



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
MINA

Har utmarksbeite effekt på rådeutvikling i granskog?

Simon Seljegard
Master i skogfag

Forord

. En stor takk rettes til mine veiledere Isabella Børja og Ari Hietala for god hjelp i felt og på laboratorium. De ga meg også mange gode råd og innspill under skriveprosessen. Jeg vil takke Tor-Arne Justad for hjelp med sekvensering av sopper. Til slutt retter jeg også en stor takk til skogeier Lars Anders Gulden for at jeg fikk gjøre feltarbeid i hans skog. Oppgaven er en del av prosjektet: Råte i produksjonsskog av gran som følge av skader fra beitedyr. Dette er et prosjekt mellom NIBIO, Norskog, Norges skogeierforbund og Mathiesen Eidsvold Værk

Sammendrag

Skogbruk og utmarksbeite drives på de samme arealene flere steder i Norge. Disse to næringsinteressene kan komme i konflikt da dyretråkk kan øke råterisikoen i trær. Råte gir store verditap for skogen. I denne studien ble det undersøkt om utmarksbeite påvirket råteutviklingen i produksjonsskog av gran. Datainnsamlingen ble gjort i Gran kommune på Hadeland. Røtter med tråkkskader ble studert i felt og på laboratorium. Råtesoppen rotkjuke (*Heterobasion* spp.) ble funnet. Noe av råten som ble funnet kunne tydelig knyttes til sår som lignet dyretråkk mens opphavet til andre råteskader var noe mer usikkert. Beitedyr lager sår på røtter og det er viktig å huske at røtter generelt har bedre forsvar enn stamme. Der tømmerproduksjon og utmarksbeite drives på de samme arealene er planlegging og dialog mellom skogeiere og bønder avgjørende for å minimalisere risikoen for råte.

Abstract

Many places in Norway free range domestic animals are grazing in the same areas as forestry is practiced. Conflicts between forest owners and farmers can occur due to the possible establishment of wood decay fungi via wounds in roots made by the animals. Root rot gives big economic losses in the forest. This study investigated what effect the domestic animals have on root rot development in spruce forest. The field work was done in Gran municipality in the Hadeland region in Norway. Wounded roots were studied in field and in laboratory. The root rot fungi (*Heterobasidion* spp.) were found. Some of the rot could be linked to wounds resembling those made by animals. There were also found rot where it was hard to tell the origin. As the grazing animals cause wounds on roots, it is important to remember that the roots have better defence than the stem. In areas with both domestic grazing animals and timber production planning and dialogue between forest owners and farmers is crucial to minimize the risk of root rot.

Innhold

Innledning.....	1
Råtesopper	4
Material og metode.....	7
Studieområde	7
Etablering av flater og datainnsamling.....	7
Isolering av sopper	7
Identifisering av sopper	8
Statistiske analyser	9
Resultater	10
Rotskader.....	10
Antall og plassering av rotskader:	11
Omfang av skadene	12
Skadene relatert til kryssende stier.....	12
Sopper isolert fra rotskivene med sår	14
Sårene og råteutvikling.....	15
Diskusjon	17
Skadetyper og avstand fra stammen.....	17
Sopper isolert fra rotskivene med sår	17
Trærnes beskyttelse mot infeksjon	18
Infeksjon i røtter versus stamme	19
Bærekraftig forvaltning:	19
Referanser	21

Innledning

Norge er et land rikt på utmarksressurser. 95% av Norges landareal er definert som utmark og disse arealene tilbyr en rekke økosystemtjenester (Schärer 2016). Utmark gir flere regulerende økosystemtjenester, blant annet ved å være et viktig karbonlager. Skog og myrer har også en flomdempende funksjon. Norges utmark tilbyr mange kulturelle økosystemtjenester ved å være viktige områder for rekreasjon som jakt, fiske og annet friluftsliv. Utmarken tilbyr også flere viktige forsynende økosystemtjenester. Kjøtt og dyreprodukter i form av vilt omsettes. Bær, sopp og planter plukkes og spises av mennesker. Honningbier samler nektar og honningdugg i utmarken og produserer til gjengjeld honning. Noen bedrifter driver også med salg av lav fra skogen til dekorasjon. De ressursene med mest økonomisk betydning for oss er trolig tømmer fra skogen og beite for husdyr. Begge disse har potensial for økt utnyttelse.

I Norge ligger den årlige volumtilveksten i skogen på om lag 21 millioner m³, mens avvirkingen kun ligger på omtrent 14 millioner m³ (Hysten 2021). Med det grønne skiftet vil skognæringen trolig bli viktigere i det norske samfunnet.

Utmarksbeite er i tillegg til skogbruk en viktig næring i Norge. Hver vår slippes husdyr ut på beite i norsk utmark, dette inkluderer både sau, storfe, geit og hest. Disse dyrene går i skog og vidde, beiter på vegetasjonen og produserer kjøtt, melk, ull, skinn og lær. Denne praksisen har lange tradisjoner i landet. Det er estimert at utmarksbeite gir verdier for omtrent en milliard kroner hver sommer (Rekdal u.å.) Det antas at omtrent halvparten av den norske utmarken er egnede beiteområder for husdyr (Schärer, 2016). I en del områder drives skogbruk og utmarksbeite på de samme arealene og av og til kommer disse næringene i konflikt.

I tillegg til å produsere kjøtt, melkeprodukter, lær og ull er også frittgående husdyr viktige for å opprettholde landskapstyper som kulturlandskap. Disse opprettholdes ved at dyr beiter ned vegetasjon og unngår gjengroing av enger og åpne områder. Mange arter av planter og insekter er avhengig av beitedyrene for å overleve. Dette er en naturtype som har hatt nedgang de siste århundret og mange av artene knyttet til landskapsformen er rødlistet. Når dyrene slippes løs i

store områder er det disse åpne landskapsformene som er dyrenes matfat. Det er lite beiteverdi i produksjonsskog, men dyrene trekker likevel inn her for å søke skygge og hvile.

