ A* inte anses vara sämre än *typ B* (rekommenderad installation).

Referensen utan hål, *typ E*, hade en låg fuktkvot under större delen av perioden, vilket var precis som väntat och fungerade som en referens för övriga typer. I figuren var en sensor av vardera *typ C* och *typ D* relativt låga medan resterande sensorer av samma typ var genomgående högst, vilket ledde till ett spretigt resultat och därmed svårare att dra en slutsats. Något som är tydligt i resultat är sambandet mellan regn och fuktkvot. Regnet trängde in i träet och höjde fuktkvoten från runt 12 % till runt 30 % den fjärde april.



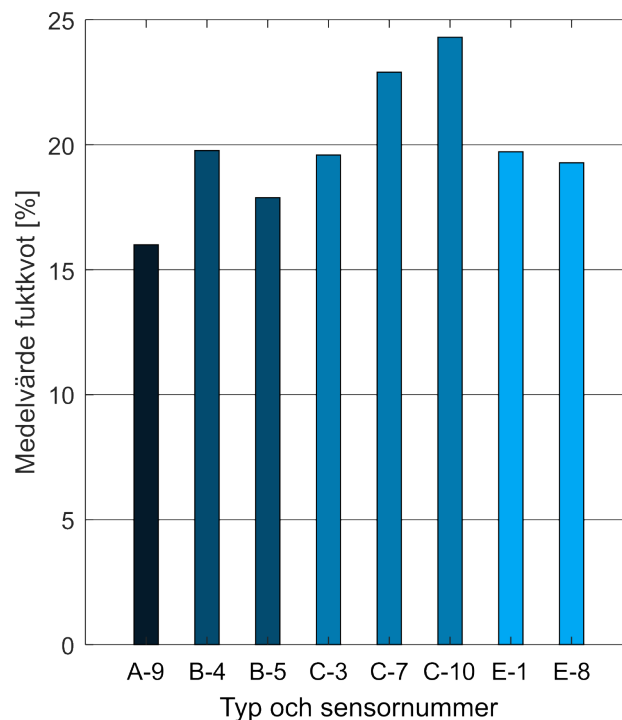
Figur 4.4: Fuktkvot respektive nederbörd från 1 apr till 16 apr 2022

4.2 Tidsmedelvärdet

Tidsmedelvärdet beräknades genom att summera mätvärdena för varje prov var för sig för en given period och dela med antalet mätpunkter för varje prov för perioden. Om ett värde var av typen "Not a Number" påverkade det inte resultatet, till exempel om endast åtta av tio värden erhöles dividerades den totala fuktkvoten med åtta. Värdena redovisas i figur 4.5–4.8.

September, set 3

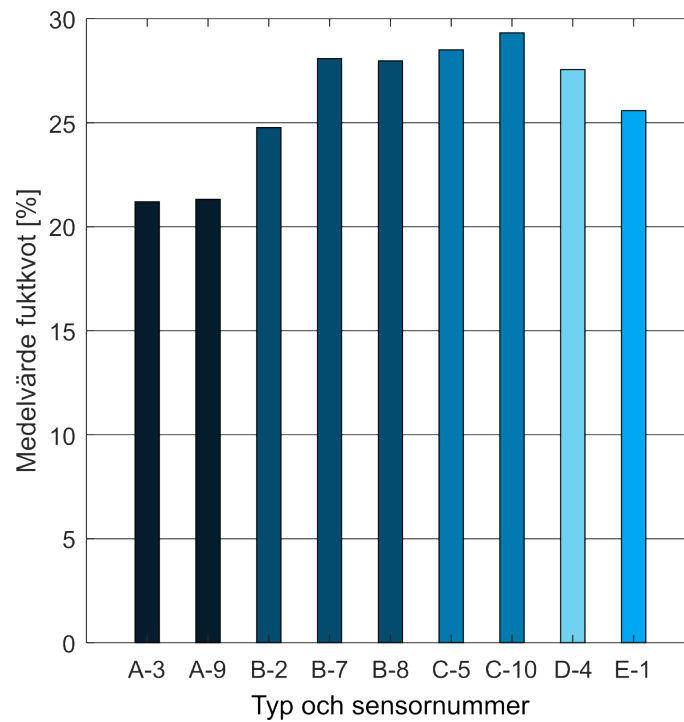
I figur 4.5 syns att medelvärdet för *typ C* var högre än för övriga typer, med ett tidsmedelvärde på 3–4 procentenheter högre än resterande. Precis som resultatet i figur 4.1 antyder resultatet att hypotesen stämmer. Det vill säga att skruvinstallation enligt *typ C* bidrar till en ökad fuktkvot. *Referenstyp D* hade kunnat ändra slutsatsen då ett borrarat hål hade varit en bra referens att jämföra med, men data saknas för typen. Ett borrarat hål skapar exponerat ändträ vilket minskar motståndet för vatten, precis som hypotesen säger om *typ C*. Trots att fuktkvoten över tid för motsvarande period (se figur 4.1) stärker hypotesen var det enbart några procentenheter som skiljde mellan typerna.



