



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Flekkbarking av furu (*Pinus sylvestris* L.): effekter på vedens ekstraktivstoffer og vannopptak

Systematic debarking of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): effects on extractives and water absorption

Tor Martin Steine Lohne

Skogfag

Forord

Fem års studie innen skogfag ved Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA) hos Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) avsluttes med denne oppgaven. Oppgaven er en fortsettelse på «Prosjekt blæking» som har hensikt å finne ut hva som gir flekkbarket furu bedre holdbarhet. I denne oppgaven har jeg undersøkt endringer i de kjemiske stoffene pinosylvin og pinosylvinmonometyleter, i tillegg til å undersøke om flekkbarkingen har hatt effekt på vannopptak. Både kjemi og vannopptaks forsøkene ble gjennomført ved NMBU. Økt kunnskap rundt dette temaet kan gi bedre grunnlag for bruk av naturlig materiale, med økt holdbarhet.

Tusen takk, til mine to veiledere, Line Nybakken (hovedveileder, NMBU) og Geir Isak Vestøl (NMBU). Dere har begge vært gode undervisere gjennom ulike fag i mitt studieløp, og bidratt til trivsel, motivasjon, og god veiledning gjennom studiet og hele oppgaveprogresjonen. Jeg vil også takke Åsmund Godal Tunheim for god hjelp med å sage ut prøver fra stammeskiver. En generell takk til alle mine undervisere gjennom fem år, og spesielt takk til dere innen skogfag. Dere har gitt meg god kunnskap om skog, og glede av faget.

Til slutt vil jeg rette en takk til mine medstudenter på skogfag, for godt samarbeid og trivsel gjennom fem lærerike år. Tusen takk til alle venner og familie for god støtte. En spesiell takk til min kone og datter som gir meg glede, motivasjon, og mening i hverdagen. Den aller siste takk vil jeg gi til pappa, som er en av de viktigste grunnene til at jeg har fått stor interesse av skog, og gjort at jeg har endt opp med å studere skogfaget. Jeg hadde aldri kommet gjennom studiet uten dere!

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 15. mai, 2023

Tor Martin Steine Lohne

Sammendrag

Flekkbarking av furu (*Pinus sylvestris*) kan føre til økt holdbarhet i tømmeret. Dette har blitt observert i flere eldre byggverk i Norge. Etterspørselen etter mer miljøvennlige metoder for å bedre materialets levetid på øker, og flekkbarking kan bli et supplement til produkter som finnes på markedet. For at dette skal bli mer aktuelt må man vite mer om hva som gjør at flekkbarking bedrer virkesegenskapene, siden dette fortsatt er uklart. Flere studier peker på at ekstraktivstoffene pinosylvin og pinosylvinmonometyleter har stor innvirkning.

Konsentrasjons endringer av disse stoffene før- og tre år etter flekkbarking ble undersøkt gjennom denne studien. Trærne i forsøket kommer fra to forsøksfelt, ett på Dovre og ett i Romedal. Det ble gjort et lignende forsøk av Vereide (2020) fra samme forsøksfelt, men da ett år etter flekkbarking. Forsøket i min studie består av to tester, en kjemisk analyse gjort med HPLC og en vannopptakstest, som bygget på NS-EN 927-5:2006.

Jeg fant signifikante økning av pinosylvinmonometyleter i yteveden til de flekkbarkedde prøvene fra begge lokalitetene. Kjernevedprøvene viste også signifikante forskjeller, men her hadde kontrollene høyeste verdier. Prøvene fra dette forsøket hadde litt økte verdier sammenlignet med prøvene som ble høstet ett år etter flekkbarking. Dette kan tyde på at flekkbarking trenger tid for å gi god effekt, og viser at forsøksfeltet burde følges opp igjen, fem til seks år etter flekkbarking. Gjennom vannopptakstesten fant jeg signifikant lavere vannopptak etter flekkbarking i prøvene fra Romedal. Romedal hadde også generelt lavere vannopptak enn Dovre. Om det er ekstraktivstoffene eller andre faktorer som spiller inn på vannopptaket etter flekkbarking kan være interessant å undersøke nærmere.

Abstract

Systematic debarking of Scots pine (*Pinus sylvestris*) may lead to increased durability in timber. This has been observed in multiple old structures in Norway. The demand for environmentally friendly techniques to improve the lifespan of timber is increasing, and systematic debarking can be a supplement in this market. In order for this to happen we need to know more about what makes systematically debarked Scots pine more durable. Other studies imply that the extractives pinosylvin and pinosylvinmonomethylether play an important role. The concentration of these substances before and three years after debarking was researched through this study. The trees came from two test sites, one in Dovre and one in Romedal. A similar study was conducted by Vereide (2020) from the same site, but this was one year after debarking. This study consisted of two tests, one chemical analysis done with HPLC, and a water absorption test, built on NS-EN 927-5:2006.

I found significant increase in pinosylvinmonomethylether in the sapwood from both sites. The heartwood also showed significant differences, but the controls had higher values. The values three years after debarking had slightly increased values compared with the test that was conducted one year after systematic debarking. This may indicate that systematic debarking requires multiple years to have significant effect, and it shows that the test sites should be analysed again five to six years after debarking. Through the water absorption test, I found significant lower uptake after systematic debarking on the samples from Romedal. Romedal also had a generally lower uptake compared to Dovre. If this effect is due to the increase in extractives after systematic debarking or something else would be interesting to research more in a future study.

Innholdsfortegnelse

Forord	1
Sammendrag	2
Abstract	3
1 Introduksjon	5
2 Materiale og metode	8
2.1 Plantemateriale	8
2.2 Kjemisk analyse	11
2.2.1 Forarbeid	11
2.2.2 Ekstraksjon	13
2.2.3 HPLC	14
2.3 Vannopptak	15
2.3.1 Materiale	16
2.3.2 Klargjøring av prøver til vannopptak	16
2.3.3 Vannopptakstest	18
2.4 Analyse	18
3 Resultater	19
3.1 Kjemi	19
3.2 Vannopptak	23
4 Diskusjon	26
5 Konklusjon	28
Referanser	29

1 Introduksjon

Flekkbarking av furu (*Pinus sylvestris*) har blitt gjennomført i tidligere generasjoner for å bedre holdbarheten til trevirket (Godal, 1996). Barken til et tre ble skrelt av på deler av stammen. Det kunne være i flekker, striper eller større felter, men ikke rundbarking da dette stopper transport av karbohydrater i silvevet, og til slutt dreper treet. Tradisjonelt har flekkbarking skjedd over en periode på 3-4 år før uttak av tømmeret, men også flere år enn dette (Godal, 1996). Hvor mange ganger man er inne og utfører flekking har ulik praksis, fra en gang eller flere. Når man «skader» treet utsetter man det for stress, og det vil komme en reaksjon i veden, og dette kaller vi reaksjonsved. Denne reaksjonen vil endre egenskapene i yteveden, og holdbarheten til virket blir antagelig vis bedre (Godal, 1996).

Levetiden til trevirke begrenses vanligvis av hvor fort trevirke brytes ned, og dette er påvirket av trevirkets holdbarhet og miljøet som trevirket brukes i. Holdbarheten til trevirke er definert i holdbarhetsklasser i standarden NS-EN 350:2016 (Standard Norge, 2016), og er klassifisert fra 1: meget holdbar til 5: ikke holdbar. Gran er klassifisert til 4, Furu kjerneved til 3-4 og furu yteved til 5 (Gobakken et al. 2014). Miljøet som trevirket brukes i er klassifisert etter risiko for råte i standarden NS-EN 335:2013 (Standard Norge, 2013), hvor det er definert fem bruksklasser til trevirke, fra 1: innendørs tørt til 5: I sjøvann. Gobakken et al. (2014) undersøkte levetiden til trevirke. Her viser de at riktig bruk av tømmeret kan ha stor innvirkning på levetiden.

Fra langt tilbake i tiden har folk forstått at tømmer vil holde lengre ved riktig bruk. Jordkontakt øker nedbrytningen dramatisk (Evans & Flæte, 2009). Stavkirkene som finnes i Norge, er eksempel på eldre byggverk, der det var forståelse for god byggeteknikk og bruk av materiale. Disse er bygget på fundament av stein. I tillegg til fundamentet så ser vi at det er mye bruk av kjerneved av furu. Dette er byggverk som nærmer seg 1000 år gamle, og fortsatt står den dag i dag (Øvrum & Flæte, 2008). En finner også merker etter flekkbarking i mange eldre byggverk i Norge (Godal, 1996).