Husdyr på utmarksbeite kan ha negative følger for skogproduksjon. Dyrene kan spise planter og forstyrre foryngelsen eller skade ungskogen. Tråkk kan også komprimere jorden og gi lavere oksygentilgang for røtter. Når beitedyr går i skogen kan de tråkke på røtter og lage sår som kan bli inngangsporter for skadelige råtesopper. Disse kan spre seg fra røtter videre inn i stammen og gi råde, dette er delvis nedbrutt trevirke med dårligere styrkeegenskaper. På grunn av dette gir rådeangrep lavere sagtømmerandel og økonomiske tap i skogen. Gran er mer utsatt for råde enn furu. Det avvirkes årlig opp mot 500 000 m³ rådeinfisert tømmer med sagtømmer dimensjoner. Som et resultat av dette er det anslått at råde gir tap på over 100 millioner kr i året (Norges Skogeierforbund 2020)

Beitenæringen kan komme i strid med skognæringen om beite øker rådefrekvensen. På Hadeland er det lange tradisjoner for dyr på utmarksbeite. I flere hundre år har sau og storfe blitt sluppet løs på et 185 700 dekar stort område i Gran, Lunner, Hurdal og Jevnaker kommune. Nationen skriver den 12. april 2022 om en skogeier i Gran kommune som har fått erstatning for beitedyrenes ødeleggelser i skogen sin.

Det har skjedd store endringer i både skogbruket og beitenæringen de siste årene. Siden 1930 tallet har man i Norge gått over fra plukkhogst til det som kalles bestandsskogbruk. Her hogges alle trærne på større flater for så å forynges med et treslag og avvirkes igjen når disse har nådd en viss alder og størrelse. I bestandsskogbruket sikter man etter å anlegge skogbestand som er homogene. De består av et treslag og trær på omtrent samme alder. Man får også trær som vokser fortere når lystilgangen er bedre sammenlignet med trær i flersjiktet naturskog hvor enkelte trær vokser i skyggen av andre trær. Overgangen til bestandsskogbruk siste hundre årene kan ha gjort skogen mer utsatt for råde generelt. Dette fordi jevnaldrende skogbestand med gran som eneste treslag vil gjøre det lett for råtesoppene å spre seg via rotkontakt mellom nærliggende trær. Tidligere bar også mye av skogarealene i Norge mer preg av husdyrbeite og man fant skoger som var mer åpne med mindre rotkontakt mellom trær.

De siste 10-15 årene har også melkekyr til stor grad blitt erstattet med kjøttfe. Disse dyrene er tyngre og kan kanskje derfor lage dypere sår i røtter når de trækker. Kjøttfe har også en annen atferd, de holder seg mer sammen i grupper. Kanskje kan dette også påvirke skadeomfanget. Noen skogeiere har uttrykket bekymring for dette. (personlig kommunikasjon, Ari Hietala 05. 05. 2022)

Råte er mest utbredt hos gran og problemet er størst på kalkrik grunn og tidligere innmark. Råtesopper kan infisere stubber etter felte trær, men inntre også sår i røtter og stamme. Derfor er granbestand utsatt for råte etter tynningsdrifter. Dette fordi det både står ferske stubbeflater og fordi det kommer mekaniske skader på stammer og røtter. Studier viser at råtefrekvensen er høyere i tynnet granskog jo nærmere stikkvegene man kommer (Tronbøl 2016)

Husdyr på utmarksbeite trækker på røtter og kan skape sår. Disse sårene kan bli inngangsporter for råtesopper som kan spre seg videre innover i røtter og videre inni stamme. De fleste råtesopper har høyest sporeproduksjon i sommerhalvåret, noe som betyr at smittetrykket er sterkest innen beitesesongen. Dyrene som trækker kan også komprimere jorda rundt trærnes røtter. Noe som kan begrense trærnes opptak av vann og næringsstoffer og muligens gjøre dem enda mer utsatt for råte. Den mulige koplingen mellom utmarksbeite og råte er et tema som er gjort lite forskning på.

Hos gran er kjerneveden mest utsatt for spredning av råte. I kjerneveden som består av døde celler sprer råten seg forttere enn i yteved. Spredningen av råte vil derfor gå forttere når soppen har kommet seg til kjerneveden fordi cellene er døde. Etter råteangrep sender granen forsvarsstoffer med harpik til såret for å unngå videre infeksjon. Dette er en energikrevende prosess og kan gjøre at treet har mindre overskudd til å utvikle krone, stamme og røtter. Dette er uheldig for volumutvikling og verditilveksten i skogen samt mindre karbonlagring.

Beitenæringen kan komme i strid med skognæringen om beite øker råtefrekvensen. På Hadeland er det lange tradisjoner for dyr på utmarksbeite. I flere hundre år har sau og storfe blitt sluppet løs på et 185 700 dekar stort område i Gran, Lunner, Hurdal og Jevnaker kommune. Nationen skriver den 12. april 2022 om en skogeier i Gran kommune som har fått erstatning for beitedyrenes ødeleggelser i skogen sin.

Råtesopper

Flere ulike sopper kan føre til råte i grantrær. Rotkjukearter (*Heterobasidion* spp.) er i Norge de viktigste råtesopper hos gran, de står for omtrent 80% av råten (Solheim, 2010 s. 8). Det er hovedsakelig gjennom røttene at trærne blir infisert. Det er mindre vanlig at infeksjon skjer gjennom sår på stammen. Sporene infiserer som oftest døde røtter eller sår på røtter. Sporene dannes i flerårige fruktlegemer som vokser ofte ved stammebasis og kan produsere store mengder sporer gjennom sommeren. Selv om rotkjuken regnes om en svak parasitt kan store mengder sporer på ferske sår føre til råteutvikling både i røtter og stammen. Soppen kan spre seg videre til friske trær gjennom rotsammenvoksninger. Granrotkjuke (*Heterobasidion parviporum*) er den mest vanlige rotkjukearten hos gran - den infiserer i praksis bare gran. Fururotkjuke (*Heterobasidion annosum* s.s.) er spesielt vanlig i Vestlandet og den kan angripe de fleste bartrær, noen løvtrær og noen lyngarter. Dette vil si at grana også kan bli smittet gjennom rotkontakt med andre treslag hvis bestandet er infisert av fururotkjuke og ikke granrotkjuke. Det er varierende hvor raskt rotkjukearter vokser oppover i stammen hos gran, men i gjennomsnitt omtrent 30 cm per år (Horntvedt 1996). I granbestand sterkt påvirket av rotkjuke vil råteutviklingen fortsette i stort tempo og dette kan i verste fall føre til negativ verditilvekst og at man blir nødt til å redusere omløpstiden (Roll-Hansen, 1993).