Figur 4.5: Tidsmedelvärde av fuktkvoten för 12 sep till 19 sep 2021

November, set 1

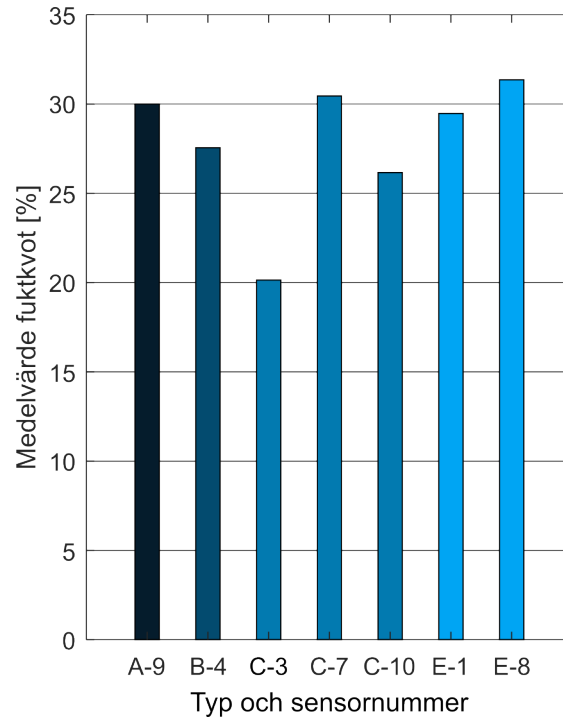
Tidsmedelvärdet för fuktkvoten under två veckor i november syns i figur 4.6. Medelvärdena visar samma resultat som fuktkvoten över tid, att *typ C* hade högst fuktkvot och *typ A* hade lägst fuktkvot. *Typ C*:s höga fuktkvot stärker hypotesen och tyder på att vatten har kunnat tränga in i proverna. Att *typ A* hade lägst fuktkvot var inte väntat, *typ A* borde haft liknande fuktkvot som *referenstyp E* då *typ A* inte anses minska fuktkvoten i provet som resultatet visar.