Furu er det nest viktigste kommersielle treslaget i norsk skogbruk, og en stor andel av trelasten av norsk furu impregneres og brukes i utendørs konstruksjonselementer som er utsatt for høy fuktighet og råte. Stående volum av furu i norske skoger er 307 millioner kubikk, noe som tilsvarer omtrent 30% (SSB, 2023). Av dette ble 2,8 millioner kubikk hogget i 2021, som kan tilsvare en verdi på 1,3 milliarder kroner hvis vi bruker gjennomsnittsprisen på tømmer

for 2021 (SSB, 2023). Med dagens fokus på overgang til det grønne skiftet, forventer vi at etterspørselen kommer til å øke, både etter tømmer, men også etter miljøvennlige måter å forbedre levetiden til materialet på.

Funksjonen til kjerneved er kun å holde treet oppe, og cellene bidrar ikke til transport av vann eller næring. Utviklingen av kjerneved skjer i sonen mellom kjerneveden og yteveden, og når dette først har startet hos unge trær så er det en kontinuerlig prosess (Bergström, 2003).

Vedvarende høy fuktighet øker risikoen for råte, og varierende fuktighet øker risikoen for sprekk og dermed økende variasjon av fuktighet. Sivertsen & Vestøl (2010) undersøkte hvordan andelen kjerneved i gran påvirker vannopptaket til tømmeret. En av faktorene som bidrar til økt holdbarhet, er at cellene i kjerneveden aspireres, tørkes ut og fylles med ekstraktivstoffer (Øvrum & Flæte, 2008). En slik endring reduserer permeabiliteten, og ekstraktivstoffene motvirker soppangrep. Gran og furu har noen ulike egenskaper, men felles er at fuktighet spiller en viktig rolle til nedbrytningen. Når det gjelder yteved så er furua spesiell siden den har store halvlinseporer i margstrålene som fortsatt er åpne, hvor vann og impregneringsmidler kan transporteres. Dette gjør at sopp og nedbrytere har en enklere ved å bryte ned, sammenlignet med den harde kjerneveden (Øvrum & Flæte, 2008). Ifølge Evans et al. (2011) er skillet mellom kjerneve og yteved stort. Yteveden er noe av det minst holdbare vi har, og kjerneveden er en av de mer holdbare vi har i Norge. Det som gjør yteveden sårbar er at den bidrar til transport av vann og næring mellom rot og krone.

Blant beskyttelsesstoffene som produseres i furu, finner vi fenoler og terpenener. Terpenener finner vi mye av i kvaen, men i denne oppgaven ser vi hovedsakelig på to viktige ekstraktivstoffer blant fenolene i furuved, pinosylvin og pinosylvinmonometyleter (Bergström 2003; Paasela et al. 2017). Hvilke faktorer som er viktigst når det kommer til økt holdbarhet kan være vanskelig å finne ut. En studie av Paasela et al. (2017) undersøkte hvordan stilbener, en type fenoler som inkluderer pinosylvin og pinosylvinmonometyleter, utviklet seg i kjerneveddannelse, i tillegg til respons på skader. De fant at pinosylvin spiller en rolle når det kommer til utviklingen av kjerneved og forsvar (Paasela et al. 2017). Fuktdynamikken i trevirke kan også påvirkes av disse ekstraktivstoffene (Stirling & Morris, 2006). Siden ekstraktivstoffene spiller en viktig rolle i kjerneveden så kan en økning av disse i yteveden muligens bedre holdbarheten (Paasela et al. 2017).

Litteraturstudien til Flæte & Høibø (1999) tar også opp andre metoder for bedring av holdbarheten til tømmeret. Noen av disse skal øke kjerneveddannelse, mens andre «skader» trærne for å skape en kvaempregning. En metode er toppkapping. Denne skal redusere

vannbehovet til treet som videre vil konvertere mer av yteveden til kjerneved. En annen metode er barking av treet. Gustavsson, et al. (2003) gjorde et forsøk på barking av furu, der de barket rundt stammen og etterlot 10cm med bark. Resultatene viste økning i flere stoffer, blant annet pinosylvin.

I en masteroppgave ved NMBU, undersøkte Vereide (2020) flekkbarka trær fra Romedal og Dovre, ett år etter flekkbarking. Han fant kun signifikant økning i innhold av ekstraktivstoffet pinosylvinmetyleter fra en av to lokaliteter. Det ble ikke funnet noen økning av pinosylvin, og heller ingen økning i råteresistens i veden.

I denne masteroppgaven var målet mitt å undersøke trær fra samme forsøksfelt som Vereide (2020). Jeg har studert effekten av flekkbarking på de kjemiske forsvarsstoffene pinosylvin og pinosylvinmonometyleter, tre år etter flekkbarking. I tillegg har jeg undersøkt om vanninnhold, og opptak i veden ble påvirket av flekkbarking i prøver fra trær hogd både ett og tre år etter behandling. Jeg satte opp følgende hypoteser: 1) konsentrasjonen av forsvarsstoffer i veden har økt tre år etter flekkbarking, og at 2) veden får redusert vannopptak i yteveden etter flekkbarking. Hvis mine hypoteser bekreftes, kan flekkbarking av trær være en lovende metode for å øke holdbarhet for yteveden i furutømmer.

2 Materiale og metode

2.1 Plantemateriale

Til denne studien ble det etablert to forsøksfelt i 2018, ett i Romedal, og ett i Dovre (figur 1). Her klassifiseres områdene som boreal barskog, og begge lokalitetene har furu som dominerende treslag. Feltene er relativt homogene, og ytterligere bestandsinformasjon er beskrevet i Tabell 1.



Figur 1 Kartfesting av forsøksfelt. Nordlig markering er Dovre. Sørlig markering er Romedal. (Kartverket, 2022)

Tabell 1. Bestandsdata. (Vereide, 2020) (NIBIO, 2022). Klimainformasjon (NIBIO, 2023).

Forsøksfelt	Romedal	Dovre
Breddegrad	61°58' 27'' N	60° 38' 03''N
Lengdegrad	9° 14' 39'' Ø	11° 28' 26'' Ø
Helning	Vest	Øst
Proveniens	Romedal	Kaupanger Frosth
Høyde over havet	380	480
Bonitet	F14	F11
Alder (skogbruksplan)	168 (2022)	135 (2022)
Alder (talt)	200	150
Varmesum 2022	1412,4	704,5
Nedbørssum 2022	558,7	497,5mm
Dato utført behandling og uttak av kontroll	02.05.18	30.04.18-04.05.18
Dato uttak behandlet materiale	11.01.19 og 11.01.21	20.03.19 og 22.01.21

Flekkbarking fant sted i 2018. Første flekk ble laget 0,5 meter over stubbeavskjær, og siste 5,5 meter over stubbeavskjær. Flekkene ble skåret ut med en størrelse på omtrent en håndflate. Etter en flekk var skåret ble den neste skåret noen cm lengre opp i et spiralmønster (figur 2).