Toppråtesopp (*Stereum sanguinolentum*) er en av de viktigste råtesoppene og er ofte årsak til såråte hos forskjellige bartrær, men spesielt vanlig hos gran (Roll-Hansen 1969). Denne soppen angriper særlig ferske sår eller brudd, for eksempel etter skogdrift eller toppbrudd. Når soppsporene lander på ett sår, kan mycelet vokse relativt raskt i vedens fiberretning, men bare langsomt i tverretning.

Honningsopp (*Armillaria* spp.) er en annen råtesopp som kan infisere gran gjennom sår på røttene. Den kan bre seg både gjennom kjerneved og gjennom bark og yteved. I kjerneveden kan den sammen med rotkjuke gjøre stammen hul (Horntvedt 1996). Trær som er svekket av en form av stress er ekstra utsatt for honningsopp. Blant annet er tørkestressede trær og bestand som ikke tynnes utsatt for honningsoppangrep.

Siden de fleste råtesopper sprer seg i kjerneved og ikke påvirker treets vanntransport kan det ta lang tid før symptomer på råtne blir synlig i treet. Fruktlegemer på stammen betyr som regel at råtneinfeksjonen i treet har kommet langt. Andre symptomer som skrantning av krone og fargeendring i nåler kan være tegn på råtne, men kan også skyldes andre problemer treet har (Solheim, 2010 s.5).

Trær som er såret eller angrepet av råtesopper reagerer på en spesiell måte som er i skogpatologi beskrevet som Compartmentalization Of Decay In Trees, eller CODIT-prinsippet. CODIT beskriver en prosess som innebærer at treet murer av eller avgrenser (kompartimentaliserer) det berørte området for å forhindre videre spredning av råtne eller infeksjon (Shigo 1984, Morris et al 2020). CODIT-prinsippet er basert på ideen om at trær har et naturlig forsvarssystem som lar dem oppdele eller avgrense (kapsle inn) områder med skade eller infeksjon og stoppe videre infeksjon på denne måten. Samlet sett er CODIT responsen etter mekanisk skade en kompleks prosess som involverer flere fysiologiske, anatomiske og kjemiske mekanismer.

Formål med denne studien er å undersøke om det er en sammenheng mellom utmarksbeite og utvikling av råtne i gran. Jeg har valgt prøveflater med og uten dyrestier i et skogbestand eksponert for utmarksbeite. Jeg har undersøkt skadetyper på røtter og isolert sopper knyttet til skadene. Til slutt ønsker jeg at mine resultater skal bidra til rådgivning og lokale tilpasninger i granskog med utmarksbeite, for å redusere råtnerisiko i disse skogene.

Jeg undersøkte følgende spørsmål:

1. Hvor omfattende er råtneutvikling i røttene med tråkkaskader?
2. Hvor er sårene på røtter lokalisert – hvilken avstand til stammen har de?

3. Er frekvensen av sår større der hvor stiene krysser røttene enn uten stier?
4. Hvilke råtesopper etablerer seg i sårene?

Material og metode

Studieområde

Datainnsamling ble gjort i Gran kommune på Hadeland i et granbestand med beitedyr. Det går både kjøttfe og sau i området. Det er enger og bekk i nærheten der dyrene beiter, men de trekker ofte inn i skogen for å søke skygge. Bestandet hadde bonitet G17 og var 38 år gammelt. Det var lite vegetasjon i feltsjiktet og derfor lite beiteverdi i bestandet.

Etablering av flater og datainnsamling

Jeg undersøkte 7 prøveflater med synlige skader fra beitedyr og 7 kontrollflater uten tråkkskader i samme bestand. Prøveflatene var sirkulære, med 3.99 m radius og 50 m² areal. Trær større enn 5 cm i diameter ved brysthøyde ble registrert. På de synlige rotskadene registrerte jeg sårtype og målte sårstørrelse, avstand fra stammen og jeg noterte geografisk retning på roten. Noen av de skadde røttene ble gravd frem, sagd løs og tatt med til verksted på NIBIO. Her ble det skåret skiver av røttene ved sår. Såralder fant jeg ved å telle årringer fra såret og utover. Som sårtype skilte jeg mellom barkskader (grunne skader hvor barken var fjernet, mens xylemet under var intakt, Figur 1) og xylemskader (hvor barken var fjernet og sårene gikk dypere inni xylemet, Figur 2). Jeg grupperte alle sår etter avstand fra stammen i fire klasser; Klasse 1 = 0-50 cm, Klasse 2 = 51-100 cm, Klasse 3 = 101-150 cm og Klasse 4 > 151 cm

Hver rotskive ble merket, pakket i separat plastpose og plassert på kjølelager (4 C) for senere isolering av sopper.

Isolering av sopper

Jeg isolerte sopper fra 40 rotskiver fra 8 trær og til sammen 7 flater; 3 tråkkflater og 4 kontrollflater.

For å isolere sopper, brukte jeg malt ekstrakt agar (MEA) som besto av 20 g agar (Bactomalt™) og 12,5 g malte ekstrakt (Bactomalt™) oppløst i 1 l destillert vann. Blandingen

autoklaverte jeg ved 121° C i 20 minutter i en autoklav. Etter autoklaving på en sterilbenk, helte jeg det flytende vekstmediet inni petriskåler og lot det stivne.