Figur 4.6: Tidsmedelvärdet av fuktkvoten för 1 nov till 14 nov 2021

Januari, set 3

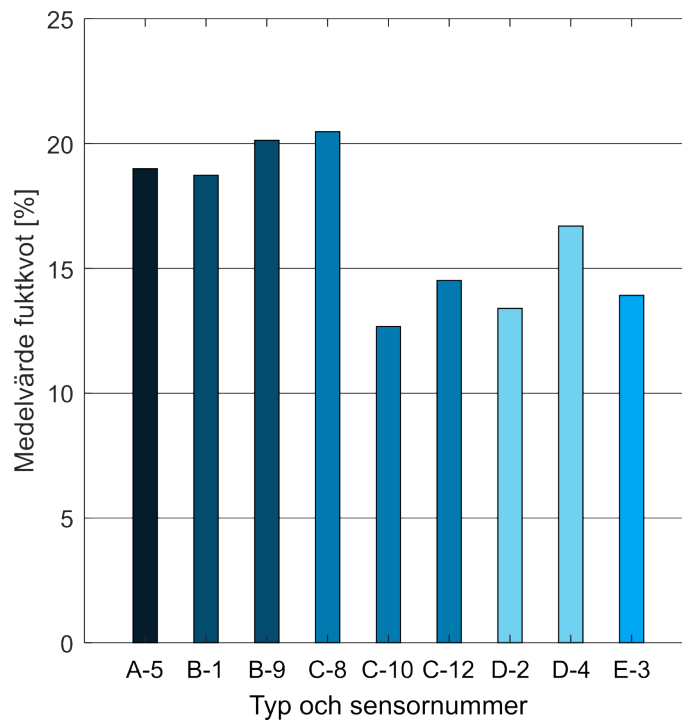
Tidsmedelvärdet för de två första veckorna i januari 2022 syns i figur 4.7 och visar återigen en stor spridning inom *typ C* där medelvärdet var både högst och lägst. Spridningen går inte att motivera mer än att det berodde på variationer av träets egenskaper, exempelvis sprickor.



Figur 4.7: Tidsmedelvärde av fuktkvoten för 1 jan till 16 jan 2022

April, set 4

Tidsmedelvärdena för de första två veckorna i april, som visas i figur 4.8, varierar mellan proverna och är olika höga. Det finns även en viss spridning inom de olika typerna. Speciellt stor skillnad är det för *typ C* som skiljer 10 %-enheter mellan högsta och lägsta fuktkvoten. Spridningen av medelvärdet gör resultatet svårtolkat och det går inte att dra någon slutsats enbart utifrån värden för denna tidsperiod, då värdena inte stärker eller avfärdar hypotesen.



Figur 4.8: Tidsmedelvärde av fuktkvoten för 1 april till 16 april 2022

För att sammanfatta perioderna bidrog tidsmedelvärdet genom att stärka hypotesen för september och november månad, trots att skillnaderna mellan typerna var små. De små skillnaderna kan ha berott på att proverna hade liknande fuktkvoter under torra perioder. Om proverna var torra under majoriteten av tiden berodde tidsmedelvärdet till största del på dessa värden. Därmed minskas de faktiska skillnaderna, matematiskt sett.

Resultatet visar också den låga fuktkvoten för *typ A* under perioderna september och november som fuktkvoten över tid visar. Resultatet diskuteras i slutsats.

4.3 Skadlig fuktkvot

En sista analys av fuktkvoten gjordes där antalet mätvärden över 30% fuktkvot sammanställdes för att se om antalet skiljde sig åt mellan typerna. Det är relevant att undersöka hur länge fukten stannar kvar i proverna då det är kopplat till tillväxten av mögel och röta. För att få ett jämförbart resultat mellan proverna jämfördes antalet mätvärden över 30% fuktkvot med det totala antalet mätvärden för respektive provbit. Detta gjordes då det totala antalet mätvärden skiljde sig åt mellan olika provbitar. Detta beror på att mycket av datan från försöket har försvunnit om eller när sensorerna tappat kontakt. Mätvärdena redovisas i tabell 4.1–4.4.

September, set 3

Precis som de tidigare redovisade resultaten för september månad bekräftar detta resultat, som syns i tabell 4.1, att hypotesen stämmer. Två av tre provbitar av *typ C* hade ett stort antal värden över 30% fuktkvot. Övriga prover hade inga värden över 30% fuktkvot som tyder på att vatten har haft lättare att tränga in i proverna av *typ C*. Dessvärre saknades data för *typ D* vilket hade varit en bra referens till *typ C* då de båda har exponerat ändträ vid skruven respektive hålet.

Tabell 4.1: Set 3 över period 2021-09-12 till 2021-09-19

Typ & nummer	Antal värden över 30% fuktkvot i procent
A-9	0
B-4	0
B-5	0
C-3	0
C-7	6.5
C-10	24.3
E-1	0
E-8	0

November, set 1

Ur resultatet i tabell 4.2 går det att utläsa att *typ C* hade flest antal mätvärden över 30% som stämmer bra överens med tidsmedelvärdet och fuktkvoten över tid för samma period, samt hypotesen. Resultatet bidrar till slutsatsen om att ett dåligt utförande av skruvinstallation (*typ C*) leder till en ökad fuktkvot i träet. Även andra typer hade många värden över 30% vilket tyder på en fuktig period över lag med hög relativ luftfuktighet.

