



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

VOL.: 2, NR.: 40, 2016

Prosjektet «Råte i granskog – utbredelse og konsekvenser for valg av omløpstid» - sluttrapport



AKSEL GRANHUS OG GRO HYLEN

Avd. Landsskogtakseringen

TITTEL/TITLE

PROSJEKTET «RÅTE I GRANSKOG – UTBREDELSE OG KONSEKVENSER FOR VALG AV OMLØPSTID» - SLUTTRAPPORT

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

AKSEL GRANHUS OG GRO HYLEN

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
17.02.2016	2/40/2016	Åpen	346051, 345006, 345013	2016/299
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01604-5	Versjon nr	2464-1162	25	0

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Utviklingsfondet for skogbruket
Skogtiltaksfondet
Fylkesmannen Vestfold, Hedmark, Nord-Trøndelag og Sør-Trøndelag
Glommen Skog

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Aksel Granhus

STIKKORD/KEYWORDS:

Gran, Landsskogtakseringen, Metaller, Modeller, Picea abies, Rotråte, Råtesopper
Metals, Models, National Forest Inventory, Norway spruce, Picea abies, Root rot, Wood-decaying fungi

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skogbruk
Forestry

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten sammenstiller hovedresultater fra prosjektet «Råte i granskog – utbredelse og konsekvenser for valg av omløpstid». Det er gjennom prosjektet utviklet en prediksjonsmodell for råte i enkelttrær med utgangspunkt i forklaringsvariabler som beskriver egenskaper ved det enkelte tre, samt egenskaper ved bestandet, voksestedet og temperatursummen i vekstsesongen. Datamaterialet som ble brukt til å utvikle modellen omfatter nærmere 18 000 borprøver fra Landsskogtakseringen, innsamlet i perioden 1986-2004 i fylkene på Østlandet, Sørlandet og Midt-Norge samt Nordland.

Den totale råtefrekvensen i hele datamaterialet som ble anvendt for å lage modellen var på 9,5 prosent. Dette er noe høyere enn den gjennomsnittlige råtefrekvensen på 7,9 prosent som ble



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

funnet av Huse (1983), i en undersøkelse av borprøver fra Landsskogtakseringen 1964-1976. Vi kan imidlertid ikke ut fra dette konkludere entydig at råtefrekvensen i norsk skog er økende. Dette blant annet med utgangspunkt i at det i datamaterialet fra perioden 1986-2004 ser ut til å heller være en viss fallende tendens over tid, når en sammenligner råtefrekvensen fra borprøver innsamlet i henholdsvis første og siste del av denne perioden innen samme regioner.

Den utviklede modellen er anvendt på enkelttredata fra Landsskogtakseringens 10. takstomdrev (2010-2014) for å estimere omfanget av råte gitt dagens skogtilstand, og for vurderinger av prioritering av bestand for avvirkning. Modellkjøringen gir en estimert råtefrekvens i dagens hogstklasse 5 på 16,8 prosent, økende til 26,4 prosent etter korrigerings for underestimert av total råte ved boring i brysthøyde. Ved å gruppere datamaterialet på bonitetsklasser og aldersklasser (omregnet relativt til hogstmodenhetsalder) framgår at boniteten isolert sett er en lite egnet indikator for valg av hogstalter i gran, når sannsynligheten for råte legges til grunn ved prioriteringen mellom bestand. Ved samme alder relativt til hogstmodenhetsalder (her: nedre aldersgrense for hogstklasse 5), får vi imidlertid som resultat en klart høyere råterisiko for skog på vegetasjonstypene lågurtskog og kalklågurtskog, sammenlignet med øvrige vegetasjonstyper.

Som en del av prosjektet har vi også sammenstilt råtedatene fra landsskogflatene i Nord-Trøndelag og de deler av Sør-Trøndelag som ligger på Fosenhalvøya, og analysert råtefrekvensen opp mot konsentrasjoner av grunnstoffer som er ekstrahert fra sand og grus fra mellomstore bekker i regionen. Dataene ble samlet inn i perioden 1983-1985 i forbindelse med Norges geologiske undersøkelse (NGU) sitt Nord-Trøndelagsprogram (Sæter 1987). Konsentrasjoner målt i sedimentprøvene ble aggregert til vassdragsnivå og korrelert mot faktisk (observert) råtefrekvens og mot den uforklarte restvariasjonen i råtefrekvens predikert med modellen (residualanalyse). Et fellestrekk for de korrelasjonene som var signifikante på minst 10%-nivå, er at de fleste var negative (økt konsentrasjon = redusert råte). Blant disse elementene tilhører de fleste (Fe, Ti, Cu, Co og Zr) kategorien transisjonsmetaller i periodesystemet, mens Mg er et jordalkalimetall. Kun P, som er et ikke-metall, var signifikant positivt korrelert med råte.

LAND/COUNTRY: Norge

FYLKE/COUNTY:

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

STED/LOKALITET:

GODKJENT /APPROVED

Bjørn Håvard Evjen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Aksel Granhus

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

FORORD

Denne rapporten sammenstiller resultater fra prosjektet «Råte i granskog – utbredelse og konsekvenser for valg av omløpstid». Prosjektet har vært finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket, Skogtiltaksfondet, Glommen Skog samt Fylkesmannen i fylkene Hedmark, Vestfold, Nord-Trøndelag og Sør-Trøndelag, samt ved egeninnsats fra Norsk institutt for Skog og landskap (nå NIBIO).

Vi vil i tillegg til de ovenfor nevnte finansieringskilder også rette enn takk til Rune Eriksen og Knut Bjørkelo (begge NIBIO), som har bidratt med å tilrettelegge data til bruk i prosjektet.

Vi retter også takk til tidligere fylkesgeolog i Nord-Trøndelag Ole Sivert Hembre, som sammen med nå avdøde fylkesskogmester Gisle Westrum tok initiativ til å sammenstille Landsskogtakseringens registreringer av råte opp mot kjemidata fra sedimenter i vassdrag i Trøndelag. Sistnevnte datasett ble innsamlet i regi av Norges geologiske undersøkelse (NGU) på 1980-tallet, og stilt til disposisjon for bruk i dette prosjektet.

Ås, 17.02.16

Aksel Granhus og Gro Hysten

INNHOOLD

1	INNLEDNING.....	6
1.1	Prosjektets målsetting.....	6
2	MATERIALE OG METODER.....	7
2.1	Innsamling av borprøver	7
2.2	Modellutvikling.....	7
2.3	Korreksjon for underestimering ved boring i brysthøyde	8
2.4	Estimering av råtefrekvens i forhold til hogstmodenhetsalder.....	8
2.5	Er det sammenheng mellom råte og kjemiske egenskaper målt i sedimenter i vassdrag?.....	8
3	RESULTATER	9
3.1	Råtefrekvens i datamaterialet	9
3.2	Sannsynlighetsmodellen.....	9
3.3	Korreksjon for underestimering ved boring i brysthøyde	12
3.4	Modellbaserte estimater med utgangspunkt i Landsskogtakseringens 10. takstomdrev	13
3.4.1	Estimert råtefrekvens i hogstklasse 4 og 5 – fylkesvis oversikt.....	13
3.4.2	Hogstklasse 5: Estimert råtefrekvens for ulike bonitetsklasser	13
3.4.3	Råtefrekvens relativt til hogstmodenhetsalder.....	15
3.5	Lokal råtefrekvens sammenholdt med kjemi i vassdrag	16
4	OPPSUMMERING OG DISKUSJON	18

1 INNLEDNING

1.1 Prosjektets målsetting

Råte i granskog koster skogbruket store summer i tapte inntekter. En samlet oversikt over omfanget av råte i de fleste fylkene er tidligere gitt av Huse (1983), basert på data fra Landsskogtakseringen innsamlet i perioden 1964-76. Fylkesvise oversikter er senere presentert av Landsskogtakseringen gjennom ulike fylkestakstrapper fra det 7. takstomdrevet. Hvorvidt råteproblemet i granskog er økende må anses som usikkert, men dette er et aktuelt spørsmål av vesentlig økonomisk betydning både for den enkelte skogeier, skogsindustrien og samfunnet. Råterisikoen er også et viktig spørsmål ved vurdering av optimalt hogsttidspunkt. Utover de rent økonomiske konsekvenser, vil råteangrep også påvirke skogøkosystemets netto karbonopptak og trevirkets egnethet som råstoff for produkter med lang levetid. Det er derfor flere grunner til å utvikle modeller som kan brukes til å beregne sannsynligheten for råte i granskog av ulik alder, med tanke på bruk i konsekvensanalyser og eventuelt som et mere operasjonelt verktøy i for eksempel skogbruksplaner. Prediksjonsmodeller med allmenn gyldighet for Norge er imidlertid ikke tidligere utviklet, med unntak av en modell som ble utarbeidet på grunnlag av data fra stubberegistreringer på begynnelsen av 90-tallet (Huse et al. 1994, Stamnes et al. 2000). Denne modellen er dog mindre godt egnet til å fange opp effekten av bestandsalder, da datamaterialet i all hovedsak besto av stubber fra hogstmoden skog. Utvikling av en ny prediksjonsmodell for råte i enkeltrær, basert på nærmere 18 000 borprøver innsamlet av Landsskogtakseringen i perioden 1986-2004, har derfor vært sentralt i dette prosjektet. Et delmål har også vært å analysere råtens betydning for valg av optimal omløpstid på ulike boniteter.