For å isolere sopper fra hver skive jobbet jeg på sterilbenk. Jeg undersøkte hver enkelt skive, og deretter tok jeg prøver ved å klyve ut en flis fra tre steder i hver skive. Prøvene ble tatt fra steder som hadde råte eller misfarging. Tre fliser ble plassert i en trekant i samme petriskål. Hver skive som det ble tatt prøver av har jeg fotografert. Jeg kontrollerte veksten av mycel i hver skål regelmessig og rensset ny soppvekst til nye skåler ved å ta en liten mycel-agar kube (3x3x3 mm) fra utkanten av en soppkoloni og plasserte den på en fersk skål.

Identifisering av sopper

Alle sopper som vokste ut av skivene ble undersøkt i lupe og mikroskop og basert på deres utseende ble alle isolatene sortert i 7 morfologiske grupper. Den eneste gruppen som var mulig å identifisere umiddelbart var rotkjuke (*Heterobasidion* spp.), på grunn av de karakteristiske konidioforene godt synlige i lupen. Den største gruppen i tillegg til de 7 morfotypene var en samlegruppe for bakterier og «muggsopper».

For å tilrettelegge for videre DNA-basert identifisering av de isolerte soppene, valgte jeg to representative isolater fra hver morfotype-gruppe og dyrket disse på petriskåler med MEA med sterilt cellofan på overflaten. Cellofan brukte vi for å gjøre det enkelt å skrape tilstrekkelig mye soppmycelet for videre DNA-ekstraksjon.

DNA- ekstraksjon og DNA amplifisering ved hjelp av PCR ble utført på NIBIO av NIBIOs avdelingsingeniør Tor Arne Justad. I korthet, DNA ble ekstrahert med kit (DNeasy Plant Mini Kit) fra Qiagen og videre eluert til 200 µl. Videre mangfoldiggjøring av det ekstraherte DNA ble gjort ved bruk av PCR metode, med primere ITS4 og ITS5 som beskrevet i Gardes & Bruns (1993) og White et al (1990). Mastermix per reaksjon besto av 2,5 µl PCR buffer (uten MgCl, 10x), 0,75 µl MgCl (50 mM), 2 µl dNTPs (2.5 mM), 1 µl primer ITS4, 1 µl primer ITS5, 16.65 µl H₂O og 0,1 µl Platinum Taq DNA Polymerase. PCR produktet ble visualisert på gel. PCR produktet ble videre klargjort for sekvensering; alle tubene ble ID-merket og lagret i fryser før de ble sendt til sekvensering hos Eurofins Genomics, Danmark.

Analyse av resultater fra sekvenseringen ble gjort ved å hente de sekvenserte dataene fra programmet CLC Main Workbench 7.6-Evaluation (CLC Bio©, Denmark). Sekvensene ble sammenlignet med sekvensene i databasen GenBank ved hjelp av BLAST

(<http://ncbi.nlm.nih.gov>). Jeg presenterer sekvensene som ga høyest grad av likhet med

sekvensene i GenBank databasen. Alle sekvenserte sopper hadde høy likhetsgrad 99-100% med bestemte sekvenser i databasen.

Statistiske analyser

Jeg brukte Microsoft Excel for å lage beregningene og grafer. For å sammenligne skadene på steder hvor stiene krysset røtter eller ikke, har jeg brukt Student t-test for å fastslå om gjennomsnittsverdiene mellom gruppene var signifikant forskjellige.

Resultater

Rotskader

Jeg observerte hovedsakelig to typer rotskader; «barkskader», som var grunne, barken var fjernet, xylemet under barken var blottlagt, men stort sett intakt (Figur 1). Den andre typen var «xylemskader» med dypere skader, hvor barken var fjernet og xylemet hadde dypere sår (Figur 2).



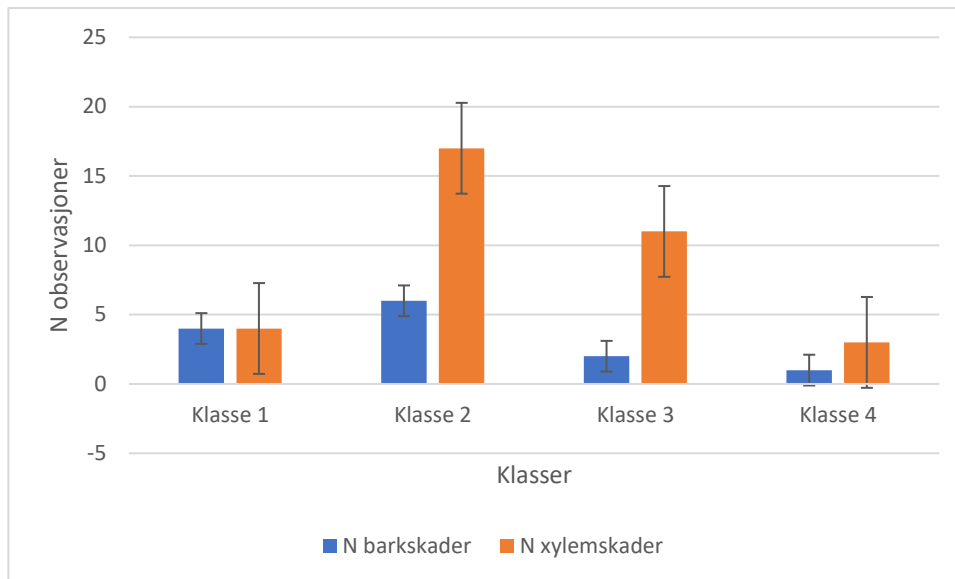
Figur 1. Eksempel på barkskader, grunne skader som ikke nådde xylemet