Tabell 4.2: Set 1 över period 2021-11-01 till 2021-11-14

Typ & nummer	Antal värden över 30% fuktkvot i procent
A-3	0
A-9	0
B-2	26.6
B-7	31.1
B-9	0
C-5	39.6
C-10	51.9
D-4	33.6
E-1	20.1

Januari, set 3

Proverna för januari månad, som syns i tabell 4.3, gav inget entydigt svar på hypotesen. De tre proverna med störst antal värden över 30% fuktkvot var av tre olika typer, *typ A*, *C* och *E*. Detta visade en spridning som inte kan förklaras mer specifikt än att provernas träegenskaper skiljde sig åt, vilket är vanligt för trä då det är ett anisotropiskt material.

Tabell 4.3: Set 3 över period 2022-01-01 till 2022-01-14

Typ & nummer	Antal värden över 30% fuktkvot i procent
A-9	76.1
B-4	64.6
C-3	0
C-7	83.6
C-10	43.8
E-1	89.6
E-8	75.7

April, set 4

Resultatet för april månad syns i tabell 4.4. Ett prov av *typ C* skiljde sig åt då provet hade ett större antal värden över 30% fuktkvot än andra prover och stärker därmed hypotesen. Dock var resterande fuktkvot för två prover av *typ C* inte lika höga. Detta skapar återigen en spridning i resultatet som inte går att bortse ifrån. *Typ D* hade inte heller några mätvärden över 30% fuktkvot vilket också går emot hypotesen. Med avseende på det exponerade ändträet ovanför skruven samt vid borrhålet borde mer fukt trängt in i provet.

Tabell 4.4: Set 4 över period 2022-04-01 till 2022-04-16

Typ & nummer	Antal värden över 30% fuktkvot i procent
A-5	6.6
B-1	5.3
B-9	2.6
C-8	21.3
C-10	0
C-12	1.3
D-2	0
D-4	0
E-3	0

4.4 Övergripande diskussion

Ur resultatet för september och november månad var *typ C* övergripande högst vilket går att se för både fuktkvot över tid, tidsmedelvärdet samt antal värden över 30 % fuktkvot. Fuktkvoten var antagligen förhöjd då provkropparna av *typ C* hade blottat ändträ vilket minskade motståndet för fukten att transporteras in i träet. Ovanför skruvhuvudet för *typ C* blev det även en grop där vatten kunde ansamlas vilket ökade fuktinträngningen ytterligare. Däremot visar januari och aprils resultat en spridning av fuktkvoten samt att *typ C* inte var övergripande högst.

Ur september och novembers resultat verkar *typ A* inte reagera på nederbörd lika kraftigt som övriga typer. Under båda mätperioderna avviker mätvärdena för *typ A* genom att ha liknande fuktkvot före och efter nederbörd medan de andra typernas fuktkvot stiger kraftigt. Däremot reagerar *typ A* på nederbörd för perioderna i januari och april. Resultatet från september och november skulle antyda att fuktinträngningen minskar om skruvhuvudet sticker upp ovanför träytan (*typ A*). Slutsatsen är dock omotiverad från litteraturen samt teorin och därför anses resultatet vara en tillfällighet.