Som en integrert del av prosjektet er det også utført en regional analyse av sammenhengen mellom jordkjemiske variabler og råtefrekvens registrert i borprøvene som er innsamlet gjennom Landsskogtakseringen. I forbindelse med Nord-Trøndelagsprosjektet ved Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Nord- og Sør-Trøndelag Fylkeskommuner ble det på 80-tallet gjennomført en omfattende prøvetaking av sedimenter i vassdrag i Nord-Trøndelag og de deler av Fosenhalvøya som ligger i Sør-Trøndelag. Basert på over 6000 prøver ble det generert gjennomsnittsverdier for konsentrasjoner av kalsium, fosfor og en rekke metaller og andre sporstoffer, aggregert til hovedvassdragsnivå. Vi har her undersøkt om konsentrasjoner av et utvalg av disse forbindelsene kan bidra til å forklare variasjonen i råtefrekvens i datamaterialet fra Landsskogtakseringen.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Innsamling av borprøver

Borprøvene som er anvendt i modellutviklingen er innsamlet på temporære prøveflater oppsøkt av Landsskogtakseringen i perioden 1986-2004 (6-8. takstomdrev). Prøvetrærne ble utvalgt med relaskop (faktor 6), og en borprøve ble tatt ut i brysthøyde. Forekomst av råte i prøven ble bestemt visuelt. Råtesoppene ble ikke artsbestemt - den enkelte borprøven ble kun vurdert med hensyn på forekomst/ikke forekomst av råte.

Prøvetakingen omfattet temporære prøveflater i hogstklasse 3-5 i alle landets fylker unntatt Finnmark, men vi valgte å utelate de fire fylkene på Vestlandet og Troms ved utviklingen av sannsynlighetsmodellen. Dette fordi disse fylkene ligger utenfor det naturlige hovedutbredelsesområdet for gran, noe som også gjorde at de var sparsomt representert med hensyn på antall prøveflater i granskog. Borprøvene er for de fleste fylkene - unntatt Hedmark og Nordland - innsamlet i to omganger. Første prøvetaking var i perioden 1986-1993 (6. takstomdrev), da det ble etablert prøveflater fylkesvis slik at prøver fra ulike fylker ble innsamlet ulike år. Andre prøvetaking ble gjennomført 1995-2004 (7. og 8. takstomdrev), og prøvene ble da innsamlet i forbindelse med fylkestakstene som gjennomføres etter en femårig rotasjonssyklus.

Datamaterialet som er anvendt omfatter totalt 17 792 borprøver (Tabell 1).

2.2 Modellutvikling

For å forklare sannsynligheten for råte i det enkelte tre er det benyttet logistisk regresjonsanalyse med både faste og tilfeldige effekter. Som forklaringsvariabler har vi testet både egenskaper ved det enkelte tre, bestand og voksested.

Ved takseringen av prøveflatene ble treslag og diameter i brysthøyde (DBH) registrert. Informasjon om bestandet eller voksestedet og som er testet som forklaringsvariabler i modellen inkluderer bestandsalder, skogtype (klasser basert på treslagssammensetning¹), vegetasjonstype (Larsson 2005), bonitet, høyde over havet, samt grunnflate og volum per hektar. Tilleggsinformasjon om jordtype og berggrunn ble generert basert på overlay mot eksisterende kartdatabaser som driftes av NGU. I tillegg er det beregnet temperatursum i vekstsesongen (>5°C) for hver lokalitet basert på gjennomsnittstemperaturen 1961-1991, med utgangspunkt i interpolerte verdier fra nærliggende klimastasjoner som driftes av Meteorologisk institutt (Solberg m.fl. 2015).

Den logistiske regresjonsmodellen som er anvendt for å forklare sannsynligheten for råte (P) i det enkelte prøvetre i innen flate (cluster) j har følgende form:

$$P(\text{r\aa}te_{ij}) = \frac{e^{z_{ij}}}{1 + e^{z_{ij}}} \quad , \quad z_{ij} = \alpha + \sum_{k=1}^K \beta_j x_{ijk} + \mu_j$$

I modellen representerer x_{ijk} verdien til forklaringsvariabel k for tre i innen flate (cluster) j , mens α og β er estimerte konstanter. Parameteren μ_j representerer den tilfeldige effekten knyttet til hver flate (cluster), og som antas å være normalfordelt rundt 0 og med varians σ_μ^2 .

¹ Klasser: 1) Grandominert (gran >70%); 2) Grandominert barblandingsskog (gran 50-70%, lauvtrær <10%); 3) Grandominert blandingsskog (gran 35-70%, lauvtrær >10%); 4) Furudominert (furu >70%); 5) Furudominert barblandingsskog (furu 50-70%, lauvtrær <10%); Furudominert blandingsskog (furu 35-70%, lauvtrær >10%); Lauvtredominert skog (lauvtrær >70%).

Modellen er estimert ved baklengs eliminasjon («backward selection») i prosedyren «xtlogit» i statistikkprogrammet STATA (versjon 13.1). Variabler er inkludert i modellen dersom parameterestimert var signifikant forskjellig fra 0 med 95 prosent sannsynlighet (Wald χ^2 test).

2.3 Korreksjon for underestimering ved boring i brysthøyde

Ved å anvende borprøver tatt i brysthøyde som datagrunnlag vil en systematisk underestimere råtefrekvensen. Dette skyldes at treet kan være infisert uten at råten har nådd en høyde på 1,3 meter opp i stammen, eller at råten har en eksentrisk eller flekkvis utbredelse i stammens tverrsnitt slik at borprøven ikke treffer infisert ved. Tidligere studier har vist at denne systematiske underestimeringen er betydelig, og kan ligge i størrelsesorden 40-70 prosent slik at rundt halvparten av de infiserte trærne ikke «avsløres» av en borprøve (Kallio og Tamminen 1974, Stenlid og Wästerlund 1986, Thor m fl. 2005).

En korreksjonsfaktor som kan anvendes til å kalibrere den modellestimerte sannsynlighet for råte i brysthøyde til faktisk råte i stubbehøyde er estimert med utgangspunkt i data fra permanente prøveflater i Landsskogtakseringen. Datamaterialet omfatter til sammen 3 876 granstubber fra landsskogflater oppsøkt i perioden 2010-2015, og hvor det var avvirket siden forrige gang flata ble oppsøkt. Datamaterialet ble gruppert i diameterklasser (brysthøyde), hvorpå det ble utarbeidet en lineær regresjonsmodell med observert råte i stubbehøyde som avhengig variabel og med predikert råte i brysthøyde fra den utviklede modellen som uavhengig forklaringsvariabel. Ved utarbeidelse av regresjonsmodellen ble hver observasjon vektet med antall trær i diameterklassen.

2.4 Estimering av råtefrekvens i forhold til hogstmodenhetsalder

For å estimere råtesannsynligheten relativt til hogstmodenhetsalder er den utviklede sannsynlighetsmodellen anvendt på data fra Landsskogtakseringens 10. takstomdrev (2010-2014). Vi har her tatt utgangspunkt i produktiv granskog i de fylker som inngår i datagrunnlaget til modellen (dvs. alle fylker unntatt Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Troms og Finnmark). Predikert gjennomsnittlig råtefrekvens er gruppert på hogstklasser og bonitetsklasser, samt «aldersklasser» der alderen angis relativt til hogstmodenhetsalder.