Figur 2. Nærbilde av xylemskade

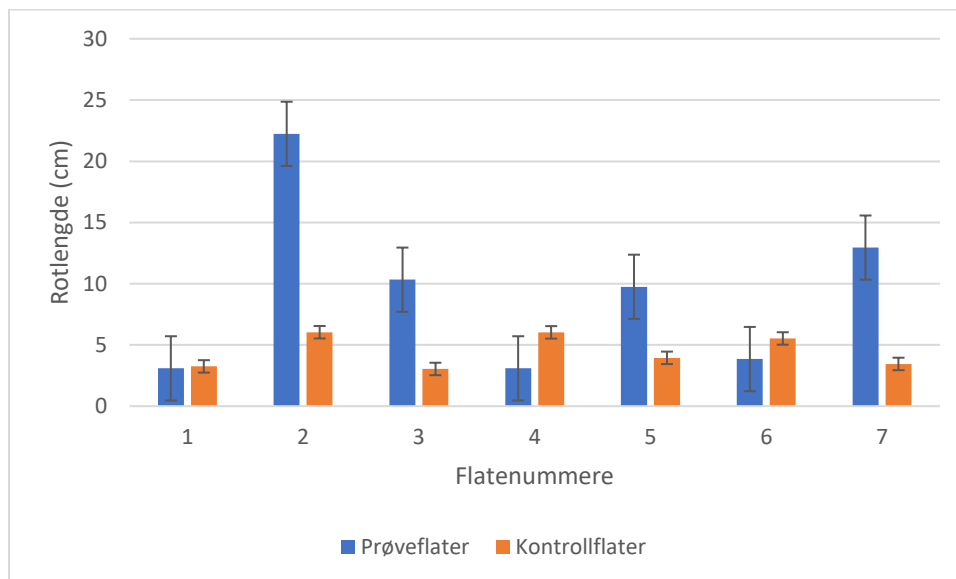
Antall og plassering av rotskader:

Jeg registrerte flere xylemskader enn barkskader (Figur 3). Antall barkskader og xylemskader var nesten lik i nærheten av stammen (Klasse 1, 0-50 cm fra stammen). Med avstand fra stammen, fra 51 cm og utover økte også antall xylemskader. De fleste xylemskadene ble lokalisert i avstand fra 51 – 100 cm (Klasse 2) og 101-150 (Klasse 3)



Figur 3: Antall rotskader. Xylemskader og barkskader i ulike avstandsklasser. Klassene indikerer avstand fra stammen. Klasse 1= 0 -50 cm, Klasse 2 = 51-100 cm, Klasse 3 = 101-150 cm, Klasse 4 > 151 cm fra stamme.

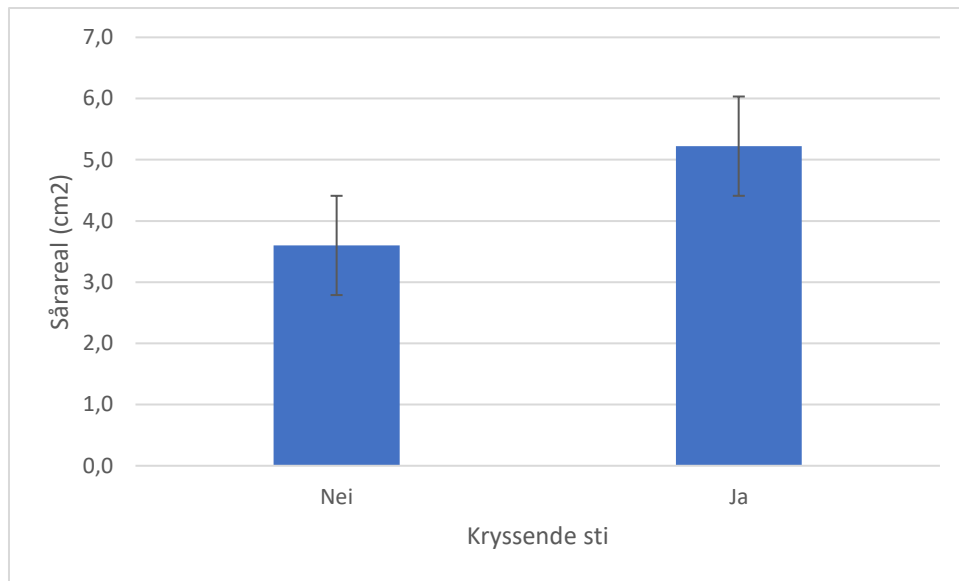
Omfang av skadene



Figur 4. Ekspontert rotareal målt i lengde for prøveflater og kontrollflater.

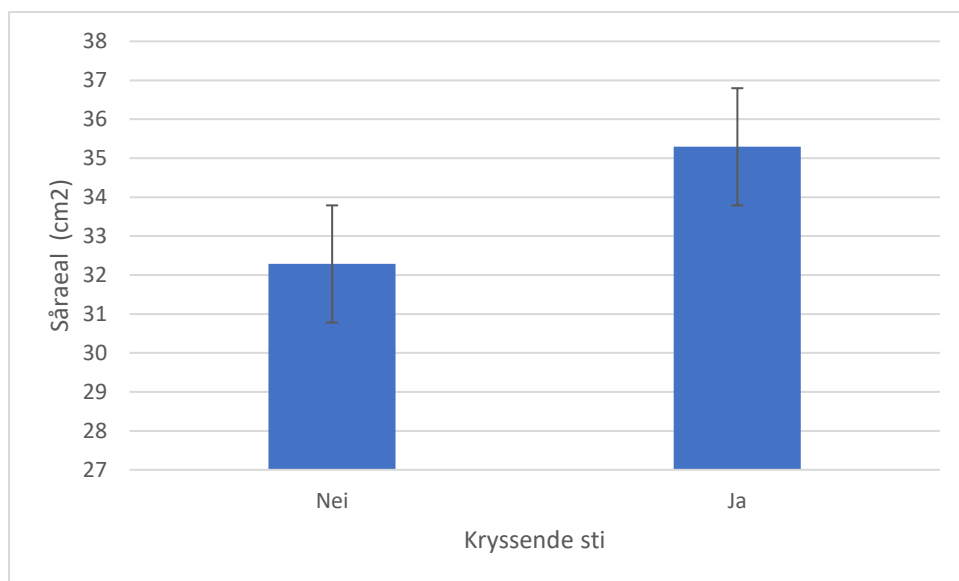
Skadene relatert til kryssende stier

Gjennomsnittlig sårareal for enkelte barkskader på røtter som ikke ble krysset av sti var 3.6 cm² og 5.2 cm² på røtter krysset av sti (figur 5)



Figur 5: Sårareal for barkskader i og utenfor stier.

Gjennomsnittlig sårareal for xylemskader på røtter som ikke ble krysset av sti var 32 cm² og 35 cm² på røtter krysset av sti (figur 6)



Figur 6: Sårareal for xylemskader i og utenfor stier.

Det var signifikant større areal xylemskader enn barkskader ($p < 0,001$, Tabell 1)

t-Test: To utvalg med antatt like varianser

	Variabel 1	Variabel 2
Gjennomsnitt	4,47	34,48
Varians	7,64	982,34
Observasjoner	17	25
Gruppevarians	592,46	
Antatt avvik	0	
fg	40	
t-Stat	-3,92	
P(T<=t) ensidig	0,0002	
T-kritisk, ensidig	1,68	
P(T<=t) tosidig	0,0003	
T-kritisk, tosidig	2,02	

Tabell 1: T-test av gjennomsnitt av sårareal på xylemskader og barkskader

Sopper isolert fra rotskivene med sår

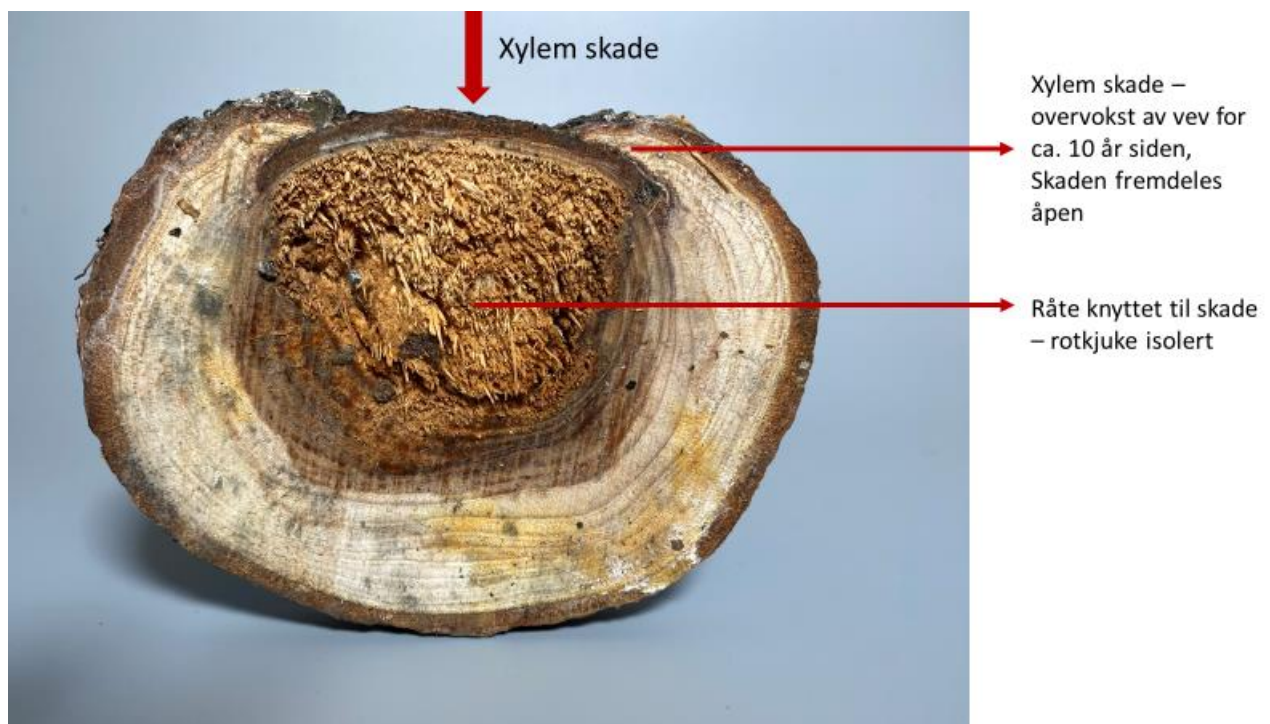
Fra de 40 skivene jeg skar fra skadde røtter har jeg isolert sopper som basert på koloniutseende grupperte seg i syv morfotyper. Jeg forberedte dyrking av 2 representative isolater fra hver morfotype-gruppe, til sammen 14 soppisolater. Av disse ble 5 isolater ikke sekvensert av uvisse årsaker (isolater var ikke rene eller PCR produktet manglet). Ni isolater ble sekvensert og det var bare en råtesopp som ble isolert; en uidentifisert rotkjukeart (*Heterobasidion* sp., Tabell 2). En annen hyppig sopp som ofte er beskrevet som sårparasitt både på stammer og røtter, *Corinectria fuckeliana*, ble også isolert. De sekvenserte isolatene visste 99-100% likhet med sekvenser plassert i NCBI Genbank

Tabell 2. Oversikt over isolerte sopper.