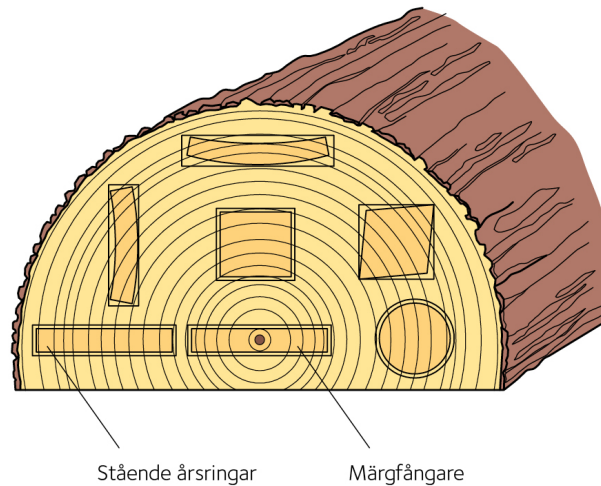
Spridningen kan bero på olika egenskaper i träet, exempelvis sprickor, olika fiberhätthet eller förekomst av kvistar. I Niklewskis [6] artikel om regn-exponerat trä förekommer en spridning av fuktkvoten inom provtyperna där dessa inte anses vara mätfel utan bero på faktiska skillnader mellan provbitarna. Trots att fuktkvoterna inom samma provtyp visar olika fuktkvoter dras ändå en slutsats ur resultatet med avseende på bakomliggande resonemang, tidigare försök och från det värsta fallet.



Figur 4.9: Spricka i en provbit

En del av problemet med att skruva in skruven för långt är gropan ovanför skruvhuvudet som gör att fritt vatten inte kan rinna av provet. Under vissa observationer av proverna kunde vattensamlingar antydans på alla prover, oavsett typ. Då proverna var helt plana kunde vattnet inte rinna av och det bildades vattensamlingar ovanför skruvarna trots korrekt installation. Med stående vatten över skruvarna kommer vattnet kunna tränga in i träet oavsett installationstyp. Lutningens inverkan diskuterades även i en rapport skriven av Johansson [20] där lutningens inverkan på träets fuktkvot undersöktes. Ur resultatet syns det att en högre fuktkvot påträffades i prover med noll graders lutning.

Utöver att proverna var horisontella hade proverna deformerats av fuktförändringar. Splintved har en tendens att kupa sig (se figur 4.10) och beroende på hur provbitarna var orienterade blev provbitarnas ovansida antingen konvex eller konkav. De konkava ytorna försämrade vattenavrinningen ytterligare och kan därför ha påverkat resultatet genom att öka fuktkvoten.



Figur 4.10: Fuktbetingade deformationer i trä. Källa: Svenskt Trä, TräGuiden, www.traguiden.se [2]

En annan felkälla gäller för temperaturmätningen. Som tidigare nämnt användes temperaturen för att beräkna fuktkvoten i träproverna, men eftersom temperaturen mättes från en svart låda placerad under proverna kan temperaturen i lådan skiljt sig från temperaturen vid proverna. Detta gäller speciellt om lådan var utsatt för solstrålning.

Försöksupställningen hade kunnat göras med vertikala prover för att undvika vattensamlingar på proverna och istället efterlikna en träfasad. Utöver lutningen hade det även varit intressant att undersöka samma träbitar för de olika typerna. Exempelvis att ett antal träprover först mäts under en period utan skruv, sedan med en skruv installerad enligt *typ A, B och C* där varje typ mäts under en period. På så sätt får varje installationstyp samma träegenskaper. Att mäta under mer kontrollerade förhållanden skulle även kunna ge säkrare resultat. Exempelvis skulle man kunna exponera de olika träproverna för duschar av lika mängd vatten för att öka antalet tillfällen med ökad fuktkvot.

5 Slutsats

Enligt hypotesen ska *typ C* (och *referenstyp D*) ha en högre fuktkvot i jämförelse med de andra skruvinstallationerna, *typ A, B och E*. Detta går att se i resultatet från september och november månad, där *typ C* är högst under majoriteten av perioderna. Utifrån enbart september och novembers resultat anses hypotesen stämma, med andra ord leder felinstallerade skruvar (*typ C*) till en ökad fuktkvot i träet vilket troligtvis beror på det blottade ändträet. Resultatet för januari och april visar på en spridning inom typerna vilket försvårar en slutsats. För att uppnå ett mer pålitligt resultat hade fler prover behövts samt sensorer som sparar data lokalt trots frånkopplingar av dataöverföring för att få kontinuerliga mätningar.