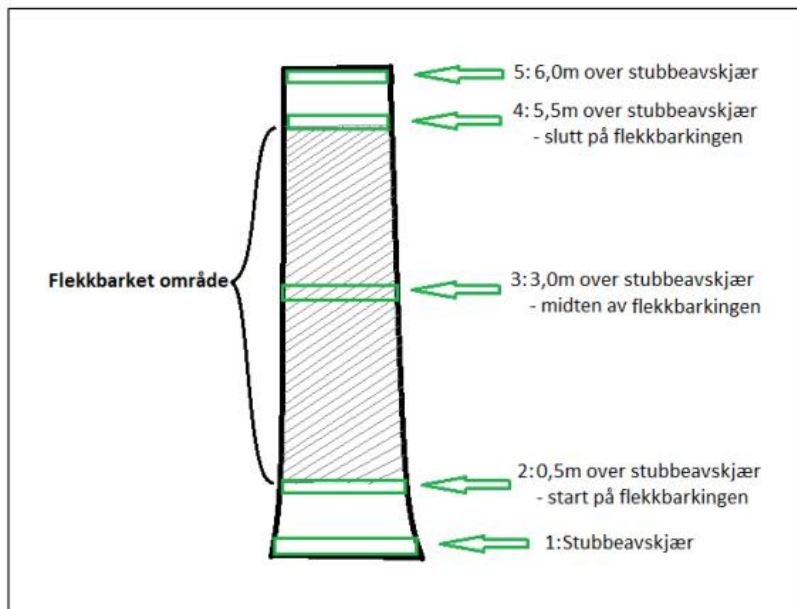


Figur 2. Utførelse av flekkbarking. Foto: Jon Bojer Godal. (Vereide, 2020)

Det ble tatt ut 5 kontrolltrær til studien, og disse ble hentet i samme tidsrom som flekkbarking ble utført. På denne måten unngår vi at stress-signaler påvirker kontrolltrærne. Teoretisk sett kan de behandlede trær utløse forsvarsmekanismer hos nærliggende trær uten skader (Heil & Ton, 2010).

Uttak av prøvetrær har skjedd i to omganger. Det første uttaket ble gjort i 2019, ett år etter behandling. Disse ble brukt i studien til Vereide (2020) og i vannopptaksstudiet gjort i min oppgave. Det andre uttaket ble gjort i 2021, tre år etter behandling og disse blir analysert i denne studien. Ved hvert uttak av prøvetrær ble det tatt ut 10 trær per lokalitet. Totalt har 50 trær blitt hentet ut: 10 kontroller fra 2018, 20 prøvetrær fra 2019, og 20 prøvetrær fra 2021.

For hvert tre ble det tatt ut fem stammeskiver i ulike høyder. Første skive ble tatt ut ved stubbe-avskjær (SA), andre skive, 0,5 meter over SA, tredje skive, 3 meter over SA, fjerde skive, 5,5m over SA, femte skive 6 meter over SA (se figur 3). Etter utskjæring ble skivene lagt i fryser (-20°C).



Figur 3. Illustrasjon av uttak av stammeskiver (Vereide 2020).

2.2 Kjemisk analyse

Den kjemiske analysen av prøvene ble gjennomført likt som studien til Vereide (2020), for best mulig grunnlag for sammenligning. Analysemetoden som brukes er HPLC (High-Performance Liquid Chromatography). Med denne metoden finner en konsentrasjoner av enkeltstoffer i ved prøvene.

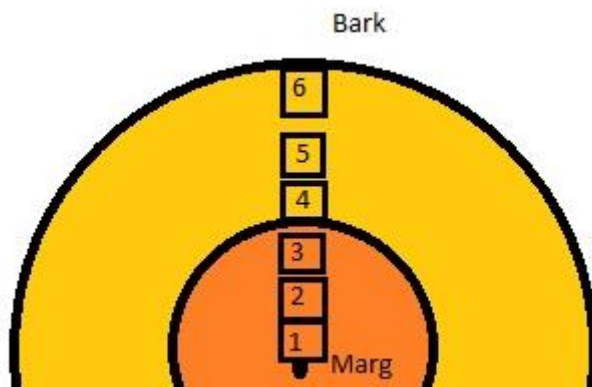
2.2.1 Forarbeid

Bearbeiding av prøvene startet med å tine stammeskivene og akklimatisere dem i laboratorieklima (20°C og 65% RH). Når stammeskivene var akklimatiserte, så ble det skjært i små klosser på omtrent 1x1x1cm. Fra hver stammeskive tok vi ut en yteved og en kjerneved prøve. Ytevedprøven ble tatt 10 årringer innenfor barken, og kjernevedprøven ble tatt omtrent 3 årringer inn i kjerneveden. Dersom stammeskiven hadde synlige sår fra flekkbarking, ble prøven tatt ut innenfor såret. (Figur 4)



Figur 4. Illustrasjon av prøveuttak til kjemisk analyse.

I tillegg ble det tatt ut gradientsprøver innover mot marginen for egen analyse på tre av stammeskivene fra Romedal, for å teste mengden pinosylvin og pinosylvinmonometyleter i ulike deler av yteveden (Figur 5). Prøve 1 innerst i kjerneved, 2 midt i kjerneved, 3 ytterst i kjerneved, 4 innerst i yteved, 5 midt i yteved, 6 ytterst i yteved (Figur 5).



Figur 5. Illustrasjon av prøveuttak til gradientsprøver.

Prøvene ble deretter malt opp til pulver ved hjelp av en kulemølle (Retch MM400, Haag, Tyskland) (figur 6). Pulveret ble oppbevart tørt og mørk i Eppendorfrør frem til innveing. Prøvene fra kjerneved ble veid inn til ca. 20 mg, prøvene fra yteveden til ca. 40 mg og

gradientsprøvene til ca. 40 mg. Nøyaktig vekt ble registrert, før prøvene ble overført til nye rør som passer i instrumentene som brukes videre.



Figur 6: kulemølle for oppmaling. Foto: Tor Martin Steine Lohne

2.2.2 Ekstraksjon

Prøvene med innveid pulver ble tilsatt 400 μ l metanol (MeOH), før de ble homogenisert i 30 sekunder med bruk av Precyllys 24 homogenisator (Berlin Technologies, Montignyle-Bretonneux, Frankrike) (figur 9). Etter homogenisering ble prøvene satt 15 minutter i isbad. Deretter ble de sentrifugert i tre minutter på maksimal hastighet (15.000 rpm) (figur 8). Væsken ble så pipetert over på nye plastrør uten å få med bunnfall. Denne prosessen ble repetert tre ganger til på bunnfallet som var igjen i Precyllys rørene, men uten isbad. Etter totalt fire runder ble vesken fordampet i en vakuumsentrifuge (Eppendorf concentrator plus; Eppendorf, Hamburg, Tyskland) (figur 7) i omtrent tre timer på alkoholfordampings-program (V-AL). Da jeg hadde et tørt ekstrakt, ble lokk satt på rørene, og rørene ble lagt i fryser (-20°C) frem til HPLC-analyse.



Figur 9. Precellys 24 homogenisator. Foto: Tor Martin Steine Lohne

Figur 8. Sentrifuge. Foto: Tor Martin Steine Lohne

Figur 7. Vakuumsentrifuge. Foto: Tor Martin Steine Lohne

2.2.3 HPLC

Ekstraktet fra fryseren ble tatt ut og tint i 30 minutter. Så ble 200 μ l MeOH og 200 μ l ultradestillert vann tilsatt, og ultralydbad ble brukt for å løse opp alt. Dersom ekstraktet ikke var klart, ble prøvene sentrifugert en runde med full hastighet, før væsken ble pipettert til HPLC-glass. Glassene ble så satt på lokk og lukket.

Videre ble HPLC-glassene satt inn i HPLC'en (Agilent series 1100, Agilent Technologies, Waldbronn, Tyskland) (figur 10). Oppbygningen består av en binær pumpe (G1312A), auto-sampler med termostat (G1329A), en kolonneovn med termostat (G1316A) og en diode-matrise-detektor (G1315B). Stoffene vi var ute etter ble separert med en kolonne med lengde 50 mm og indre diameter på 4,6 mm som fylles med ODS Hypersil (3 μ m) partikler (Thermo Fisher Scientific inc., Waltham, USA). Det er en mobil fase som består av to løsninger som tilføres i blanding etter en gradient til kolonnen for å skille de ulike stoffene i ekstraktet (A og B løsning). A løsningen var en blanding av 30 ml tetrahydrofuran, 5 ml ortofosforsyre og omtrent 1965 ml ultradestillert vann slik at samlet volum av løsningen tilsvarte 2000 ml. B løsningen var metanol (MeOH). Prøvene ble eluert slik som Vereide (2020) og dette blir beskrevet i Julkunen-Titto et al. (1996).