2.5 Er det sammenheng mellom råte og kjemiske egenskaper målt i sedimenter i vassdrag?

For å analysere om geokjemiske elementer kan bidra til å forklare sannsynligheten for råte i grantrær, har vi anvendt et datasett med konsentrasjoner av grunnstoffer som er ekstrahert fra sand og grus fra mellomstore bekker i Nord-Trøndelag og de deler av Fosenhalvøya som ligger i Sør-Trøndelag. Dataene ble samlet inn i perioden 1983-1985 i forbindelse med NGU sitt Nord-Trøndelagsprogram (Sæter 1987).

Prøveflatene fra Landsskogtakseringen og prøvepunktene for de geokjemiske data fra NGU, ble gjennom overlay mot den nasjonale databasen for nedbørsfelt (REGINE) tilordnet et hovedvassdragsnummer (NVE 2016). Det er 23 vassdrag og 2 234 trær som inngår i analysen. Pearson korrelasjonskoeffisienter for gjennomsnittet innen vassdrag av de enkelte kjemiske elementkonsentrasjonene ble beregnet både for gjennomsnittlig råtefrekvens på landsskogflatene («Observert»), og mot avviket mellom observert og predikert råtefrekvens («Residual»).

Elementer som vi har undersøkt opp mot råtefrekvens framgår av Tabell 3 i resultatkapittelet. Utover disse ble det også foretatt kjemiske analyser for Na, Si, Mo, Cd, Ba, Pb, Ag, Be og La. Disse er utelatt fra våre analyser grunnet dårlig reproducerbarhet og at mange av prøvene hadde verdier under deteksjonsgrensen (Sæter 1987).

3 RESULTATER

3.1 Råtefrekvens i datamaterialet

Total råtefrekvens i datamaterialet var på 9,5 prosent, med et lavere nivå for prøvetakingen i perioden 1995-2004 (8,3 prosent) sammenlignet med perioden 1986-1993 (10,3 prosent). Ved å utelate de to fylkene som kun ble prøvetatt i den første perioden, blir forskjellen noe større (Tabell 1). Vi sammenlignet råtefrekvensen i de to tidsperiodene ved å angi disse med en dummyvariabel i modellen. Forskjellen var statistisk signifikant, noe som tilsier at det ulike nivået i de to periodene ikke kan forklares fullt ut av de andre forklaringsvariablene vi testet. Vi valgte likevel å se bort fra denne effekten i den endelige modellen, da dette ville gjort modellen lite egnet for praktisk anvendelse. En konsekvens av dette er at de predikerte verdier som modellen gir vil gjenspeile et tilnærmet gjennomsnitt av de to periodene.

Den gjennomsnittlige råtefrekvensen i borprøvene fra region 1 og 2 var noe høyere enn i region 3 og 4 (Tabell 1). Denne forskjellen var imidlertid ikke signifikant i modellen, noe som tyder på at de øvrige forklaringsvariablene (høyde over havet og temperatursum) fanget opp den regionale variasjonen tilfredsstillende.

Tabell 1: Antall prøvetrær i datamaterialet og registrert råtefrekvens, fordelt på regioner og takseringsperioder. Fylkene Hedmark og Nordland, som inngår i henholdsvis region 1 og 4, var inkludert i råteundersøkelsen kun i det 6. takstomdrevet, mens øvrige fylker er representert i begge periodene. Råtefrekvens oppgitt i parentes angir gjennomsnittet i datamaterialet uten disse fylkene inkludert. Regioninndeling: 1 = Østfold, Oslo, Akershus og Hedmark, 2 = Oppland, Buskerud og Vestfold, 3 = Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder, 4 = Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Nordland.

Region	Antall prøvetrær			Råtefrekvens (%)		
	6. takst (1986-1993)	7. & 8. takst (1995-2004)	Totalt	6. takst (1986-1993)	7. & 8. takst (1995-2004)	Totalt
1	4 172	2 150	6 322	10,3 (11,3)	8,7	9,7
2	2 781	2 572	5 353	11,3	9,9	10,6
3	1 101	1 045	2 146	9,4	6,4	7,9
4	2 569	1 582	4 151	9,7 (10,1)	6,3	8,4
Totalt	10 623	7 349	17 972	10,3	8,3	9,5

3.2 Sannsynlighetsmodellen

Den estimerte modellen er gjengitt i Tabell 2. Modellens tilpasning til datagrunnlaget er vurdert ved plotting av predikerte verdier mot gjennomsnittlig råtefrekvens for ulike kategorier av datasettet, gruppert på klasser av bestandsalder, bonitet, høyde over havet, vegetasjonstyper, temperatursum og geografiske regioner (Figur 1).

Modellen gir en økende sannsynlighet for råte med økende diameter i brysthøyde (DBH) og økende bestandsalder. Økningen med økende bestandsalder er imidlertid sterkest opp til 80 til 100 år, hvorpå modellen predikerer en gradvis mindre økning inntil en kulminasjon ved ca. 140 år. Kulminasjonen må imidlertid ses i sammenheng med at diameter i brysthøyde også inngår som en signifikant variabel i modellen. En økning i diameter med økende alder vil bidra til å øke den estimerte råtesannsynligheten som modellen gir.

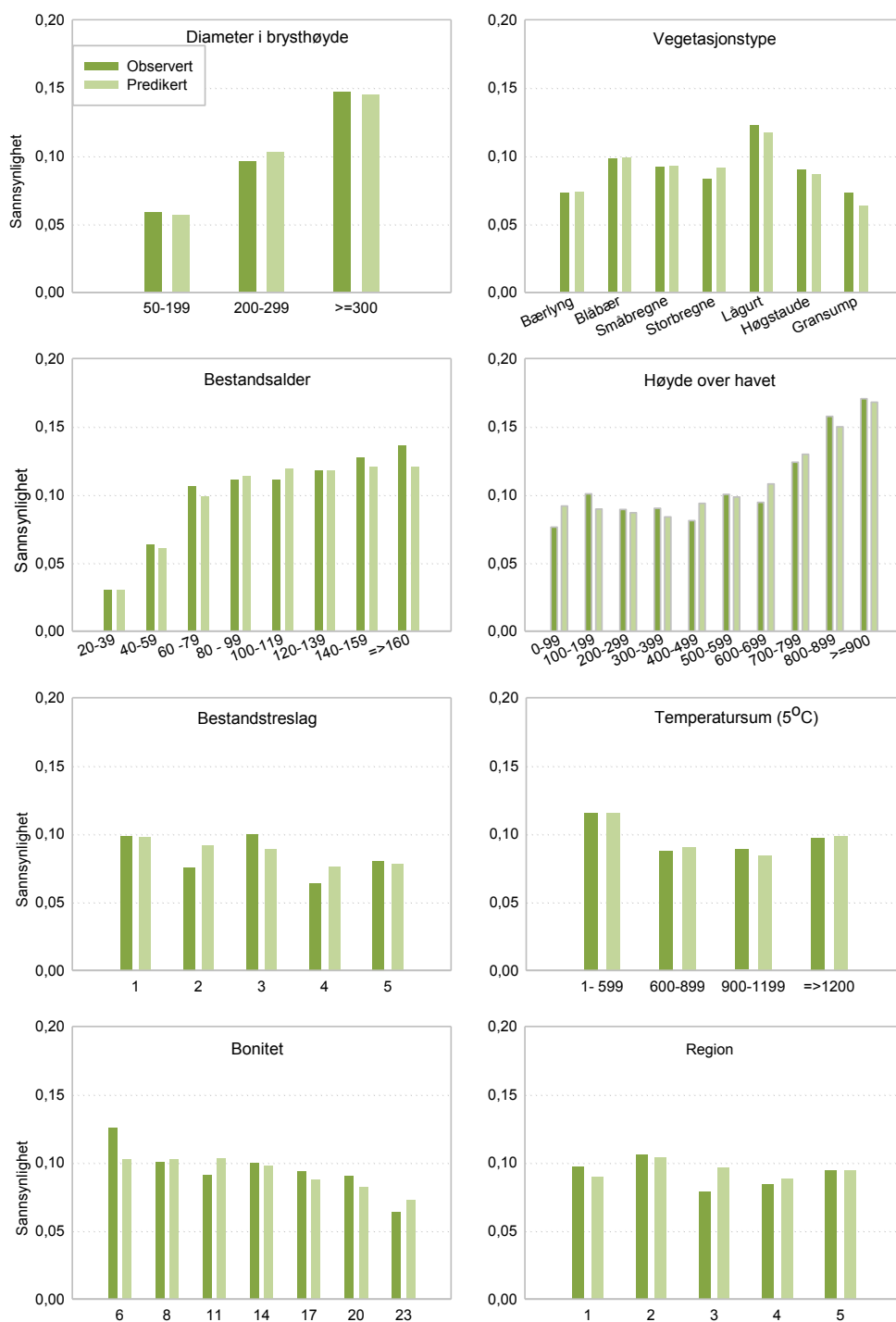
Tabell 2: Parameterestimat med standardfeil (SE) og teststatistikk for den estimerte sannsynligheten for råte i enkeltrær av gran.