Isolatnavn	Artsnavn	Sekvensert DNA fragmentstørrelse	% identisk
20R513/13	<i>Corinectria fuckeliana</i>	547	99
20R512/1A	<i>Apiotrichum porosum</i>	529	99
20R513/2	<i>Mortierella</i> sp	632	99
K10331/3	<i>Heterobasidion</i> spp	640	100
50R61/2	<i>Mucor hiemalis</i>	641	100
52R214/3	<i>Corinectria fuckeliana</i>	547	99
20R53H/3	<i>Sarcodontia uda</i>	639	100
K10R33/3	<i>Heterobasidion</i> spp	639	100
20R5S2V/1	<i>Mucoromycota</i>	570	100

Sårene og råteutvikling

Ved 40% av tilfellene har jeg isolert rotkjuke, dette var den eneste råtesoppen som ble isolert i denne studien. Enkelte ganger var det tydelig at såret kunne være inngangsport for råteetablering (Figur 7). Andre ganger var råten plassert mer sentralt i roten (Figur 8). Selv om rotkjuke var isolert i slike tilfeller, er det usikkert om såret var den primære inngangsporten for råteetablering eller om råtesoppen har smittet gjennom andre sår eller rotsammenvoksninger.



Figur 7. Eksempel på dyp xylemskade og råteutvikling mest sannsynlig knyttet til skade.



Figur 8. Eksempel på dyp xylemskade og råteutvikling som ikke er tydelig knyttet til sårskade. Rotkjuke var isolert fra råtevevet.

Diskusjon

Skadetyper og avstand fra stammen

Hvert område hvor bark ble fjernet og xylemet blottlagt utgjør en potensiell inngangsport for patogene sopper eller råtesopper. Det ble funnet flere dype xylemskader, med skadde fibre i xylem, enn overfladiske barkskader. Større og dypere skader står for større risiko for at råtesoppene kan trenge inn (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1981; Nilsson & Hyppel 1968).

Roll-Hansen og Roll-Hansen (1981) har simulert dyrenes tråkkskader ved å mekanisk skade røttene med en øksehammer. De fant ut at råtefrekvensen etter såring varierte mellom 10-22% i skadede trær 3-6 år senere.

Jeg observerte også at de fleste xylemskadene oppsto i avstanden fra 51-100 cm fra stammen. Dette kan være forenlig med bevegelser av store kyr, som trolig ikke kommer helt inntil stammebasis på grunn av sin størrelse, men kan lett forårsake tråkkskader på røtter i avstanden 51-100 cm fra stammen. Hyppel og Nilsson (1968) observerte at skadens avstand fra stammen hadde betydning for videre råteutvikling i stammen. De konkluderte med at skogsdrift-relaterte xylemskader som lå innen 50 cm fra rothalsen nesten hadde 100% risiko for videre råteutvikling. Derimot, hadde grunne barkskader i samme område kun 10 % risiko for videre råteutvikling. Det utviklet seg sjelden råte i stammen fra skadene som lå mer enn 70 cm fra rothalsen.

Sopper isolert fra rotskivene med sår

Jeg isolerte bare en råtesopp, rotkjuke, fra hele materialet. Feltet som jeg undersøkte, hadde fra før en kjent historikk med infeksjon av rotkjuke. Hvis denne råtesoppen er etablert i et skogbestand, sprer sporene seg i luften gjennom hele sommeren i tillegg til at råtesoppen kan spre seg mellom røttene til nærstående trær. I et slikt bestand vil fare for råteutvikling ved dyretråkk være forsterket av nærvær av rotkjuke. Tilsvarende studier hvor rotkjuke ikke var etablert i bestanden (Hietala et al. in prep.) viser at råtesoppene ikke var isolert fra sårede røtter. Nærvær av soppinokulum av råtesopper enten i luften eller jord sporer ser ut til å være avgjørende for etablering av råte i sårene. gff

Ofte var råtekolonne hos de felte trærne målt opp til 5 m (= med årlig råtespredning på 30 cm forutsetter dette ca. 15 år av vekst i stammen). Råteutvikling går sakte i røttene (se CODIT) – derfor er det lite sannsynlig at råtesøyle skyldes tråkkskader (se på alder av tråkkskadene (ofte

fra ca 9-10 år siden). Rotbrekk derimot kan gi denne mulighet for råteutvikling, særlig i område hvor rotkjuke er etablert.

I tillegg til rotkjuke, som den eneste råtesoppen, isolerte jeg store mengder av Mucorales (Kulemuggsopper). Dette er sopper som tilhører rekke Koplingssopper (Zygomycota). De er kjente for å ha evne å etablere seg raskt på et substrat og bruke opp lett tilgjengelige sukkerstoffer. Det er mulig at når sårene blir blottlagt, er disse ferske flatene attraktive næringskilder for koplingssoppene som etablerer seg raskt. Ved at de vokser raskt, opptar de nisjen der råtesoppene kunne vokse. Fordi de fleste råtesoppene, særlig rotkjuke, er dårlige konkurrenter, er det vanskelig for dem å vokse på et substrat hvor det allerede vokser andre sopper. Dette er også et prinsipp som benyttes i bekjempelse av rotkjuke, hvor bruk av middelet Rotstop, som inneholder sporer av stor barksopp (*Phlebiopsis gigantea*) gir raskt etablering av stor barksopp på ferske stubber og dermed minimeres nisje for etablering av rotkjuke. Koplingssoppene kan ha lignende effekt når små sår oppstår på røttene.

Jeg har også isolert en sårparasitt, rød bartrekreftsopp (*Corinectria fuckeliana*). Denne soppen forårsaker ikke råte, men er en kjent sopp assosiert med forskjellige typer sår både på stammen (Børve & Talgø 2018) og røttene (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1981). Den kan vokse i stammeved eller rotvev uten å forårsake synlige skader. Ifølge Roll Hansen (1969) er soppen vanlig sårparasitt uten særlig stor praktisk betydning.

Trærnes beskyttelse mot infeksjon

Trærne har naturlig mekanisk beskyttelse mot soppinfeksjon i form av bark samt en rekke forsvarsmekanismene beskrevet som CODIT prinsippet (Shigo 1985, Morris et al 2020). Når en bartrerot er mekanisk skadet, vil den produsere kjemiske forbindelser som bidrar til å forsegle såret og forhindre ytterligere skade og spredning. Disse forbindelsene kan ha antioksidante egenskaper som hindrer aktivitetene til råtesoppenes vednebrytende enzymer (Nagy mfl. 2022). Det siste trinnet i CODIT-prosessen er kallusdannelse, den såkalte fjerde veggen. Dette innebærer vekst av nytt vev rundt det skadede området. Kallus hjelper til med å forsegle såret og forhindre ytterligere skadespredning eller infeksjon.

I de undersøkte skivene har jeg observert at sårskader av alle dybder etter hvert «avgrenses» av treets eget forsvar; den såkalte «fjerde veggen» ifølge CODIT prinsippet. Den fjerde veggen settes i gang etter såring og produserer sårvev som vokser over såret og til slutt lukker

det ved å vokse fullstendig over. I mitt materiale har jeg ofte observert en slik overvoksing av såret, hvor såret ble igjen som en misfarging, vekstforstyrrelse inne i årringene, men uten tegn til råteutvikling (Figur 8).

Infeksjon i røtter versus stamme

Den anatomiske strukturen i røttene er forskjellig fra den i stammen (McElrone et al 2004). Fordi røttene, på grunn av sin anatomiske oppbygging med bredere kar for vannføring, er mer effektive til å føre vann enn stammene, kan de inneholde større mengder vann enn stammer og derfor danne et ugjestfritt miljø for etablering av sopper. I tillegg til CODIT - beskyttelse kan derfor også vanninnhold i røttene danne en effektiv barriere mot råteetablering.

Samlet sett gjør anatomiske forskjellene i røttene mer effektive til å avgrense råte enn stammer. Derfor kan røttene være mere motstandsdyktige mot spredning av soppinfeksjon enn stammer.

Det er imidlertid viktig å merke seg at trerøtters og stammenes evne til å avgrense soppinfeksjoner kan variere avhengig av treslag, alvorlighetsgraden av infeksjonen og andre miljøfaktorer. I noen tilfeller kan stammer være bedre rustet til å avgrense og isolere områder med skade eller infeksjon enn røtter.

Bærekraftig forvaltning:

For å sikre en bærekraftig forvaltning av skogen og storfebeitet er det viktig å ha god planlegging og samarbeid mellom skogbrukere og beitedyr-eiere. Det kan være nødvendig med avtaler om hvor dyrene skal beite, hvor lenge de skal være der og hvor mange dyr som tillates. Videre bør det gjennomføres jevnlig kontroll og oppfølging for å sikre at beitingen ikke skader skogen. Digitale nofence systemer kan brukes til å begrense bevegelse av dyr på utmarksbeite i områder som unge plantingsfelt for å unngå tråkkskader. Det er vanskelig å komme med anbefaling at utmarksbeite burde forbys i mer moden granskog, men det er likevel viktig for husdyreiere og skogeiere å vite at det kan øke risiko for råte i bestand med høyt beitetrykk og som allerede har lokalt infeksjonstrykk fra råtesopper. Skoger hvor råtesoper, særlig rotkjuke, er etablert kan være spesielt utsatt for videre råteutvikling mht.

tråkkskader. Derfor bør det reduseres/unngås beiting i skoger med kjent stort smittetrykk av råtesopp.

Referanser

- Børve, J., Talgø, V. 2018. *Neonectria* cankers on trees Abstract book, SNS/NKJ network meeting, Ås 06.02.2018
- Horndtvedt, 1996. Råte og råtesopper.
- Hylen, G. (2021). "Tilvekst og skogavvirkning." from <https://www.skogbruk.nibio.no/tilvekst-og-skogavvirkning>.
- McElrone, A.J., Pockman, W.T., Martínez-Vilalta, J., Jackson, R.B.. 2004. Variation in xylem structure and function in stems and roots of trees to 20 m depth. *New Phytologist*:447-675 <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01127.x>
- Morris, H., Hietala, A.M., Jansen, S., Ribera, J., Rosner, S., Salmeia, K., Schwarze, F.W.M.R. 2019. Using the CODIT model to explain secondary metabolites of the xylem in defence systems of temperate trees to decay fungi. *Annals of Botany* 125 (5), 701-720
- Nagy, N.E., Norli, H.R., Fongen, F., Berg Østby, R., Heldal, I.M., Davik, J., Hietala, A.M. 2022. Patterns and roles of lignan and terpenoid accumulation in the reaction zone compartmentalizing pathogen-infected heartwood of Norway spruce. *Planta* (2022) 255:63 <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03842-1>
- Nilsson, P.O., Hyppel, A. 1968. Studier över rötangrep i sårskador hos gran (Studies on decay in scars of Norway spruce. *Sver. SkogsvsFörb. Tidsskr.* 1968: 675-713.
- Norges skogeierforbund, 2020. Hentet fra: [Skogforvaltning basert på forskning - Norges Skogeierforbund](#)
- Rekdal, Y. u.å. Hentet fra: [Nytt frå utmarksbeite - Nibio](#)
- Roll-Hansen F. & Roll-Hansen H. (1981). Root wound infection of *Picea abies* at three localities in southern Norway. *Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning* 36(4): 1-18.
- Roll-Hansen F. & H. (1993) *Sykdommer på skogtrær*. Oslo: Landbruksforlaget.
- Roll-Hansen F. 1969. *Sykdommer på skogtrær*. Vollebekk
- Schärer, J. 2016. Norge et utmarksland. Hentet fra: [Norge – et utmarksland - Nibio](#)

Shigo AL. 1984. Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Ann Rev Phytopathol* 22:189–214. [https:// doi. org/ 10. 1146/ annur ev. py. 22.090184. 001201](https://doi.org/10.1146/annur.ev.py.22.090184.001201)

Solheim, H. (2010) Råtesopper i levende trær. Ski: Follotrykk AS

Tronbøl, I. (2016). Har maskinell tynning om sommeren en innvirkning på frekvensen av rotråte hos gran (*Picea abies*)?, Høgskolen i Hedmark. Bachelor oppgave.