Figur 10. HPLC-analyse. Foto: Tor Martin Steine Lohne

Ut fra HPLC-glassene ble det automatisk tatt ut 20 μ l, og injisert til maskinen. Der ble prøvene kjørt på 30°C, og stoffene identifiseres ved sammenlikning av spekterdiagrammet fra absorbanse ved 320 nm, og de respektive retensjonstidene med en standard for pinosylvin (Sigma-Aldrich) som er kommersielt tilgjengelig. Pinosylvin (PS) og pinosylvinmonometyleter (PSM) hadde retensjonstider på 31,8 og 42,1 minutter. Arealet av toppene ble brukt for å beregne konsentrasjonen av stoffene etter formelen:

$$- \quad (\text{areal} * \text{RF} * \text{volum oppløst}) / (\text{vekt} * \text{injisert volum}) = \text{konsentrasjon i mg/g tørrvekt.}$$

Arealet som brukes i formelen er arealet av toppene for PS og PSM. RF er en responsfaktor for PS ved 320 nm bølgelengde, og denne baserer seg på standard-kurver. Vekten er tørrvekten av de innveide prøvene, og det injiserte volumet er det volumet som ble tatt ut av HPLC-glassene og ført inn i HPLC-analysen.

2.3 Vannopptak

I vannopptakstesten undersøkte jeg både stammeskiver fra 2019 og fra 2021, i tillegg til kontroller som ble tatt ut samtidig som flekkbarkingen fant sted i 2018. Vedprøvene ble lagt på glasstaver i baljer med vann, slik at klossene var i kontakt med vannet. Så ble det målt vekt av klossene etter gitte tidsintervaller for å kunne analysere forskjeller mellom prøvesettene. Forsøket følger metoden som ble brukt i studien til Vestøl & Sivertsen (2011) og bygger på Norsk standard NS-EN 927-5:2006 (Standard Norge, 2006).

2.3.1 Materiale

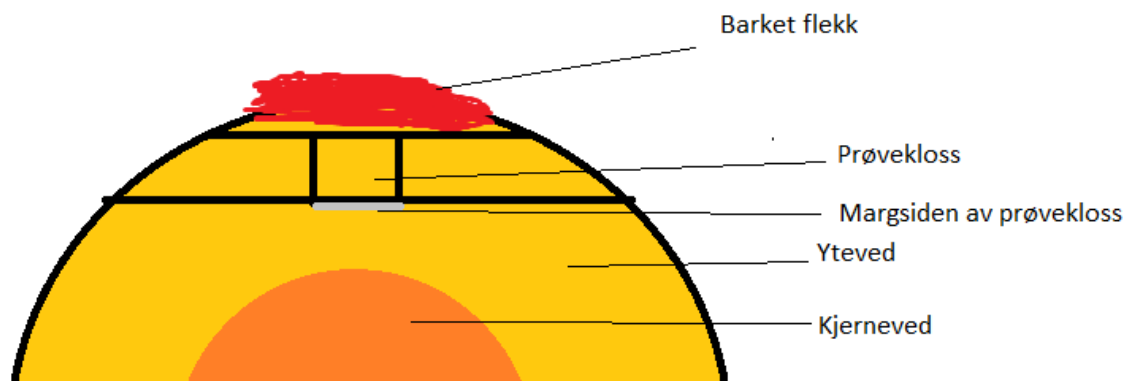
Stammeskivene som ble brukt i vannopptaket var de samme som ble brukt i kjemisk analyse. Fra 2019 ble det tatt ut 10 prøvetrær fra hver lokalitet. Kun stammeskivene 2, 3, og 4 ble brukt (figur 3). Da fikk vi 30 prøveklusser fra hver lokalitet som til sammen blir 60 prøveklusser fra 2019. Det samme ble gjort for 2021 prøvene. Det ble også brukt stammeskiver fra fem kontrolltrær fra hver lokalitet. Dermed hadde vi totalt 150 prøveklusser til vannopptakstest (tabell 2). Disse ble fordelt på 3 baljer med vann, med likt antall klusser fra hver lokalitet i hver balje.

Tabell 2 Fordeling av prøver på årstall og lokalitet

	Dovre	Romedal
2018	5 kontrolltrær - 3 skiver med 1 prøve fra hver - Videre kalt DU	5 kontrolltrær - 3 skiver med 1 prøve fra hver - Videre kalt RU
2019	10 prøvetrær - 3 skiver med 1 prøve fra hver - Videre kalt DB19	10 prøvetrær - 3 skiver med 1 prøve fra hver - Videre kalt RB19
2021	10 prøvetrær - 3 skiver med 1 prøve fra hver - Videre kalt DB21	10 prøvetrær - 3 skiver med 1 prøve fra hver - Videre kalt RB21

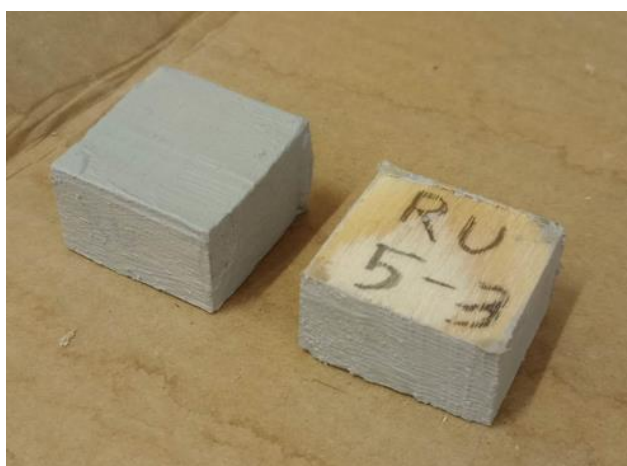
2.3.2 Klargjøring av prøver til vannopptak

Jeg tok stammeskivene ut fra fryseren og la dem i laboratorie-klima (20°C og 65% RH) for akklimatisering. Da skivene var akklimatisert ble det saget ut klusser på omtrent 30*30*18mm. Noen skiver var ikke tykke nok til 30mm, og disse ble skåret med maksimal tilgjengelig tykkelse. Nøyaktige mål ble registrert for alle klussene. Plassering av uttaket var nærmest mulig flekkbarket område, samtidig som det var tilstrekkelig mengde ved til å tilfredsstille målene. Uttaket illustreres i figur 11.



Figur 11 Illustrasjon, uttak av prøveklosser.

Etter utskjæring ble klossene akklimatisert. Akklimatisering er oppnådd når fuktighetsendringen i løpet av 24 timer er mindre enn 0,2% av prøvens masse (Kucera, 1992). Deretter ble nøyaktige dimensjoner- og vekt av klossene registrert, før de ble påført en vanntett smøremembran som forsegling på fem av de seks flatene. Den forseglingsfrie flaten var margsiden til prøveklossen for alle prøvene (figur 12).



Figur 12 Illustrasjon, forsegling av prøveklosser. Foto: Tor Martin Steine Lohne

Forseglingen påvirker vekten til prøvene, og klossene måtte akklimatiseres igjen etter påføring. Da prøvene var akklimatisert ble vekt etter forsegling registrert. Baljene ble fylt med destillert vann, og prøvene ble lagt på glasstaver slik at siden uten forsegling var i kontakt med vann (figur 13).



Figur 13 Prøveklosser oppå glasstaver i kontakt med vann. Foto: Tor Martin Steine Lohne

2.3.3 Vannopptakstest

Vannopptaket startet da klossene ble lagt i baljene med vann. Testen fulgte EN 927-5 men prøvene ble saget istedenfor høvlet, og lagt på glass-stenger istedenfor direkte i vannet. Vektøkning i klossene ble registrert 11 ganger. For hver registrering ble en og en prøve tatt ut av baljen, overflødig vann tørket av, vekt registrert og prøven satt tilbake. Prøvene ble registrert i samme rekkefølge hver gang slik at tidsintervallene ble så like som mulig for alle prøvene. Første døgn ble prøvene registrert fem ganger, etter 1 time, 4 timer, 8 timer, 12 timer og 24 timer. Deretter ble prøvene kun registrert hver 24. time, og forsøket ble avsluttet etter 168 timer (7 dager). Da opptakstesten var avsluttet, ble prøvene satt i tørkeskap (103°C) og tørket til 0% fuktighet, og vekt ble registrert en siste gang.