	Parameterestimat	SE	Z	P> z
Intercept	-25,87433	3,267148	-7,92	<0,0001
ln(DBH)	0,8234295	0,0865865	9,51	<0,0001
ln(Bestandsalder)	6,922451	1,538114	4,50	<0,0001
(ln(Bestandsalder)) ²	-0,6996287	0,1779246	-3,93	<0,0001
Temperatursum (TSUM)	1,152129	0,2502118	4,60	<0,0001
Høyde over havet (HOH)	2,114301	0,4371892	4,84	<0,0001
TSUM*HOH	-1,63112	0,5736218	-2,84	0,004
VEG ₁	0,9250068	0,16488	5,61	<0,0001
VEG ₂	0,4394857	0,1070688	4,10	<0,0001
μ_j	1,255988	0,0619984		
Wald χ^2 (8 df)	321,10			
Log pseudolikelihood	-5212,8721			

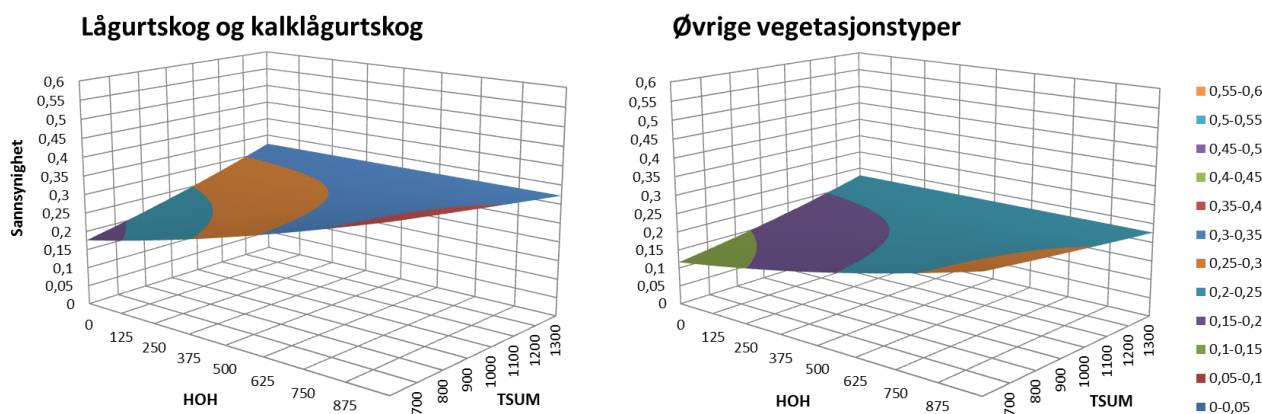
Merk: Parameteren VEG₁ anvendes for vegetasjonstypene *kalklågutskog* og *lågurtsskog* (Larsson 2005), og VEG₂ for øvrige vegetasjonstyper. Ved anvendelse av modellen må temperatursummen i vekstsesongen (> 5°C) og høyde over havet (meter) multipliseres med 10⁻³. Parameteren μ_j angir den tilfeldige effekten knyttet til grupperingen i cluster i datamaterialet.

Råtefrekvensen i datamaterialet økte med økende høyde over havet (Figur 1). Økningen er mest markant nær skoggrensa, mens vi fant liten forskjell mellom skog i lavlandet og midlere høydeler. I modellen gjenspeiles denne ikke-lineære sammenhengen ved at effekten av høyde over havet avhenger av temperatursummen (Tabell 2, Figur 2).

Både vegetasjonstype (Larsson 2005) og H₄₀-bonitet ble testet som forklaringsvariabler i modellen, både alene og sammen. Total råtefrekvens var høyest i lågurtsskog og kalklågurtsskog, og lavest i bærlyngskog og vegetasjonstyper på torvmark (Figur 1). Blåbærskog, småbregneskog, storbregneskog og høgstaudeskog lå nært gjennomsnittet for hele datamaterialet. Det var imidlertid kun de to førstnevnte vegetasjonstypene - lågurtsskog og kalklågurtsskog - som skilte seg ut signifikant i den multiple regresjonsmodellen (Tabell 2). I datamaterialet fant vi også en tendens til avtakende råtefrekvens med økende bonitet (Figur 1), men effekten av bonitet var ikke signifikant i modellen (p>0,10). Berggrunn- og jordsmonntype samt bestandstreslag og tetthet av gran i bestandet (grunnflatesum eller volum per hektar) gav heller ikke signifikant økt forklaringsgrad. Ingen av disse variablene ble derfor tatt inn i den endelige modellen.



Figur 1: Gjennomsnittlig observert (mørke grønne søyler) og predikert (lyse grønne søyler) sannsynlighet for råte i brysthøyde gruppert for diameterklasser, bestandsalder, bestandstreslag, bonitet, vegetasjonstyper, høyde over havet, temperatursum og region. Bestandstreslag: 1=granskog, 2=grandominert barblandingskog, 3=grandominert blandingskog, 4 = furuskog inkludert blandingskog dominert av furu, 5 =lauvtredominert skog inkludert blandingskog dominert av lauvtrær (definisjon i kap. 2.2). Regioninndeling: 1 = Østfold, Oslo, Akershus og Hedmark, 2 = Oppland, Buskerud og Vestfold, 3 = Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder, 4 = Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Nordland, 5 = Alle regioner. NB: Bonitet, bestandstreslag og region inngår ikke som variable i modellen, men vises likevel for å gi en indikasjon på modellens tilpasning til datagrunnlaget.



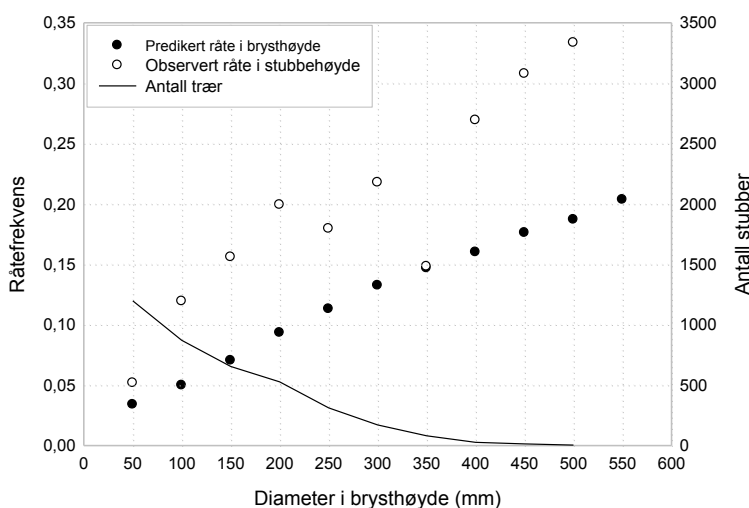
Figur 2: Samspilleffekt i modellen av høyde over havet (HOH, meter) og temperatursum (TSUM). Eksempellet viser råtessannsynlighet for enkelttrær i lågurtskog og kalklågurtskog (venstre del) og øvrige vegetasjonstyper (høyre del) når de andre variablene settes lik gjennomsnittet i datamaterialet (diameter 234 mm og bestandsalder 85 år). NB: Kombinasjoner av høytliggende skog og de høyeste temperatursummer i figuren vil ikke forekomme og er utenfor modellens gyldighetsområde.

3.3 Korreksjon for underestimering ved boring i brysthøyde

Ved å sammenligne prediksjonene fra modellen med råtrefrekvensen i stubber på landsskogflater (n=3 813) fikk vi i gjennomsnitt en underprediksjon med modellen på 63 prosent (Figur 3). Den estimerte korreksjonsfaktoren for å komme fram til total råde i stubbeavskjær (P_{total}) framgår av:

$$P_{total} = 1,576 \times P_{1,3}$$

hvor $P_{1,3}$ er den estimerte sannsynlighet for råde i brysthøyde. Den lineære sammenhengen var signifikant ($p < 0,001$, $F = 16,61$, $r^2 = 0,77$).