Litteratur

- [1] Pernilla Johansson. *Fukt, trä och mögelväxt – en översikt över litteratur inom området*. RISE Rapport 2021: 124. Research Institutes of Sweden AB, s. 38. ISBN: 978-91-89561-15-1. URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-58963>.
- [2] Per Bergkvist och Johan Fröbel. *Att välja trä : en faktskrift om trä*. Tionde utgåvan. Svenskt trä, 2020. ISBN: 9789198521429.
- [3] Jonas Niklewski. “Durability of timber members: Moisture conditions and service life assessment of bridge detailing”. English. Diss. Lund University, 2018. ISBN: 978-91-87993-11-4. URL: https://lup.lub.lu.se/search/files/54101284/Jonas_Niklewski_webb.pdf.
- [4] Tord Isaksson och Sven Thelandersson. “Experimental investigation on the effect of detail design on wood moisture content in outdoor above ground applications”. I: *Building and Environment* 59 (2013), s. 239–249. ISSN: 0360-1323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.023>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132312002259>.
- [5] Linda Meyer-Veltrup, Christian Brischke och Björn Källander. “Testing the durability of timber above ground: evaluation of different test methods”. I: *European Journal of Wood and Wood Products* 75 (2017), s. 291–304. ISSN: 1436-736X. URL: <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1137-8>.
- [6] Jonas Niklewski, Tord Isaksson, Eva Frühwald Hansson och Sven Thelandersson. “Moisture conditions of rain-exposed glue laminated timber members: the effect of different detailing : the effect of different detailing”. eng. I: *Wood Material Science and Engineering* 13.3 (2018), s. 129–140. ISSN: 1748-0272. DOI: 10.1080/17480272.2017.1384758. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/17480272.2017.1384758>.
- [7] Svenskt Trä. *Montering av trall*. 2021. URL: <https://www.svenskttra.se/siteassets/5-publikationer/pdf/montering-av-trall-2021-publikation.pdf>.
- [8] John F. Siau. *Transport processes in wood*. Berlin: Springer-Vlg, 1984. ISBN: 3540125744.
- [9] Svenskt Trä. *Fukttransport och fuktupptagning*. 2017–12–08. URL: <https://www.traguiden.se/om-tra/byggfysik/fukt/fukt/fukttransport-och-fuktupptagning/>. (Hämtad: 2023–01–03).
- [10] Eric Borgström, Patrice Godonou, Rune Karlsson, Vendela Martinac och Cornelia Thelander. *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1 Projektering av träkonstruktioner ...* Tredje utgåvan. Skogsindustrierna, Svenskt trä, 2019. ISBN: 9789198521474.

- [11] TESCAN USA Inc. *Observing Wood Specimens in Nanostructures in High Vacuum with SEM*. URL: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16041>. (Hämtad: 2023-01-25).
- [12] Pernilla Johansson. “Determination of the Critical Moisture Level for Mould Growth on Building Materials”. Diss. Division of Building Physics”, 2014. ISBN: 978-91-88722-52-2.
- [13] Svenskt Trä. *Fuktinnehåll och sorptionskurvor*. URL: <https://www.traguiden.se/om-tra/byggfysik/fukt/fukt/fuktinnehall-och-sorptionskurvor/>. (Hämtad: 2022-08-04).
- [14] Lars Wadsö. *Construction Materials Science*. Studentlitteratur, 2021.
- [15] J. G. SAVORY. “Breakdown of timber by ascomycetes and fungi imperfecti”. I: *Annals of Applied Biology* 41.2 (1954), s. 336–347. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1954.tb01126.x>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1744-7348.1954.tb01126.x>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.1954.tb01126.x>.
- [16] Erik Björkman. *Lagringsröta och blånad i skogslagrad barr- och lövmassaved*. Kungliga Skogshögskolan Skrifter, 1958.
- [17] Ardex. *ARDEX S 1-K*. URL: <https://ardex.se/produkt/ardex-s-1-k/>. (Hämtad: 2023-02-03).
- [18] Christen Skaar. *Wood-water relations*. New York: Springer-Vlg, 1988. ISBN: 0387192581.
- [19] SMHI. *Luftfuktighet*. URL: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet>. (Hämtad: 2023-01-04).
- [20] Christer Johansson. *Lutningens betydelse för plant liggande träytor vid utomhus exponering*. Träteknik, Institutet för träteknisk forskning, 1997.