2.4 Analyse

Alle resultater ble dokumentert i Excel for videre behandling. Statistiske analyser ble gjort i R studio. Det ble kjørt toveis variansanalyser med lokalitet og behandling som uavhengige variabler og henholdsvis mengden av stoffene pinosylvin og pinosynlvinmonometyleter som avhengige. Variabelen «behandling» hadde to kategorier, flekkbarket eller kontroll, mens lokalitet var enten Romedal eller Dovre. Ut fra dette kunne jeg finne ut om behandlingen eller lokaliteten hadde signifikant påvirkning på resultatet i prøvene. Interaksjon mellom behandling og lokalitet ble tatt med i analysen for å teste om lokalitet hadde betydning for effekten av flekkbarking.

På gradientprøvene kjørte jeg enveis variansanalyse, og sammenlignet gjennomsnittsverdien mellom ulike posisjoner langs gradienter. Her kunne jeg undersøke om en gradient hadde signifikant forskjell fra en annen.

I henhold til NS-EN 927-5:2006 (Standard Norge, 2006) bestemmes vannopptaket per arealenhet etter 72 timer. Dette ble analysert med toveis variansanalyse, med lokalitet og behandling som avhengige variabler. Per arealenhet vil være bedre med tanke på ulik størrelse på prøvene. Videre ble det gjort T-test i R for å finne signifikante forskjeller mellom kontroll og de flekkbarkedede prøvene, i tillegg til å sammenligne de ulike årene etter flekkbarking. Deretter ble hele testen plottet for prosentvis økning i vekt i et linjediagram, med en linje for hvert sett, for å danne et bilde på vannopptaket til prøvene.

3 Resultater

3.1 Kjemi

Stammeskivene ble tatt ut ved ulike høyder i treet, men dette hadde ingen signifikant effekt, derfor har alle høydene blitt slått sammen. Jeg fant signifikant effekt av både lokalitet og behandling på pinosylvinnhold, men her hadde kontrollene høyere verdi enn de flekkbarkedede prøvene (tabell 3, figur 14). Det var signifikant interaksjon mellom behandling og lokalitet, og forskjellen mellom kontroll og behandling var størst i prøver fra Dovre (figur 14). Jeg fant signifikant effekt av behandlingen på pinosylvinnmonometyleter for ytevedprøver fra begge lokaliteter. Her har de flekkbarkedede prøvene høyest konsentrasjon av ekstraktivstoffer (tabell 4, figur 14). Det var ikke signifikant forskjell mellom lokalitetene, og heller ikke signifikant interaksjon mellom behandling og lokalitet.

I kjerneveden fant jeg det signifikant effekt av behandlingen for både pinosylvinn og pinosylvinnmonometyleter (Tabell 5 og 6). Her var det høyest verdier i kontroll prøvene for begge stoffer (figur 14).

Tabell 3. 2 veis variansanalyse av lokalitet og flekkbarkingseffekt på pinosylvinn i yteved

Variabel	Df	Sum Sq	F Ratio	P – Verdi
Lokalitet	1	0,011	35,328	≤0,001
Behandling	1	0,005	16,573	≤0,001
Lokalitet:Behandling	1	0,004	15,790	≤0,001

Tabell 4. 2 veis variansanalyse av lokalitet og flekkbarkingseffekt på pinosylvinnomonometyleter i yteved

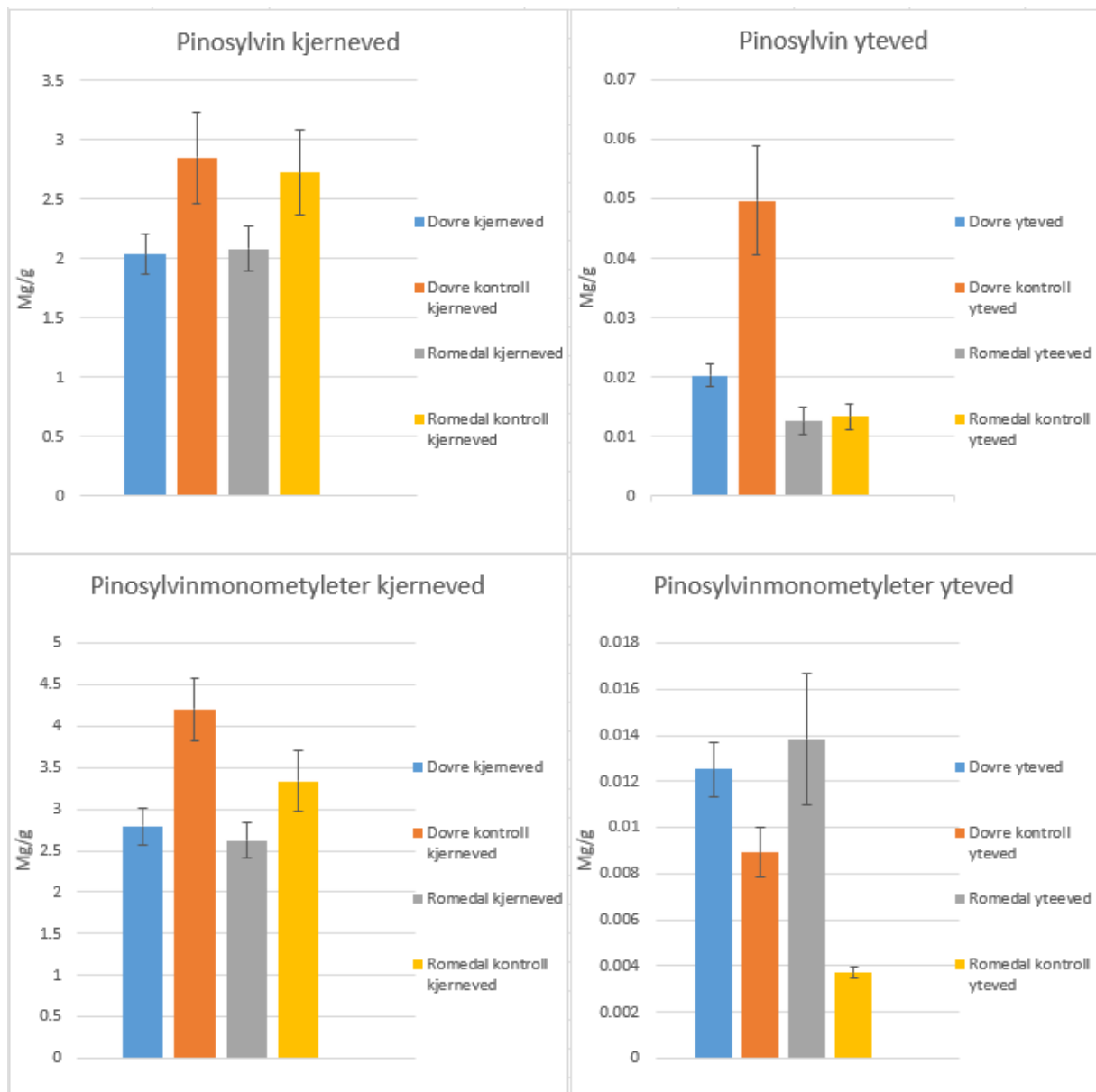
Variabel	Df	Sum Sq	F Ratio	P – Verdi
Lokalitet	1	≤0,001	0,597	0,441
Behandling	1	≤0,001	7,204	0,008
Lokalitet:Behandling	1	≤0,001	1,622	0,205

Tabell 5. 2 veis variansanalyse av lokalitet og flekkbarkingseffekt på pinosylvinn i kjerneved

Variabel	Df	Sum Sq	F Ratio	P – Verdi
Lokalitet	1	0,038	0,026	0,872
Behandling	1	11,684	7,927	0,005
Lokalitet:Behandling	1	0,157	0,106	0,744

Tabell 6. 2 veis variansanalyse av lokalitet og flekkbarkingseffekt på pinosylvinnomonometyleter i kjerneved

Variabel	Df	Sum Sq	F Ratio	P – Verdi
Lokalitet	1	5,818	02,943	0,089
Behandling	1	24,459	12,376	≤0,001
Lokalitet:Behandling	1	2,645	1,338	0,249