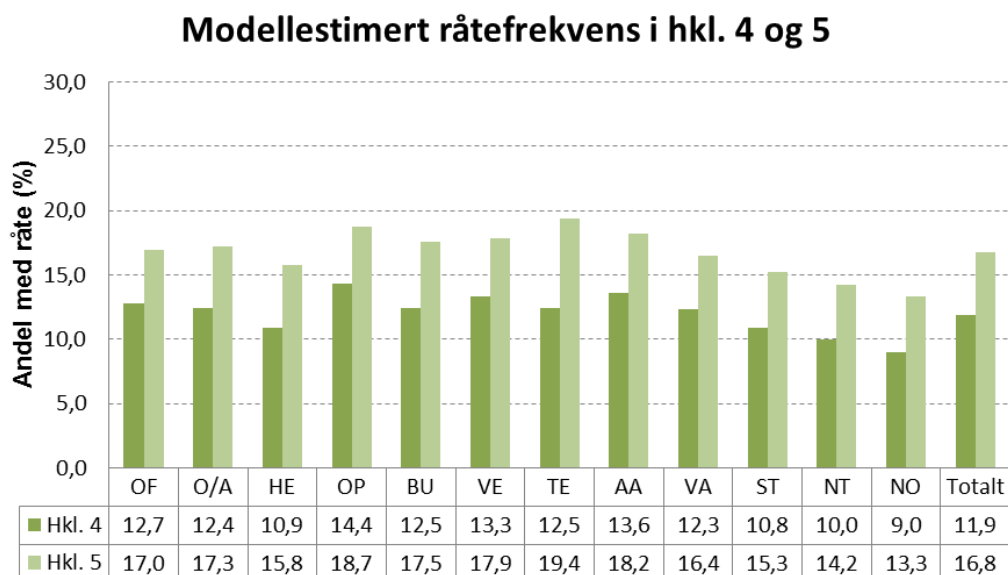
Figur 3: Sammenheng mellom råtrefrekvens i brysthøyde predikert med modellen og råtrefrekvens i stubber på permanente flater oppsøkt av Landsskogtakseringen 2010-2015. Hvert punkt representerer gjennomsnittet av alle observasjonene i en 5 cm-diameterklasse.

3.4 Modellbaserte estimater med utgangspunkt i Landsskogtakseringens 10. takstomdrev

Her gjengis resultater fra beregninger der vi har anvendt modellen til å estimere råteomfanget i dagens (gran)skog gitt den nåværende skogtilstand. Datasettet som vi har anvendt modellen på er enkeltrær registrert i Landsskogtakseringens 10. takstomdrev (2010-2014), avgrenset til produktiv granskog i de samme fylker som inngår i datagrunnlaget til modellen. Beregningene inkluderer også en sammenstilling av hvordan råtesannsynligheten i dagens skog utvikles ved bestandsaldre over og under nedre aldersgrense for hogstklasse 5 (kap. 3.4.5), og danner grunnlag for vurderinger rundt prioritering av bestand for avvirkning.

3.4.1 Estimert råtefrekvens i hogstklasse 4 og 5 – fylkesvis oversikt

Med utgangspunkt i modellen og dagens skogtilstand får vi en estimert råtefrekvens på 16,8 prosent i hogstklasse 5 og 11,9 prosent i hogstklasse 4 (Figur 4). Fylkene Oppland (begge hogstklasser) og Telemark (hogstklasse 5) peker seg ut med de høyeste estimatene, mens Hedmark samt fylkene nordafjells (Sør- og Nord-Trøndelag samt Nordland) kommer ut med lavest andel råte i begge hogstklassene.

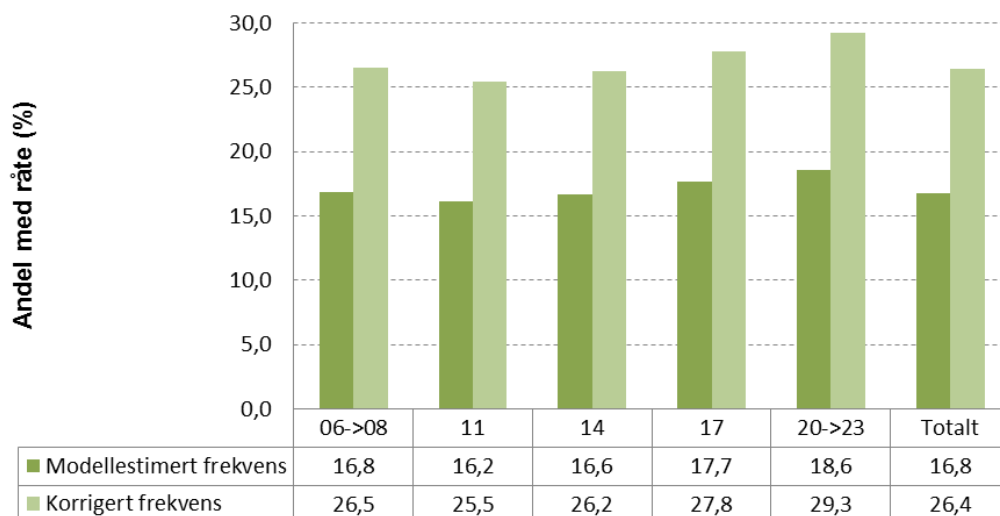


Figur 4: Gjennomsnittlig råtefrekvens i brysthøyde for gran i hogstklasse 4 og 5 i ulike fylker og totalt, som estimert av modellen uten korreksjon for underestimert av total råtefrekvens ved boring i brysthøyde. Utvalget omfatter permanente flater i granskog oppsøkt av Landsskogtakseringen i perioden 2010-2014.

3.4.2 Hogstklasse 5: Estimert råtefrekvens for ulike bonitetsklasser

Når en ser hele datamaterialet under ett, får vi generelt liten forskjell i predikert råte for ulike bonitetsklasser i hogstklasse 5 (Figur 5). Dert er likevel en svak tendens til høyere gjennomsnittlig predikert råtefrekvens i den mest produktive skogen.

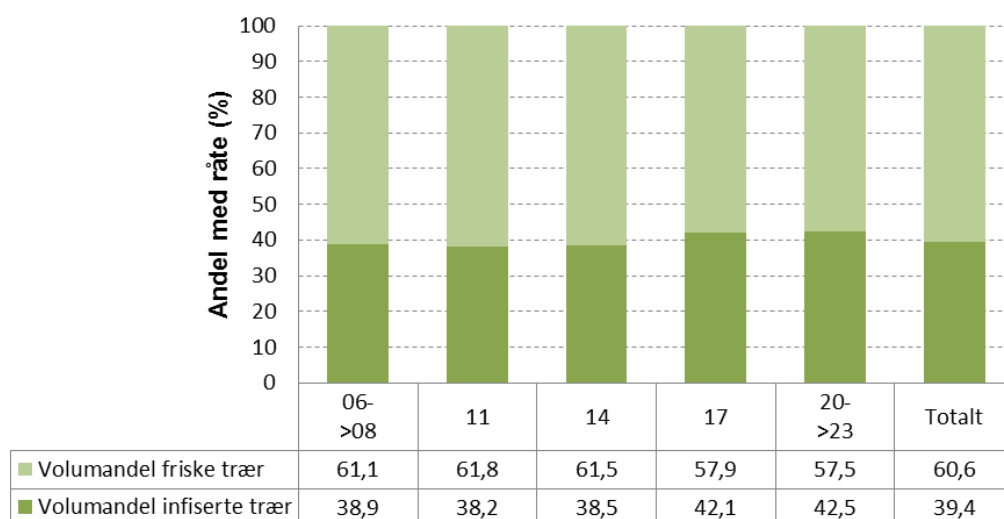
Hkl. 5: Estimert råtefrekvens med/uten korreksjon



Figur 5: Gjennomsnittlig råtefrekvens for gran i hogstklasse 5, henholdsvis som estimert av modellen og etter korreksjon for underestimert av total råtefrekvens ved boring i brysthøyde. Utvalget omfatter permanente flater i granskog oppsøkt av Landsskogtakseringen i perioden 2010-2014.

Ved å multiplisere volumet for det enkelte tre med treets råtesannsynlighet (korrigert for underestimert ved boring i brysthøyde), får vi et estimat på hvordan stående volum fordeler seg mellom infiserte og friske trær (Figur 6). Ut fra dette kommer vi til at nærmere fire tideler av det totale granvolumet i hogstklasse 5 er i trær infisert av råte. Det påpekes at andelen som inngår som «infiserte trær» her omfatter hele treets volum, slik at andelen av et totalt avvirkningskvantum som må nedklassifiseres grunnet råte vil være vesentlig lavere.