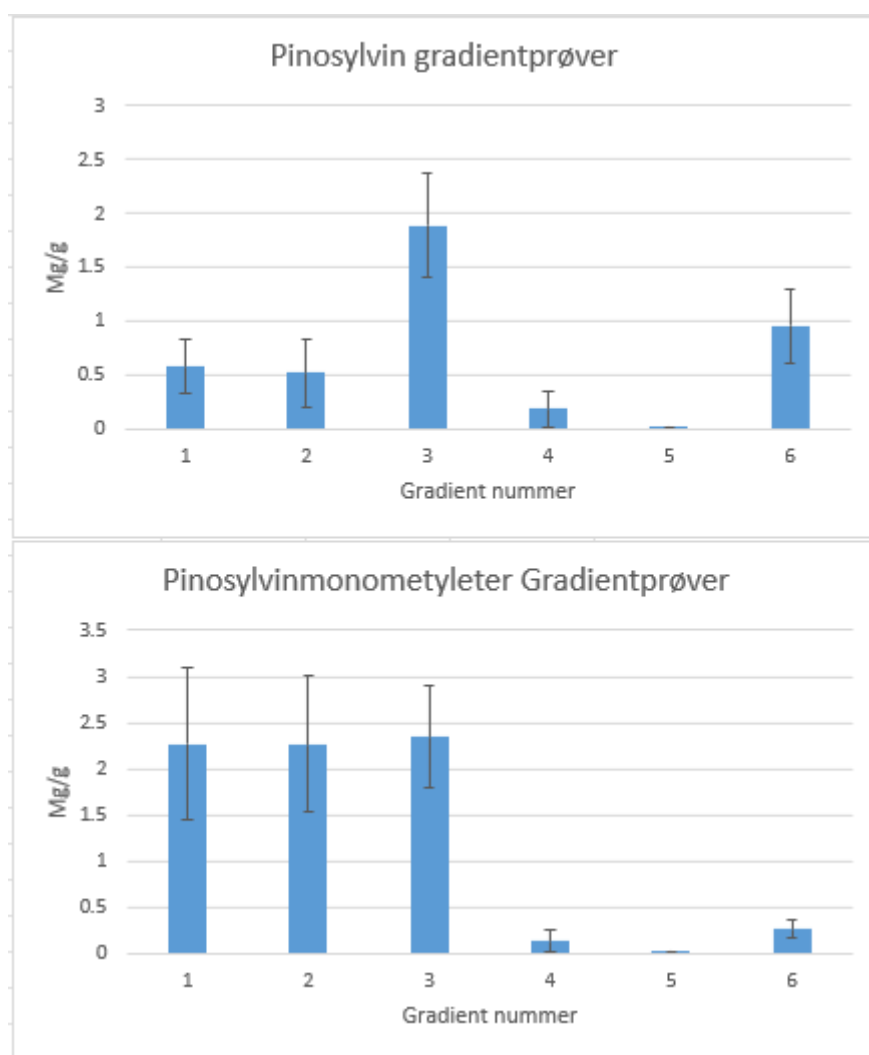


Figur 14. Gjennomsnittlig Innhold av pinosylvin og pinosylvinmonometyler, fordelt på kjerneved, yteved, kontroll, flekkbarket og lokaliteter. Feilfelt er standardfeil. Stor forskjell mellom kjerneved og yteved, se skala.

I gradientprøvene fant jeg ulikheter innad i stammeskivene. For Pinosylvin var konsentrasjonen høyest i posisjon 3, ytterst i kjerneveden og posisjon 6 ytterst i yteveden (figur 15). For pinosylvinmonometyler var kjerneved verdien klart høyere enn yteved, men posisjon 6 skilte seg ut fra de andre ytevedprøvene (figur 15). Det ble kun tatt ut tre prøver fra hver gradient som gjør at standardfeilen blir høy (figur 15). Derfor er ingen av resultatene statistisk signifikante (tabell 7).

Tabell 7. Statistiske data fra enveis variansanalyse av kjemiske responser av flekkbarking for gradientprøver. Se figur 5

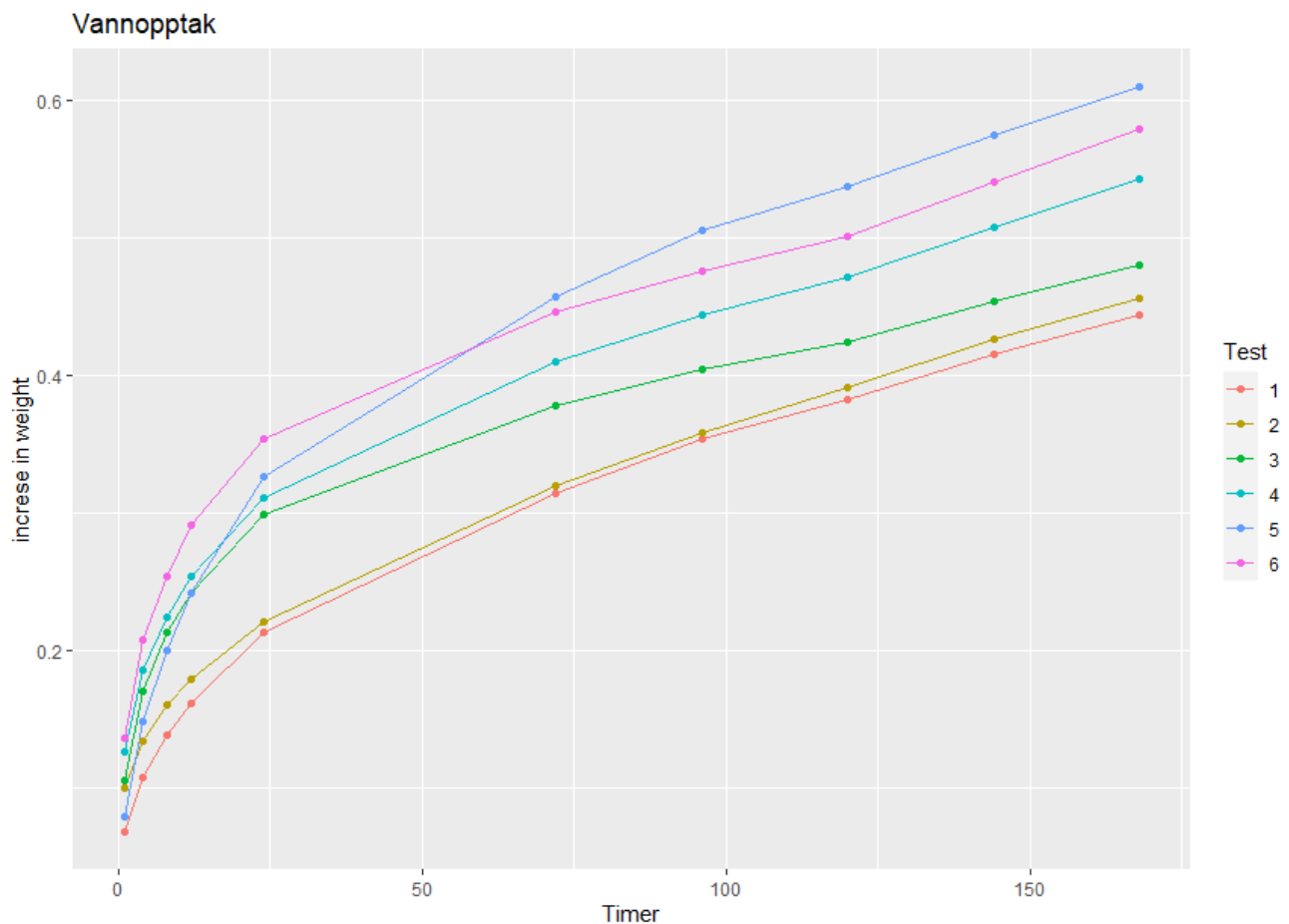
Gradientprøve	Fenoler	P - verdi	T	Df
G4 og G6	Pinosylvin	0,14	-2,0	2,9
G4 og G6	Pinosylvinmonometyleter	0,43	-0,9	3,7
G5 og G6	Pinosylvin	0,11	-2,8	2
G4 og G6	Pinosylvinmonometyleter	0,10	-2,9	2



Figur 15. Gjennomsnittlig innhold av pinosylvin og pinosylvinmonometyleter i gradienter. Gradientene går fra innerst mot marg (1) og helt ut til rett innenfor barken (6) se figur 5. Feilfelt er standardfeil.

3.2 Vannopptak

Forløpet i vannopptakstesten viser tallene i prosentvis vektøkning (figur 16). Gjennom testen hadde alle prøvene fra Romedal lavere vannopptak enn Dovre. I starten var også kontroll settene øverst blant sin lokalitet. For Romedal ser vi at RB19 og RB21 ligger veldig tett sammen, et stykke under RU. Forskjellen mellom de behandla og kontrollen er størst etter omtrent 24 timer, før den blir mindre og mindre. Prøvene fra Dovre har et litt annet forløp. Her er også kontrollen øverst i starten, men under målingen etter 72 timer har DB21 overgått DU. Vektøkningen er høyest de første 72 timene, og etter 72 timer har alle prøvene relativt jevn vektøkning per døgn, frem til forsøket ble avsluttet etter 168 timer (figur 16).



Figur 16. Forløp i vannopptak. Test 1 = RB19. Test 2 = RB21. Test 3 = RU. Test 4 = DB19. Test 5 = DB21. Test 6 = DU.

Prøver fra Dovre hadde høyere vannopptak enn de fra Romedal. Etter 72 timer vannopptak hadde de flekkbarkedde prøvene fra Romedal lavere vannopptak enn kontrollene, mens fra Dovre hadde de flekkbarkedde prøvene fra 2021 høyere vannopptak enn kontrollene og

prøvene fra 2019 hadde lavest vannopptak fra denne lokaliteten (tabell 8, og figur 16). Jeg fant signifikant effekt på vannopptaket etter flekkbarkingen (tabell 9). Lokaliteten hadde også signifikant effekt, men behandlingen var ikke signifikant påvirket av lokaliteten (tabell 9). I Romedal-prøvene fant jeg at flekkbarkingen hadde signifikant lavere vannopptak for begge årene, og prøvene som hadde stått tre år etter flekkbarkning hadde signifikant lavere opptak enn prøvene som hadde stått ett år (tabell 10).

Tabell 8. Gjennomsnittlig vannopptak per arealenhet etter 72 timer. (Gram vektøkning/cm²)

Prøve sett	Gjennomsnittlig vannopptak per arealenhet etter 72 timer
RB19	0,403
RB21	0,396
RU	0,477
DB19	0,441
DB21	0,493
DU	0,483

Tabell 9. 2 veis variansanalyse av lokalitet og flekkbarkingseffekt på vannopptak i yteved, per arealenhet

	Df	Sum Sq	Gjennomsnitt Sq	F - Value	P - Verdi
Lokalitet	1	0,11	0,11	11,7	≤0,001
Behandling	1	0,05	0,05	5,5	0,02
Lokalitet: behandling	1	0,02	0,02	2,3	0,13
Residual	146	1,42	0,01		

Tabell 10. Statistiske data fra enveis variansanalyse av vannopptaksrespons av flekkbarking for yteved, mellom årstall for høsting av behandlede trær og kontroller.

Sett	Df	T	P verdi
RB19 og RB21	75	-4,4	$\leq 0,001$
RB19 og RU	30	-4,3	$\leq 0,001$
RB21 og RU	41	-2,1	0,042
DB19 og DB21	111	-1,4	0,16
DB19 og DU	41	-1,8	0,077
DB21 og DU	48	-0,83	0,4

4 Diskusjon

I denne studien har jeg undersøkt noen effekter av flekkbarking, tre år etter utførelse på trær fra Dovre og Romedal. Jeg har undersøkt om det har gitt utslag på økt innhold av de kjemiske stoffene pinosylvin og pinosylvinmonometyleter. I tillegg til kjemiske stoffer har jeg undersøkt om flekkbarking har påvirket trevirkets evne til å ta opp vann.

Tre år etter flekkbarking fant sted hadde innholdet av pinosylvinmonometyleter i ytevedprøvene økt fra begge lokalitetene. Det var imidlertid ingen signifikant økning i innhold av pinosylvin. Dette samsvarer med resultatene til Vereide (2020), som fant økt konsentrasjon av pinosylvinmonometyleter, men ikke pinosylvin ett år etter flekkbarking. Vereide (2020) fant kun økning i prøvene fra Dovre, men jeg fant også økning i Romedal. Gjennomsnittlig mengde pinosylvin i de flekkbarkedede yteved prøvene fra 2021 er høyere enn i 2019, selv om det fremdeles ikke er en statistisk signifikant økning. Gustafsson et al. (2003) fant statistisk signifikant økning i forsvarsstoffer, men ikke pinosylvin innen en vekstsesong, etter rundbarking med 10 cm etterlatt. Her var trærne rundt 50 år gamle med gode vekstforhold, mens vekstforholdene i min studie var litt dårligere. Behandlingsmetodene til Gustavsson et al. (2003) og denne studien er også ulike, men det kan være en indikator på at yngre trær responderer raskere enn eldre trær. Ekman (1903) skriver at barking bør skje på furutrær med alder 60 – 100 år. I tillegg til å vente 5 - 6 år etter flekkbarking. Dette kan være med å forklare noe av resultatene. Trærne i denne studien var 130 - 200 år gamle, samtidig som det ble testet tre år etter flekkbarking. Dermed kan det være interessant å undersøke igjen om to til tre år for å se om trenden fortsetter. Det vil også være interessant å undersøke om den høye alderen har påvirket resultatet. Siden det kun er en liten økning fra 2019 til 2021, og ikke signifikant forskjell fra kontroll, så kan den lille økningen skyldes tilfeldig variasjon mellom trær.

Vannopptakstesten viste statistisk signifikant redusert vannopptak på flekkbarkedede trær. Prøvene fra Romedal hadde både lavere vannopptak enn Dovre, men også mer signifikante forskjeller mellom flekkbarkedede, og kontroll trær. Hvorfor det ble slik kan være ut fra ulike utgangspunkt. Romedal har litt bedre vekstforhold (bonitet, temperatur og nedbør, tabell 1), noe som kan være med på å øke responsen fra flekkbarking. Martinez- et al. (2007) skriver at hovedgrunnen til redusert vekst hos furu er lukking av kronetak og høy konkurranse. Så selv om prøvetrærne fra Romedal er eldre enn Dovre, kan de ha bedre vekst, og dermed større respons på flekkbarking.

Når kvaie produksjonen rundt flekkene øker kan det være en bidragsyter til lavere vannopptak. Kvaen inneholder terpenener og lite av ekstraktivstoffene som er analysert i denne studien, men det kan ha effekt på vannopptaket. Økt kvaieinnhold gir en økning i densitet, og da kreves det mer vann for en gitt prosentvis økning. I tillegg gjør kvaen veden tettere som gjør det vanskeligere for vann å komme inn og det er mindre plass til både fritt og bundet vann. Sivertsen (2010) skriver at når fuktighetsinnholdet går over 20% øker risikoen for mikrobiell nedbrytning. Hvis flekkbarkingen reduserer hastigheten til vannopptaket i veden så vil det være med på redusert nedbrytning og gi økt holdbarhet.

Ekman (1903) ville «impregnere» yteveden gjennom flekkbarking. Flekkingen vil øke produksjonen av kvaie i området, slik at det dannes det som ofte kalles tyrived eller patologisk kjerneved (Flæte & Høibø, 1999). Dette skaper en form for ytre beskyttelse som verner mot oppsprekking og råte ifølge Ekman (1903). Prøver tatt ut langs en radial gradient i denne studien viste at den ytterste gradientprøven, nærmest barken hadde økning i både pinosylvin og pinosylvinmonometyleter sammenlignet med gradientprøvene lengre inn i yteveden. Dette kan passe sammen med det Ekman (1903) skriver, og være med på økt holdbarhet i yteveden, med en ytre beskyttelse. Dette kan også indikere at uttak av prøver har blitt gjort for langt inn i yteveden, hvis målet er å finne størst mulig reaksjon. Dersom det er slik at det hovedsakelig er den ytterste yteveden som reagerer på flekkbarkingen, så kan det være misvisende å undersøke lengre inn i yteveden. Men grunnet svært få prøver av gradienter så må dette undersøkes nærmere med flere prøver slik at feilkildene ikke blir så store som i denne studien.