Hkl. 5: Volum fordelt på friske og infiserte trær



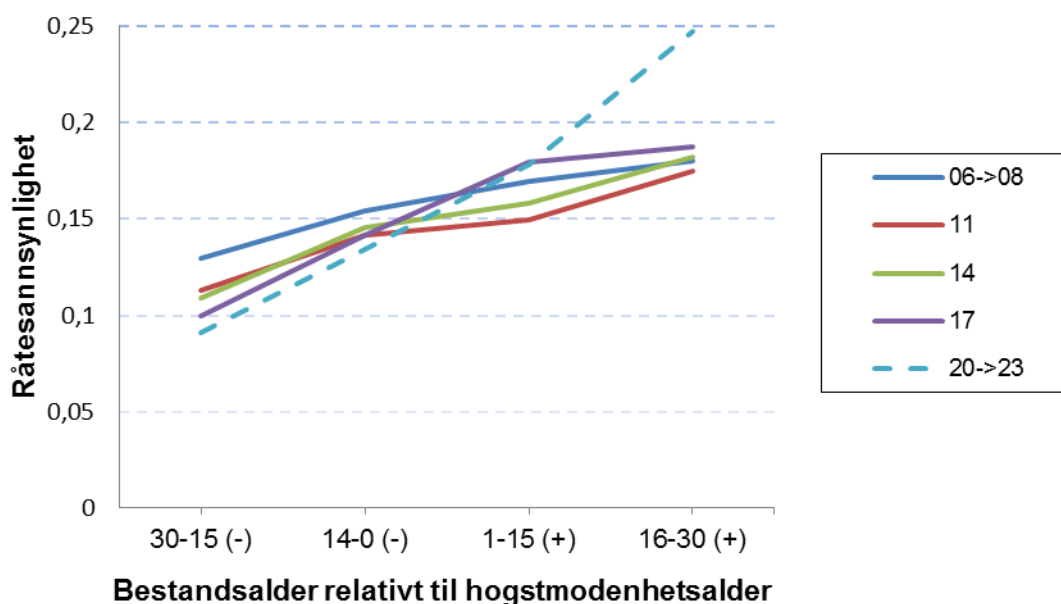
Figur 6: Andeler av totalt volum i hogstklasse 5, fordelt på friske og infiserte trær, beregnet med utgangspunkt i gjennomsnittlig råtefrekvens estimert med modellen, korrigert for underestimert av total råtefrekvens ved boring i brysthøyde. Utvalget omfatter permanente flater i granskog oppsøkt av Landsskogtakseringen i perioden 2010-2014.

3.4.3 Råtefrekvens relativt til hogstmodenhetsalder

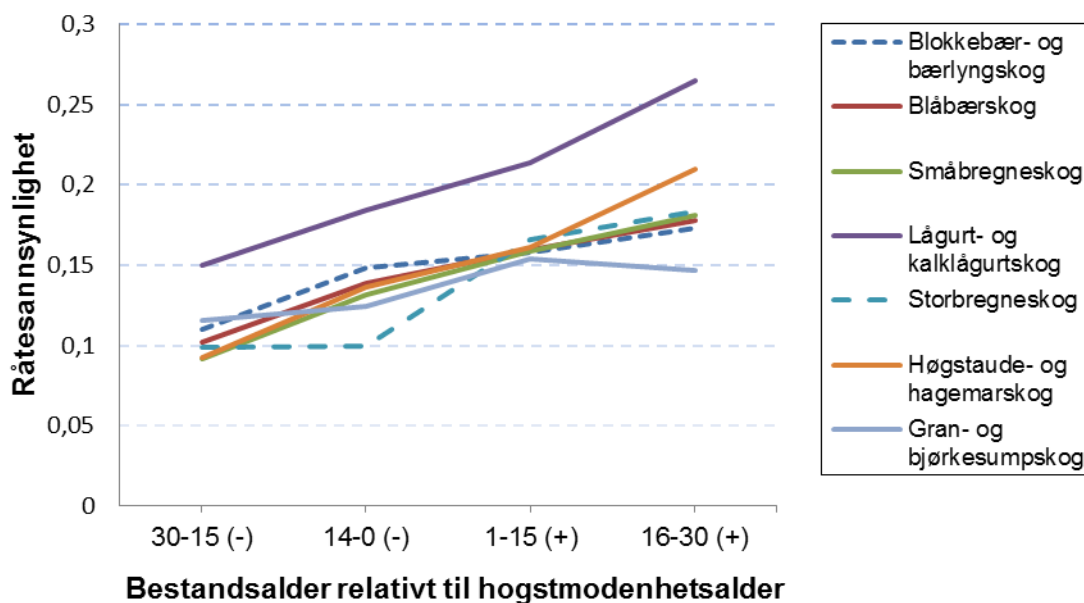
Bonitet inngår som nevnt ikke som en signifikant forklaringsvariabel i modellen, men ved at kombinasjoner av andre variabler som inngår i modellen indirekte kan ventes å uttrykke en bonitets effekt, vil det likevel være interessant å se på hvordan den estimerte råtefrekvensen varierer med boniteten i ulike aldersklasser. Gjennomsnittlig råtefrekvens for ulike bonitetsklasser (uten korreksjon) er i Figur 7 sammenstilt mot bestandsalder, omregnet relativt til nedre aldersgrense for hogstklasse 5. Datagrunnlaget som vi har anvendt er her avgrenset til granskog innenfor et aldersspenn fra 30 år yngre til 30 år eldre enn nedre aldersgrense for hogstklasse 5.

Modellberegningen viser at boniteten isolert sett er et lite egnet som kriterium for prioritering av avvirkningsobjekter dersom en ønsker å ta hensyn til råtesannsynligheten. Vi får riktig nok for den «eldste» skogen en høyere estimert råtefrekvens for bonitet 20 og bedre. Denne gruppen er imidlertid representert med relativt få trær i datamaterialet som vi har kjørt modellen på, slik at det ikke er grunnlag for å trekke entydige konklusjoner.

Resultatene viser imidlertid klart at granskog som vokser på vegetasjonstypene lågurtskog inkludert kalklågurtskog kan forventes å ha høyere råtefrekvens enn øvrig granskog, ved lik alder relativt til hogstmodenhetsalder (Figur 8). Slik skog vil derfor være dårligere egnet for overholdelse enn skog på de andre vegetasjonstypene.



Figur 7: Gjennomsnittlig råtefrekvens estimert med modellen, gruppert på bonitetsklasser og klasser av bestandsalder relativt til hogstmodenhetsalder. Utvalget omfatter permanente flater i granskog oppsøkt av Landsskogtakseringen i perioden 2010-2014, avgrenset til skog som er inntil 30 år yngre (-) eller eldre (+) enn nedre aldersgrense for hogstklasse 5. NB: Det er her ikke korrigert for underestimert av total råtefrekvens ved boring i brysthøyde.



Figur 8: Gjennomsnittlig råtefrekvens estimert med modellen, gruppert på vegetasjonstyper og klasser av bestandsalder relativt til hogstmodenhetsalder. Utvalget omfatter permanente flater i granskog oppsøkt av Landsskogtakseringen i perioden 2010-2014, avgrenset til skog som er inntil 30 år yngre (-) eller eldre (+) enn nedre aldersgrense for hogstklasse 5. NB: Det er her ikke korrigeret for underestimering av total råtefrekvens ved boring i brysthøyde.

3.5 Lokal råtefrekvens sammenholdt med kjemi i vassdrag

Korrelasjonsanalyser viste en sammenheng mellom konsentrasjoner av visse elementer og råte på vassdragsnivå, når vi enten korrelerte mot faktisk (observert) råtefrekvens og/eller mot den uforklarte restvariasjonen i råtefrekvens predikert med modellen (residualanalyse) (Tabell 3). Et fellestrekk for de korrelasjonene som var signifikante på minst 10%-nivå, er at de fleste var negative (økt konsentrasjon = redusert råte). Blant disse elementene tilhører de fleste (Fe, Ti, Cu, Co og Zr) kategorien transisjonsmetaller i periodesystemet, mens Mg er et jordalkalimetall. Kun P, som er et ikke-metall, var signifikant positivt korrelert med råte.

Tabell 3: Elementkonsentrasjoner (parts per million, ppm) på vassdragsnivå (n=24) med gjennomsnitt, standardavvik, minimum og maksimum, samt korrelasjon mellom gjennomsnittlig elementkonsentrasjon og råtedata. Korrelasjonskoeffisienter (r) for de enkelte elementkonsentrasjoner er beregnet både for gjennomsnittlig råtefrekvens på landsskogflatene («obs»), og mot avvik mellom observert («obs.») og modellestimert («res») råtefrekvens. P-verdier er merket med (*) dersom korrelasjonen er signifikant på 10 % nivå, og med (**) dersom signifikant på 5 % nivå.

Element	Middel	St.avvik	Min.	Max.	r (obs.)	P (obs.)	r (res.)	p (res.)
Al	7484,28	1741,713	4249,02	11289,47	-0,2118	0,3320	-0,3085	0,1521
Fe	12041,21	4290,691	6193,694	26594,74	-0,3337	0,1197	-0,4412	0,0351**
Ti	851,5858	352,9051	560,397	2328,71	-0,2823	0,1918	-0,3678	0,0842*
Mg	3885,634	1241,237	2084,746	7036,842	-0,2713	0,2106	-0,3818	0,0722*
Ca	4267,312	796,1847	3272,807	6860,256	0,2211	0,3106	0,1508	0,4922
K	714,6471	163,6721	472,5721	1105,303	0,1122	0,6104	0,1277	0,5615
Mn	308,2696	167,8787	137,3135	777,8627	-0,2505	0,2490	-0,3463	0,1055
P	600,219	105,7489	435,6584	848,1733	0,5564	0,0058**	0,5327	0,0089**
Cu	9,590619	3,966089	3,385586	18,18355	-0,2662	0,2196	-0,3585	0,0930*
Zn	24,35791	8,376363	11,07928	47,13161	-0,2212	0,3104	-0,3020	0,1613
Ni	10,70578	4,87027	4,528829	24,73774	-0,1956	0,3718	-0,2982	0,1669
Co	8,03925	3,060086	4,030631	17,62632	-0,3009	0,1630	-0,4177	0,0473**
V	23,58589	5,924244	15,43694	41,82632	-0,1852	0,3975	-0,2966	0,1693
Cr	18,20651	7,727991	8,085849	44,1	-0,0466	0,8327	-0,1537	0,4839
Sr	24,79684	9,362485	10,76667	55,54811	-0,0534	0,8088	-0,0830	0,7064
Zr	5,164262	1,878168	2,888889	10,48947	-0,3614	0,0902*	-0,3952	0,0620*
B	2,574282	0,6486082	1,408252	3,807419	0,266	0,2199	0,2899	0,1797
Li	6,381084	1,811439	3,00991	9,315789	-0,1126	0,6091	-0,1645	0,4533
Sc	2,530797	0,3173517	1,80566	3,249645	0,1394	0,526	0,0209	0,9244
Ce	33,11191	5,955341	19,76769	45,12447	0,1837	0,4015	0,2513	0,2473

4 OPPSUMMERING OG DISKUSJON

Den totale råtefrekvensen i hele datamaterialet som ble anvendt for å lage modellen var på 9,5 prosent. Dette er noe høyere enn den gjennomsnittlige råtefrekvensen på 7,9 prosent som ble funnet av Huse (1983), i en undersøkelse av borprøver fra Landsskogtakseringen 1964-1976. Vi kan imidlertid ikke ut fra dette konkludere entydig at råtefrekvensen i norsk skog er økende. Dette blant annet med utgangspunkt i at det i datamaterialet fra perioden 1986-2004 ser ut til å heller være en viss fallende tendens over tid, når en sammenligner råtefrekvensen fra borprøver innsamlet i henholdsvis første og siste del av denne perioden innen samme regioner.

Resultater som ble presentert av Huse (1983) var basert på et omfattende datamateriale (105 000 grantrær) og råtefrekvens ble framstilt som gjennomsnitt for ulike undergrupper av datasettet. I dette materialet ble det også vist til mange av de samme sammenhenger som vi får med den nye modellen. Han viser bl.a. en klar effekt av diameter i brysthøyde og alder på skogen, med en sterk økning med alderen opp til aldersklassen 61-80 år med påfølgende utflating. I hans datamateriale var det imidlertid en viss tendens til økning igjen av råtefrekvensen i skog med alder over 120 år. Et lignende forløp med gradvis utflating ved om lag 70-90 års alder framgår også i en studie basert på data fra den svenske Riksskogtakseringen (Thor m. fl. 2005).

Vi fikk ikke noen signifikant sammenheng i modellen mellom bonitet og råtefrekvens. Dette i motsetning til Thor m.fl. (2005), som utarbeidet en nasjonal prediksjonsmodell for svenske forhold hvor boniteten kunne forklare en del av variasjonen i råtefrekvens. De viser imidlertid til flere studier som illustrerer at litteraturen ikke er samstemt med hensyn på boniteteffekten. De påpeker også at effekten av bonitet kan være utfordrende å tolke, grunnet bonitetenes samvariasjon med andre variabler slik som diameter i brysthøyde og høyde over havet. Videre vil deler av variasjonen knyttet til bonitet fanges opp av vegetasjonstypen, samt klimaforholdene på lokaliteten. Huse (1983) fant heller ingen entydig sammenheng mellom råte og bonitet i det norske datamaterialet, men kunne dog notere høyest råtefrekvens på de laveste og høyeste bonitetene. Et tilsvarende resultat ble også funnet i den landsdekkende stubberegistreringen som ble utført tidlig på 90-tallet (Huse m.fl. 1992)

Flere tidligere undersøkelser der sannsynligheten for råte i enkelttrær eller bestand er modellert ved hjelp av multippel regresjonsanalyse har vist en signifikant sammenheng med egenskaper knyttet til berggrunn, jordtekstur eller jordtype. I den svenske modellen utviklet av Thor m. fl (2005) inngår for eksempel jordtekstur, mens det høyeste råteomfanget i en modell basert på data fra den ovenfor nevnte norske stubbeundersøkelsen (Stamnes m. fl. 2000), ble knyttet til hav- og fjordavsetninger og kalkrik berggrunn. Ingen av disse modellene har imidlertid vegetasjonstype som forklaringsvariabel, i motsetning til modellen vi har utarbeidet og som predikerer høyest råtefrekvens i lågurtskog inkludert kalklågurtskog. Vegetasjonstypen vil opplagt være delvis overlappende med egenskaper knyttet til geologi og løsmasser (for eksempel kalkinnhold og jordtekstur), samt for eksempel humustykkelse og graden av podsolering, som har vist seg være korrelert med råteomfanget i andre undersøkelser (Huse 1983).

En vesentlig faktor i råtesammenheng er tidligere tynningsinngrep, som i betydelig grad vil kunne påvirke råteomfanget (Mäkinen m. fl. 2007, Mattila og Nuutinen 2007). Det faktum at vi ikke kjenner behandlingshistorikken på de temporære prøveflatene, medfører at det er sannsynlig at modellen vil underestimere råtefrekvensen i skog der det har vært utført tynningsinngrep eller annen skogbehandling som har gitt inngangsporter for infeksjon gjennom stubber og sår på trærnes stamme eller røtter.

Vi fant i vårt datamateriale ingen signifikant effekt på råtefrekvens av treslags sammensetning (bestandstreslag) eller tetthet av gran i bestandet (uttrykt ved volum eller grunnflatesum). Dette var noe overraskende gitt resultatene fra flere andre studier som viser til minsket råtefrekvens i gran ved økt innblanding av andre treslag i bestandet (Huse m.fl. 1992, Lindèn og Vollbrecht 2002, Thor m.fl. 2005). Vi hadde også forventet en lavere råtefrekvens med redusert tetthet i bestandet, under en antakelse om at dette vil føre til mindre grad av rotkontakt mellom friske og infiserte trær. I

motsetning til en slik antakelse står imidlertid resultatene til Huse (1983), som viser en høyere hyppighet av råte i bestand med utilfredsstillende tetthet (b-bestand), sammenlignet med bestand med tilfredsstillende tetthet. Det er vanskelig å si noe sikkert om hvorfor vi ikke fant noen effekt av tetthet av gran. En mulig forklaring kan være at dette kan være en følge av tidligere tetthetsreducerende tynningsinngrep. Isolert sett kan slike inngrep gi høyere frekvens av råte gjennom infeksjoner via stubber og hogstrelaterte skader, samtidig som slike bestand i dataene fra Landsskogtakseringen i gjennomsnitt vil framstå som mere «glisne». For å kunne skille ut slike effekter fra hverandre i modelleringssammenheng vil det være nødvendig å kjenne både behandlingshistorikk og tettheten i bestandet.

Korrelasjonsanalysene mot aggregerte elementkonsentrasjoner i vassdrag ga signifikant utslag for flere av elementene vi testet på. De fleste råtesoppene som går i kjerneveden i gran hører til gruppen «hvitråte» (pers. med. Halvor Solheim). Hvitråtesopper er avhengig av sporstoffer av metaller som blant andre Cd, Mn, Co, Fe, Mo, Zn, Cr og Ag for å vokse, men disse metallene er også toksiske når konsentrasjonene bare er noen få ganger større enn det som kreves (Baldrian 2003). I undersøkelsen til NGU var det områder med relativt høye konsentrasjoner av disse sporstoffene – så spørsmålet er om jorda lokalt inneholder så store konsentrasjoner av metaller at soppen ikke trives, og igjen fører til at grantrærne er mindre utsatt for infeksjon enn grantrær i områder med lavere konsentrasjoner. Selv om toksiske effekter på sopp av ulike metaller er beskrevet i litteraturen (se for eksempel litteraturgjennomgang av Gadd (1993)), er betydningen i skoglig sammenheng lite undersøkt.

Mens alle metallene som ga signifikant utslag førte til redusert råtefrekvens med økende konsentrasjon, fant vi en økt råtefrekvens med økt konsentrasjon av fosfor (P). Generelt kan P antas å være mindre løselig i organisk jord og sur humus (Brække 1999), som karakteriseres av lav pH. Vår hypotese er derfor at konsentrasjoner av P i sedimentprøvene (og råteomfanget) kan gjenspeile lokale variasjoner i pH på vassdragsnivå. Da høy pH også har blitt koblet til økt råteomfang (f.eks. Holmen 1973), tror vi at den observerte korrelasjonen i våre data snarere gjenspeiler en effekt av pH enn en direkte virkning av P på soppene som sådan. I sørlige deler av Norge er tilgjengelig P i skogsjord også satt i sammenheng med nærhet til kysten, uten at vi kan se noen slik klar tendens, ved visuell bedømming av kartplott med målte konsentrasjoner gjengitt i Sæter (1987).

Det mest opplagte anvendelsesområdet for den utviklede råtefrekvensmodellen vil være i sammenheng med analyser på regionalt og nasjonalt nivå. Vi ser imidlertid også et potensiale for å anvende modellen i sammenheng med operasjonell skogbruksplanlegging på eiendomsnivå («råtekalkulator»). Et spørsmål er da hvorvidt en modell utarbeidet på grunnlag av et landsdekkende datasett vil gjenspeile lokale variasjoner i råteomfang innenfor et gitt område med et presisjonsnivå som er tilfredsstillende. For å klarlegge dette vil det være nødvendig å teste modellen på nye uavhengige data – fra et betydelig antall bestand med god geografisk spredning og fortrinnsvis med kjent behandlingshistorikk. Dette vil også bidra til å belyse effekter av inngrep i bestand bedre enn det det foreliggende datasettet gir mulighet til. Resultatene illustrerer imidlertid også at noe av den uforklarte variasjonen vi får ved å anvende den nasjonale modellen på skog i et avgrenset område, kan forklares av kjemiske egenskaper på vassdragsnivå. Dette er en interessant problemstilling som vi mener bør undersøkes nærmere.

LITTERATURREFERANSER

- Baldrian, P. (2003). Interactions of heavy metals with white-rot fungi. *Enzyme and Microbial Technology* 32:78-91.
- Brække, F. H. (1999). Drainage, liming and fertilization of organic soils. II. Distribution of macro elements and heavy-metal accumulation. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 14:67-77.
- Gadd, G. M. (1993). Interactions of fungi with toxic metals. *New Phytologist* 124:25-60.
- Holmen, E. (1973). Forekomst av råte i gammel granskog på ulike voksesteder i Oslo-området, råtens utbredelse og symptomer. Hovedoppgave ved Norges Landbrukshøgskole. 51 s.
- Huse, K. J. (1983). Forekomst av råte i norsk granskog. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 3:1-39.
- Huse, K. J., Solheim, K. & Venn, K. (1992). Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. Rapport fra Skogforsk 23:1-26.
- Isomäki, A. & Kallio, T. (1974). Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce. *Acta Forestalia Fennica* 137:1-24.
- Kallio, T. & Tamminen, P. (1974). Decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Åland islands. *Acta Forrestalia Fennica* 138.
- Larsson, J. Y. (2005). Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog. Ny utgave 2005. NIJOS håndbok 1. 120 pp. ISBN-82-7464-346-1.
- Mäkinen, H. & Hallaksela, A. M. & Isomäki, A. (2007). Increment and decay in Norway spruce and Scots pine after artificial logging damage. *Canadian Journal of Forest Research* 37:2130-2141.
- Mattila, U. & Nuutinen, T. (2007). Assessing the incidence of butt rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica* 41:29-43.
- Sæter, O. M. (1987). Geokjemi i Nord-Trøndelag – en regional oversikt. NGU-rapport 87.082.
- NGU (2016). Datasett og nedlasting.
<http://www.ngu.no/emne/datasett-og-nedlasting> (31.01.2016).
- NVE (2016). Nedbørfelt (REGINE).
<https://www.nve.no/karttjenester/kartdata/vassdragdata/nedboerfelt-regine> (31.01.2016).
- Stamnes, V.A.G., Solberg, S. & Solheim, H. (2000). En analyse av råtefrekvens i eldre granskog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer. Rapport fra Skogforsk 17:1-16.
- Solberg, S., Aamlid, D., Tveito, O. E. & Lystad, S. (2015). Increased needlefall and defoliation in Norway spruce induced by warm and dry weather. *Boreal Environment Research* 20: 335-49.
- Stenlid, J. & Wästerlund, I. (1986). Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1:303-308.
- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2005). Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 20:165-176.

ETTERORD

Nøkkelord:	Gran, Landsskogtakseringen, Metaller, Modeller, Picea abies, Rotråte, Råtesopper
Key words:	Models, National Forest Inventory, Metals, Norway spruce, Picea abies, Root rot, Wood-decaying fungi
Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:	

NOTATER

NOTATER

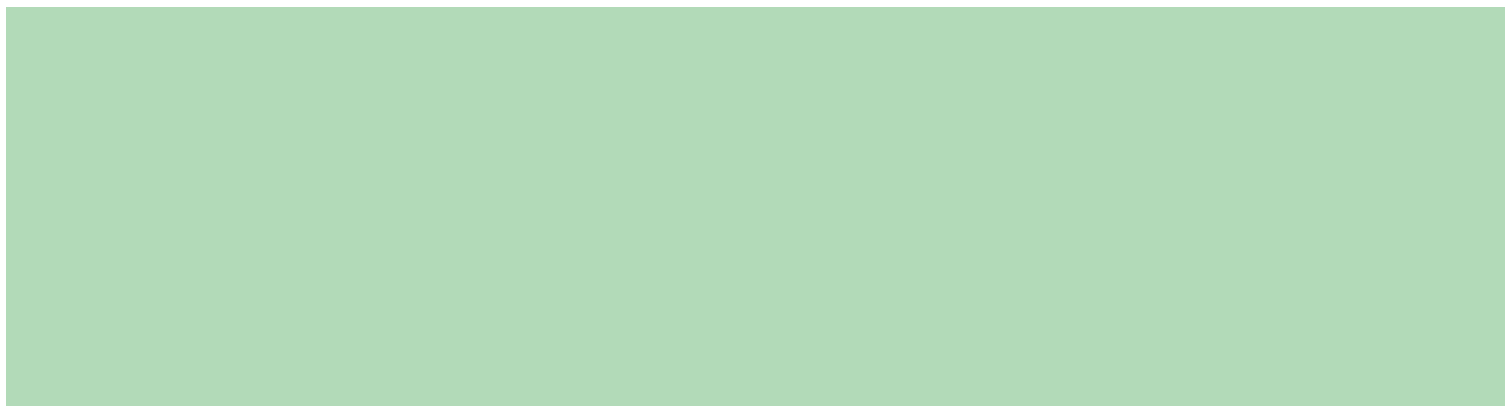


Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.



Forsidefoto: John Yngvar Larsson / NIBIO