Dette vannopptaksforsøket strekte seg kun over 168 timer, som gjør at prøvene holder seg i diffusjonsfasen. Sivertsen & Vestøl (2010) sitt forsøk strakk seg over 2500 timer, og da kom testen over i den kapillære fasen, etter omtrent 1300 timers vannopptak. Når vannet er i den kapillære fasen, er cellene mettet med vann, og vannet beveger seg fritt mellom cellene. Dette vannet er lettere tilgjengelig for sopp og øker nedbrytningen (Sivertsen & Vestøl, 2010). Resultatene fra min studie kan tyde på at Romedals prøvene har et vedvarende lavere vannopptak, men dette kan vi ikke si med sikkerhet før et eventuelt lengre forsøk har blitt gjennomført.

5 Konklusjon

Min første hypotese om økt innhold av ekstraktivstoffene pinosylvin og pinosylvinmonometyleter kan delvis styrkes. Analysene etter flekkbarking viser at den hadde statistisk signifikant effekt på pinosylvinmonometyleter i yteveden. Gradientsprøvene kan indikere at effekten er størst ytterst i yteveden, men her trengs det flere forsøk. Hva som gjør at kontrollprøvene i kjerneveden hadde høyere verdier enn de flekkbarkedede kan være interessant å finne ut av. Den andre hypotesen om redusert vannopptak, kan også delvis styrkes. Vannopptakstesten viste statistisk signifikant redusert opptak i prøvene fra Romedal, men ikke fra Dovre. Her kan det også være nyttig å undersøke hva som er de viktigste faktorene rundt redusert vannopptak.

Forsøkene mine ble gjennomført på en god måte som gav resultater som man kunne jobbe videre med. Fremtidige studier rundt flekkbarking burde følge opp dette feltet og undersøke om trærne fortsetter trenden med økt innhold av ekstraktivstoffer fem eller seks år etter behandlingen. Det er også interessant å undersøke nærmere dette med gradientprøver og se om uttaket som ble gjort i min og Vereide (2020) sine studier burde vært utført annerledes. Rundt vannopptakstesten vil det være nyttig med en analyse av hva som er mest betydningsfullt knyttet til «naturlig impregnering». Er det ekstraktivstoffene eller andre faktorer som spiller inn, for eksempel økt produksjon av kvae. I tillegg burde man utføre en lengre vannopptakstest som gir prøvene mulighet å bevege seg inn i den kapillære fasen. Det vil være klokt å studere flekkbarking mer for å få bedre kunnskap rundt temaet.

Referanser

- Bergstöm, B. (2003). *Chemical and structural changes during heartwood formation in Pinus*. Forestry: An International Journal of Forest Research.
- Ekman, W. (1903). *Tallvirkets impregnering genom stammens barking å rot*. . skogvårdsföreningens tidsskrift.
- Evans, F., & Flæte, P. (2009). Treslag og holdbarhet. *Fokus på tre, nr 2*.
- Evans, F., Alfredsen, G., & Flæte, P. O. (2011). *Natural durability of wood in Norway - results after eight years above ground exposure*. Doktoravhandling. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Flæte, P., & Høibø, O. (1999). *Tradisjonsbåren materiallære - bruk i den skogbaserte verdiskapningskjeden - En litteraturgjennomgang*. Norsk institutt for skogforskning.
- Francheski, V. R., Krokene, P., Christiansen, E., & Krekling, T. (2005). *Anatomical and Chemical Defenses of Conifer Bark against Bark Beetles and Other Pests*. The New Phytologist. Vol 167. p 353-375.
- Gobakken, L., Alfredsen, G., Brischke, C., & Flæte, P. (2014). *Levetid for tre i utendørs konstruksjoner i Norge*. Norsk institutt for skog og landskap.
- Godal, J. B. (1996). *Tre til laft og reis*. Landbruksforl.
- Gustafsson, G., Bergström, B., Gref, R., & Ericsson, A. (2003). *Changes in chemical constituents in the sapwood of pinus sylvestris due to debarking*. Scandinavian journal of forest research.
- Heil, M., & Ton, J. (2010). *Systemic Resistance Induction by Vascular and Airborne Signaling*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- IAWA. (1964). *Multilingual glossary of terms used in wood anatomy*. Committee on Nomenclature of the International Association of Wood Anatomists.
- julkunen-Titto, R., Rousi, M., & Bryant, J. (1996). *Chemical diversity of several Betulaceae species: comparison of phenolics and terpenoids in northern birch stems*. Trees 11, 16-22.

- Kartverket. (2022). *Norgeskart.no*. Retrieved from <https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&sok=&layers=1002&zoom=3&lat=7197864.00&lon=396722.00>
- Kucera, B. (1992). Skandinaviske normer for testing av små feilfrie prøver av heltre. In B. Kucera. Skogforsk.
- Larnøy, E. (2005). *Uptake of chitosan based impregnation solutions with varying viscosities in four different European wood species*. Holz Roh Werkst.
- Martinez-Vilalta, J., Vanderklein, D., & Mencuccini, M. (2007). *Tree height and age-related decline in growth in Scots pine (Pinus sylvestris L.)*. Oecologia, 2007, Vol.150 (4), p.529-544.
- NIBIO. (2022). *Arealinformasjon fra kilden*. Retrieved from Kilden.no: https://kilden.nibio.no/?topic=arealinformasjon&X=7195706.12&Y=275054.87&zoom=0&lang=nb&bgLayer=graatone_cache
- NIBIO. (2023). *LandbruksMeteorologisk Tjeneste*. Retrieved from NIBIO.no: <https://lmt.nibio.no/>
- Paasela, T., Lim, K.-J., Pietiäinen, M., & Teeri, T. (2017). *The O-methyltransferase PMT2 mediates methylation of pinosylvin in Scots pine*. New Phytologist.
- Sivertsen, M. (2010). *Liquid water absorption in wood cladding boards and log sections with and without surface treatment*. Norwegian University of Life Sciences.
- Sivertsen, M. S., & Vestøl, G. (2010). *Liquid water absorption in uncoated Norway spruce (Picea abies) claddings as affected by origin and wood properties*. Wood Material Science and Engineering, 5: 3, 181 - 193.
- SSB. (2023, januar). *Statistisk sentralbyrå*. Retrieved from Fakta om skogbruk: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/faktaside/skogbruk>
- Standard Norge. (2006). *NS-EN 927-5:2006. Maling og lakk — Beleggsmaterialer og belegssystemer for tre til utendørs bruk — Del 5: Vurdering av vanns permeabilitet*. Standard Norge.

- Standard Norge. (2013). *NS-EN 335:2013. Holdbarhet av tre og trebaserte produkter - Bruksklasser: Definisjoner, anvendelse på heltre og trebaserte plater*. Standard-Norge.
- Standard Norge. (2016). *NS-EN 350:2016. Tre og trebaserte produkters holdbarhet - Prøving og klassifisering av motstandsevnen mot biologisk påvirkning til tre- og trebaserte materialer*. Standard-Norge.
- Stirling, R., & Morris, P. (2006). *The influence of extractives on western red cedar's equilibrium moisture content*. International Research Group on Wood Protection.
- Timbertreatmentsolutions. (2023). *Timbertreatmentsolutions*. Retrieved from Acetylering og furufurylering: <https://www.timberpreservationtechnologies.com/acetylering-og-furfurylering/>
- Tomak, E., Arican, F., Gonultas, O., & Parmak, E. S. (2018). *Influence of tannin containing coatings on weathering resistance of wood: Water based transparent and opaque coatings*. Polymer degradation and stability.
- Venäläinen, M., Harju, A., Saranpää, P., Tiitta, M., Kainulainen, P., & Velling, P. (2004). *The concentration of phenolics in brown-rot decay resistant and susceptible Scots pine heartwood*. Wood Science and Technology.
- Vereide, E. (2020). *Flekkbarking av furu (Pinus sylvestris L.): effekter på vedens kjemiske forsvar og råteresistens*. Ås: Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet.
- Vereide, E. (2020). *Flekkbarking av furu (Pinus sylvestris L.): effekter på vedens kjemiske forsvar og råteresistens*. NMBU fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning.
- Vestøl, G. I., & Sivertsen, M. S. (2011). *Effects of outdoor weathering and wood properties on liquid water absorption in uncoated norway spruce cladding*. Forest products journal.
- Øvrum, A., & Flæte, P. (2008). *Fokus på tre*. Treteknisk og TreFokus AS.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway