



RAPPORT SKOG

Skogsskötsel i södra Sverige

- Slutrapport från FRAS-programmet 2017-2022

Vetenskapliga redaktörer: Erika Olofsson, Karin Hjelm, Mattias Berglund |

Nr 5 | 2022

Rapport Skog 2022:5

Vetenskapliga redaktörer: Erika Olofsson (Linnéuniversitetet), Karin Hjelm (Sveriges lantbruksuniversitet), Mattias Berglund (Skogforsk)

Vid citering uppge: Olofsson, E., Hjelm, K., Berglund, M. (red.). 2022. Skogsskötsel i södra Sverige - Slutrapport från FRAS-programmet 2017-2022. Rapport Skog 2022:5. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. 52 sidor.

Utgivningsår: 2022, Umeå.

Utgivare: SLU, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Ansvarig utgivare: Göran Ericsson, dekan, Fakulteten för skogsvetenskap, SLU.

Layout och textredigering: Mats Hannerz, Silvinformation AB

Grafisk form: Michael Kwick, SLU

Omslagsfoto: FRAS-exkursion i norra Småland, ett av många möten mellan forskning och praktik. Foto: Mats Hannerz.

ISBN: 978-91-576-9860-5 (elektronisk), 978-91-576-9859-9 (tryckt)

Förord – programledningen

Forskningsprogrammet FRAS, Framtidens skogs-skötsel i södra Sverige, går mot mål efter att ha varit verksamt sedan hösten 2017. Tre av de sex antagna doktoranderna har framgångsrikt försvarat sina avhandlingar. En disputerar under hösten 2022 och två av doktoranderna kommer att lägga fram sina avhandlingar under våren 2023. I den här slutrapporten presenterar de några exempel från sina doktorandarbeten. Forskningen inom varje doktorandprojekt har dock varit bredare än så, och många resultat har kommunicerats både vetenskapligt och populärt i andra fora. I slutet av rapporten finns en sammanställning av den publicering och annan kommunikation som har genererats i programmet. Artiklarna i rapporten har granskats av handledare och programledningen.

FRAS är ett unikt forskningsprogram genom det nära samarbetet mellan Sveriges lantbruksuniversitet, Linnéuniversitetet och Skogforsk. Alla organisationer har haft två doktorander var knutna till sig, men handledarskapet har fördelats mellan organisationerna. Det har bidragit till att stärka forskningssamarbetet i södra Sverige, och inte minst de kontakter och nätverk som doktoranderna har fått del i. FRAS har också haft en tät samverkan med skogssektorn i södra Sverige, både genom att företag och stiftelser har bidragit till finansieringen och att de löpande har tagit del av forskningen.

Här vill vi passa på att tacka följande medfinansiärer: Södra Skogsägarnas Stiftelse för Forskning Utveckling och Utbildning, Stiftelsen Skogssällskapet, Sveaskog Förvaltnings AB, Stiftelsen Seydlitz MP bolagen, Rappe- von Schmitterlöwska Stiftelsen, Vida AB, Prästlönetillgångar i Växjö stift, Häradsmarken AB, Linköpings Stift Prästlönetillgångar, Boxholms Skogar AB, Prästlönetillgångarna i Skara stift, Göteborgs Stifts Prästlönetillgångar, Västra Sveriges Skogsvårdsförbund samt Lunds Stifts Prästlönetillgångar. Vi riktar också ett särskilt tack till Seydlitz MP bolagen och Västra Sveriges Skogsvårdsförbund som har hjälpt till att finansiera denna slutrapport.

Alnarp, Växjö och Ekebo
augusti 2022

Karin Hjelm, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Erika Olofsson, Inst. för skog och träteknik,
Linnéuniversitetet

Mattias Berglund, Skogforsk



Förord – ledningsgruppen

Att ett förändrat klimat kräver förändrad skogsskötsel är nog de flesta överens om. Likaså att södra Sveriges skogar är synnerligen viktiga för ekologi, natur- och sociala värden. Då skogsskötsel innebär att sköta skog mot uppsatta mål innebär detta också att skogsskötseln måste förändras då vi ser att skogsägarnas mål för sitt brukande ändras.

För att kunna sköta skogarna så att de ger önskade värden både idag och i framtiden krävs kunskap, kompetens och långsiktighet inom många områden. I detta arbete har forskningsprogrammet FRAS varit en viktig pusselbit inte minst för att utveckla samarbetet mellan de ingående forskningsinstitutionerna. FRAS har dessutom bidragit till att utbilda en ny generation skogsskötselforskare med kunskap om praktisk skogsskötsel samt att sprida kunskap om skogsskötselämnet.

I programmet har de tre ingående forskningsinstitutionerna (LNU, SLU och Skogforsk) på ett bra sätt lyckats samarbeta mot gemensamma mål under hela programperioden. Dessa organisationer

har tillsammans med en bred grupp av finansiärer satsat en betydande summa (tillsammans drygt 25 miljoner kr) för att genomföra programmet.

Styrningen av programmet har skett via en ledningsgrupp bestående av representanter för finansiärerna, programledningen. Under hela perioden har undertecknad verkat som ordförande. Jag vill härmed rikta ett varmt tack till ledningsgruppen, inklusive programledningen, för ett mycket bra och konstruktivt samarbete, som dessutom skett med ett starkt engagemang.

Växjö augusti 2022

Göran Örlander
Ordf. Södras forskningsstiftelse

Innehåll

Förord – programledningen	3
Förord – ledningsgruppen	4
Innehåll	5
1. Inledning: FRAS-programmet	7
1.1. Hur och varför startades programmet?	7
1.2. FRAS-programmet – en samlingspunkt	7
1.3. Nya resultat och ökad kompetens	8
1.4. Forskningen kommuniceras	9
2. Användarna om skoglig forskning	10
2.1. "Hur ska vi utnyttja skogens potential?"	10
2.2. "Vi jobbar med långa tidsperspektiv"	11
2.3. "Bryt upp barriären mellan jord- och skogsbruk"	12
2.4. "Forskningen ska ständigt ompröva gängse uppfattningar"	13
3. FRAS-doktoranderna	14
3.1. Delphine Lariviere	14
3.2. Mostarin Ara	14
3.3. Mikolaj Lula	15
3.4. Grace Jones	15
3.5. Magnus Persson	15
3.6. Per Nordin	15
4. Blandskogsröjning gynnar både vilt och virke	16
4.1. Försök i ungskog med gran och björk	17
4.2. Alla röjningsalternativ var positiva för granen	17
4.3. Björken producerar mycket foder	17
4.4. Slutsatser för praktiskt skogsbruk	18
4.5. Referenser	18
5. Tallens volymproduktion högre än vi trott	19
5.1. Över 100 trädslagsjämförelser	20
5.2. Stor potential för mera tall	20
5.3. Enformigt trädslagsval	20
5.4. Referenser	21
6. Produktion och mångfald i samma skog – hur eken kan få hjälp i granskogen	23
6.1. Hagmarksekar i granplanteringar	23
6.1. Försök anlagt 2008	24
6.2. Ekens vitalitet	24
6.3. Kärlväxter	25
6.4. Vedlevande skalbaggar	25
6.5. Granens produktion	25

6.6. Slutsatser	25
6.7. Referenser	26
7. Björken har potential – dags att lyfta virkesegenskaperna	27
7.1. Vad vet vi om björkens virkesegenskaper?	28
7.2. Studier i Brunsberg, Hyssna och Nybro	29
7.3. Våra resultat	29
7.4. Slutsatser	30
7.5. Referenser	30
8. Skötsel på pixelnivå – ett effektivare skogsbruk?	33
8.1. Beståndsvariation och skötsel	33
8.2. Precisionskogsbruk	34
8.3. Precisionsgallring jämfört med beståndsgallring	34
8.4. Resultat och diskussion	35
8.5. Har precisionsgallringen en framtid?	36
8.6. Referenser	37
9. Ståndortsanpassning på riktigt - bättre förnygring med digital information	39
9.1. Markberedning och valet av planteringspunkt	40
9.2. Markfuktighetskarta som vägledning	40
9.3. Praktisk användning och vikten av information	42
9.4. Referenser	42
10. Tall under skärm – en möjlig metod för södra Sverige	43
10.1. Skärmförsök i Tagel	43
10.2. Nackdelar med för tät skärm	44
10.3. Torrsmaren 2018 kan vara en försmak av framtiden	44
10.4. Referenser	44
11. Publikationer och kommunikation från FRAS-programmet	46
11.1. Vetenskapliga artiklar, rapporter och avhandlingar	46
11.2. Populärvetenskaplig publicering och nyheter	47
11.3. Seminarier och workshops	50
11.4. Exkursioner	50
11.5. Medverkan vetenskapliga aktiviteter	50
11.6. Medverkan populärvetenskapliga aktiviteter	50

1. FRAS-programmet, inledning

Erika Olofsson, Karin Hjelm och Mattias Berglund

1.1. Hur och varför startades programmet?

Diskussionerna om att bygga upp ett forskningsprogram om skogsskötsel i södra Sverige påbörjades 2016 och hösten 2017–våren 2018 kunde programmet *Framtidens Skogsskötsel i Södra Sverige* (FRAS) starta upp. Det fanns flera starka motiv för ett sådant program. Primärt fanns ett behov av mer kunskap om de skogsskötselutmaningar skogsbruket står inför med allt fler krav på skogen att producera råvaror till skogsindustrin, erbjuda sociala värden och att bevara och utveckla natur- och kulturvärden. Sedan 1990-talet har den generella naturhänsynen ökat. Skogarna har förändrats och idag finns en större variation i trädslag och strukturer. Därmed fanns också ett behov av mer kunskap om hur dessa mer variationsrika skogar ska skötas och vidareutvecklas.

De senaste åren har stora tekniska framsteg gjorts när det gäller att samla in data från skog och mark, men mer kunskap behövdes om hur den nya tekniken och de nya datakällorna kan integreras i skogsskötseln. Forskningsprogrammet fokuserade därför ämnesmässigt på två teman: att utveckla ett varierat skogsbruk, där skogsbrukare ska erbjudas diversifierade skötselstrategier med hänsyn till olika mål, och att öka användningen av digitala datakällor med syftet att uppnå en mer diversifierad och anpassad användning av olika skötselåtgärder både inom och mellan bestånd.

1.1.1. Det saknades ett nätverk

Ett motiv för FRAS var samverkan mellan akademi och skogsnäring. Upplevelsen var att det saknades ett nätverk i södra Sverige där forskare och skogsnäring kunde samlas och diskutera viktiga skötselfrågor. Ett sådant nätverk sågs kunna öka medvetenheten i skogsnäringen om forskningens villkor och betydelse, ge en ökad insikt inom akademien om vilka frågor praktiken står inför, samt öka motivationen i forskningen genom frågor

som är relevanta för skogsnäringen. Ytterligare ett motiv var samverkan mellan forskningsorganisationer.

I södra Sverige finns idag inom skog tre stora forskningsorganisationer: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Linnéuniversitetet (LNU) och Skogforsk. FRAS var den första stora satsningen, ett pilotprojekt, där alla dessa tre organisationer för första gången gick samman och drev ett stort forskningsprogram gemensamt och i mycket tätt samarbete. Genom ett gemensamt forskningsprogram sågs synergieffekter erhållas, det skulle vara möjligt att ta tillvara varandras styrkor och kompetensområden, och vidare att utveckla effektiva samarbetsformer som på sikt skulle kunna leda till mer samverkan på olika plan. Att tre organisationer gick samman skulle också ge ett ökat fokus på sydsvensk skogsforskning.

FRAS byggdes upp med sex doktorandprojekt. Motivet var behovet av kompetensuppbyggnad inom skogsskötselområdet. Disputerade inom skogsskötsel kan ge fler skogsskötleexperter till skogsnäringen men också doktorer med skoglig profil för karriärer inom akademien. Genom strukturen med doktorander skulle skogsforskningsmiljön i södra Sverige också förstärkas generellt genom kompetensuppbyggnad och meritering för involverade forskare och lärare.

1.2. FRAS-programmet – en samlingspunkt

Det unika med FRAS är att det skapats en gemensam samlingspunkt för skogsskötselfrågor i södra Sverige. Att programmet riktade sig mot södra Sverige beror på den unika situation som finns just här med många aktörer, både mindre privata skogsägare, större bolag, olika intresseorganisationer samt områden med en tät befolkning. Dessutom är de ekologiska förutsättningarna för att odla och sköta skog speciella. Både Skogforsk, SLU och

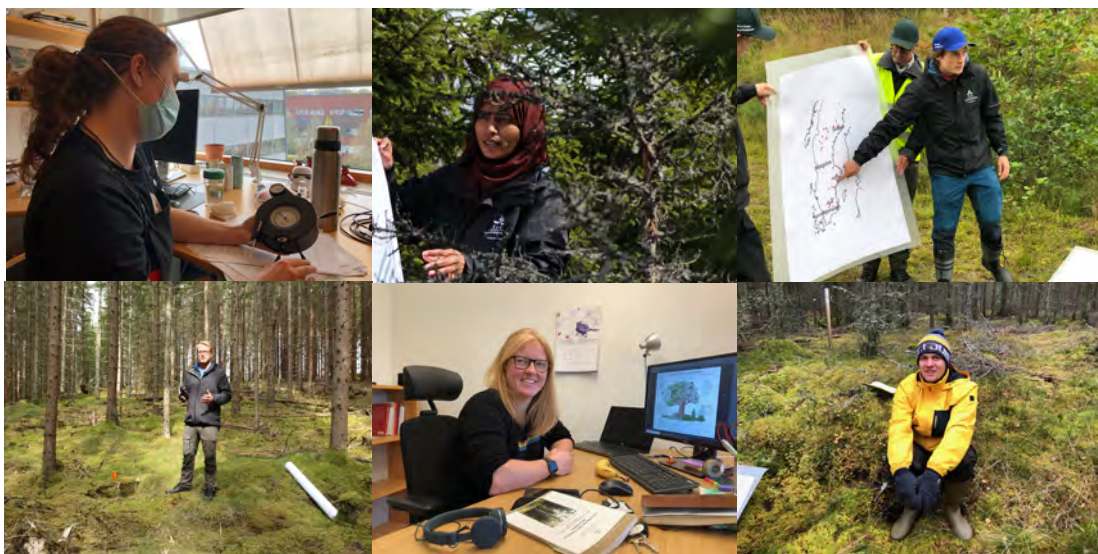
LNU har bedrivit forskning inom skötselområdet under en lång tid och haft mindre samarbetsprojekt, men i och med att FRAS startade så inledde man ett större samarbete och samlade därmed den kompetens inom forskning och utveckling som finns i södra Sverige under ett gemensamt paraply. Att alla tre organisationer hade en lika stor del i forskningsprogrammet bidrog till ett gemensamt ansvarstagande och likvärdigt samarbete. Vidare engagerades flera viktiga aktörer inom skogssektorn och programmets innehåll arbetades fram i dialog med dessa. Hela programtiden präglades av en nära kontakt mellan de olika aktörerna i programmet genom olika grupperingar såsom ledningsgrupp, handledargrupper, referensgrupp och kommunikatörsnätverk. Att finansierarna gick in med medel i hela programmet och inte i enskilda delprojekt var också en av huvudidéerna, vilket ökade känslan av en helhet och bidrog till ett gemensamt intresse kring programmets alla delar. För doktoranderna utgjorde detta en trygghet och skapade ett sammanhang där viktiga forskningsfrågor kunde diskuteras och resultat senare förmedlas och implementeras.

Genom FRAS organisation har samverkan mellan forskningsorganisationerna och skogsnäringen i södra Sverige stärkts. Ett väl utvecklat nätverk och en naturlig plattform för kommunikation har skapats som förhoppningsvis kommer att användas även i framtida forskningsprogram och i andra sammanhang.

1.3. Nya resultat och ökad kompetens

Programmet har bidragit till en ökad kompetensförsörjning genom examinering av sex doktorander med specialistkompetens inom skogsskötsel. Projekten var inriktade på olika faser i skötseln för att på så sätt skapa ett helhetsgrepp kring skogsvårdskedjan, från föryngring till avverkningsmoget bestånd. Samtliga projekt hade som övergripande syfte att utgå från ett mer variationsrikt skogsbruk och att ta tillvara ny teknik och digitala datakällor. Programmet har tagit fram en rad resultat som bland annat lett till följande:

1. Ett ökat intresse för tall i Sydsverige genom ökad kunskap om tallens föryngring och produktion.
2. Mer kunskap om hur digitala verktyg kan användas för att säkra plantetablering och öka variationen i föryngringar.
3. Kunskap om hur röjningsregimer för planterad tall och gran kan skapa blandskog och flerskiktade bestånd.
4. Metoder för att säkerställa att lämnad generell naturhänsyn bibehålls under hela omloppstiden.
5. Nya verktyg och variabler för att öka möjligheten att välja målanpassade beståndsbehandlingsprogram.
6. Kunskap om vilka egenskaper som är viktiga för att öka möjligheten att producera värdefull björk.



Fras-doktoranderna har varit aktiva både vid skrivbordet, i fält och som föreläsare i skogen. Foton: Mats Hannerz.

Genom sin forskning har samtliga doktorander haft en nära kontakt med både akademi, näringsliv och offentlig sektor, och de kan nu gå vidare och arbeta med viktiga frågor inom området. Doktorandprojekten har dessutom stärkt samarbetet mellan de tre forskningsorganisationerna och bidragit till ett tillvaratagande och utvecklande av den kompetens som finns inom respektive organisation. Genom sektorshandledare, ledningsgrupp, referensgrupp och kommunikatörsnätverk har kunskapen även nått ut i omvärlden och kunnat omsättas i praktiken.

1.4. Forskningen kommuniceras

Kommunikation har varit en mycket viktig del i FRAS. Ambitionen var att kommunikation med skogsnäringen skulle genomsyra hela programmet. Primärt skulle kommunikationsdelen föra ut alla nya resultat som genererades i forskningsprogrammet. En viktig del var också att skapa förutsättningar för dialog och samverkan mellan akademi, skogsnäring och omgivande samhälle samt att utveckla nya metoder för kommunikation mellan forskning och praktik. Kommunikations-

arbetet skulle också bidra till personliga nätverk som skulle kunna bestå under och efter programtiden. Vidare var ambitionen att väcka intresse för forskarutbildning inom skog.

För att nå ut på bred front var en bärande idé att alla programdeltagare var aktiva i arbetet med samverkan och kommunikation. För att bidra till engagemang och samverkan med finansiärerna har flera av de populärvetenskapliga insatserna genomförts i samarbete med eller genom medverkan av dem. För detta fanns också ett kommunikatörsnätverk med kontakter hos respektive finansiär. För intensifiering av kommunikationsarbetet tillsattes en kommunikatör i programmets slutfas.

För att möta forskningens breda målgrupp har FRAS genomfört många olika typer av kommunikationsinsatser. Exkursioner och workshops m.m. har varvats med fasta insatser såsom nyhetsbrev och kommunikation i sociala medier och på webben. FRAS har arrangerat fler än 20 exkursioner, workshops, seminarier och webinarier och vid dessa aktiviteter har programmet nått ut till ca 1 000 deltagare från akademi och skogsnäring.



Några av det tusental deltagare som nåtts av exkursioner, seminarier och workshops. Foto: Mats Hannerz.

2. Användarna om skoglig forskning

Mats Hannerz

FRAS-programmets forskning bedrivs i samverkan med skogliga intressenter i södra Sverige. Här har fyra yrkesverksamma fått ge svar på frågor om forskning och forskningsbehov för den sydsvenska skogen.

2.1. "Hur ska vi utnyttja skogens potential?"

Gisela Björse är skogsskötselchef på Sveaskog, och i den rollen spannar hon över alla skogsskötselfrågor från markberedning, förnygring, röjning, gallring och gödsling till förädling och skogsskador. Gisela disputerade år 2000 på en avhandling om skogens utveckling sedan istiden och hur vi kan dra nytta av den lärdomen i dagens skogsbruk.



Gisela Björse. Foto: Mats Hannerz.

Vilka är de största utmaningarna för er idag?

Skogsskador som ett resultat av ett förändrat klimat är en oerhört viktig fråga för oss. Här handlar det både om nya skadegörare och tidigare kända skador som riskerar att bli värre. Vi brottas med törskatesvamp i norr, viltbete, barkborrar, rottröta och mycket annat. En annan utmaning är hur vi ser på den förnybara råvaran som en del i bioekonomin. Här finns önskemål både om ökad produktion av varor och tjänster och om att spara skog. Vi har en polarisering som är olycklig och en avvägning som är svår.

Vilka forskningsfrågor är viktigast idag?

Politiska beslut om hur vi sköter skogen måste vila på kunskap. Ett exempel är önskemålen om hyggesfritt skogsbruk, där vi måste lära oss mer om skötsel och konsekvenser för tillväxt, förnygring, kollagring och mångfald innan beslut fattas om en eventuell större omställning. En fråga är också hur vi ska utnyttja skogens potential bättre. Tillväxten går ju att höja betydligt med aktiv skogsskötsel, men hur och var ska vi satsa på produktion? Samhället har ju förväntningar på oss i Sveaskog att både leverera mer råvara och att spara skog eller göra den mer tillgänglig för människan. Dessa avvägningsfrågor är viktiga för forskningen när skogen inte räcker till allt. Bland forskningsfrågorna får vi ju heller glömma skador, som jag nämnde innan, ett oerhört viktigt ämne.

Vilka forskningsfrågor är viktigast om 10 år?

Jag tror att vi kommer att ha mer fokus på ekosystemtjänster vid sidan av virkesproduktion. Kan vi hitta affärsmodeller som stimulerar skogsägare att spara skog och lagra kol etcetera? Det behövs ett tvärvetenskapligt perspektiv i forskningen, till exempel en ökad samverkan med energiforskning och samhällsvetenskap.

Triad-konceptet (där skogen delas upp i intensiv produktion, naturanpassat skogsbruk och avsättningsområden, reds. anm.) kunde vara intressant att titta närmare på för forskningen. Vi behöver lära oss mer, även om det inte är lösningen på allt. Mer forskning behövs också om variationsrikt skogsbruk och hur det kan bidra till riskspridning i ett förändrat klimat.

Sist men inte minst tror jag vi behöver fler skogsutbildade som är med och fattar beslut. Här kan forskningen och doktorandprojekt bidra med experter som kan gå ut i skogsnäringen.

Vad har FRAS-programmet bidragit med?

Programmet har gett oss mycket ny kunskap. Exempelvis har forskningen om tallens produktion på bördigare marker bidragit till att vi har justerat vår instruktion för ståndortsanpassning. Vi fortsät-

ter att plantera en stor andel tall på mellanmarker i södra Sverige som ett led i vår långsiktiga klimatanpassning. Mostarin Aras studier om att planterad tall blir blandskog är också intressant kunskap, liksom hennes röjningsförsök. De kommer att ha betydelse för hur vi sköter vår skog framöver. Och naturligtvis är kontakterna med nya unga forskare värdefulla, både nu och för framtiden.

2.2. "Vi jobbar med långa tidsperspektiv"

Klas Gustafsson är förvaltningschef på Växjö stift. Prästlönetillgångarna inom stiftet förvaltar totalt 60 000 hektar mark, varav 50 000 hektar är skog och 43 000 hektar är virkesproduktionsmark.



Klas Gustafsson. Foto: Mats Hannerz.

Vilka är de största utmaningarna för er idag?

Den viktigaste utmaningen för oss är förutsägbarheten. Vi jobbar med långa tidsperspektiv, en åtgärd i skogen idag ger ett utfall om 50 år eller mer. Vi skulle vinna mycket på om regelverken inte ständigt ändras. Ett exempel är 5:3-skogarna som skogsbruket blev ålagda att avverka på 1990-talet. Idag skulle dessa skogar i stället ha varit skyddsvärda. Svängningarna handlar också om marknadsfrågor, där både marknaden själv och skogspolitiken styr mot nya produkter och tjänster.

Vilka forskningsfrågor är viktigast idag?

Det är så mycket diskussion om ifall vi ska spara skog som kolsänka eller bruka den mer intensivt för att maximera tillväxt och ta ut produkter som

kan ersätta fossila råvaror. Här skulle jag vilja se att forskningen tog ett helhetsgrepp så vi kan hitta rätt avvägning och överbrygga motsättningarna. Inom kyrkan sköter vi skogarna idag för produktion av välväxande, raka och friska skogar. Men vad vill samhället idag, och i morgon?

Klimatfrågan är också oerhört viktig. En forskningsfråga, bland många andra, är hur vi hanterar skador som kommer med ett nytt klimat.

Vilka forskningsfrågor är viktigast om 10 år?

Jag tror att det fortfarande behövs forskare som hjälper till med avvägningen mellan produktion, kolinlagring och andra ekosystemtjänster.

Vad har FRAS-programmet bidragit med?

FRAS har varit en väldigt viktig och välfungerande brygga mellan forskning och praktik. Vi uppskattar det sätt som forskare och doktorander har nått ut till det lokala skogsbruket genom seminarier, exkursioner och nyhetsbrev. Det forskningsområde som kanske betyder mest för oss i kyrkans skogar är hur vi ska få mera tall och hur vi ska sköta tallskogen. Tallskogen står för den långsiktighet som präglar vår skogsstrategi, och produkterna används dessutom i våra egna byggnader. Tallens föryngring och produktion är en av alla forskningsfrågor där FRAS har bidragit med kunskap.

2.3. ”Bryt upp barriären mellan jord- och skogsbruk”

Mats Niklasson är naturvårdsforskare och forskningsansvarig på Nordens Ark, där han arbetar bland annat med restaurering av naturvärden. I en deltidstjänst undervisar han också i ekologi och naturvård vid SLU. I sin forskning har han arbetat mycket med branddynamik och brandhistoria.



Mats Niklasson. Foto: Privat.

Vilka är de största utmaningarna för skogen idag?

Klimatförändringen är utan tvekan en ödesfråga både för människan och skogen. Vårt minne är ju kort, jag brukar säga tre år, och därför glömmar vi snabbt de stora stormarna och torra brandsomrarna vi har upplevt i närtid. Men vi kommer definitivt att se mer av dessa extremväder framöver med allt vad det betyder för torkstress och insektsangrepp på träden. Det här är en utmaning både för den biologiska mångfalden, det virkesproducerande skogsbruket och alla andra tjänster skogen bidrar med. Klimatförändringen ändrar definitivt förutsättningarna för dagens granfokuserade skogsbruk.

En annan utmaning, som jag också lyfter fram som forskningsfråga, är att vi idag jobbar mycket i stuprör med varje fråga för sig. Det krävs ett helhetsperspektiv för att kunna balansera motstående intressen, till exempel energi och fåglar. Bristen på helhetssyn finns även hos våra myndigheter. Markägare måste också i högre grad se till fler intressen än bara virkesproduktionen.

Vilka forskningsfrågor är viktigast idag och i en nära framtid?

Vi måste lära oss mer om hur skogen ska ställas om för att möta ett förändrat klimat. Det handlar om trädslagsval, restaurering av skogar till ett mer naturligt tillstånd, och anpassningar för att inte drabbas av livshotande storskaliga bränder.

Det är också oerhört viktigt att skogsforskningen breddas från sitt nuvarande produktionsfokus till ett större helhetsperspektiv som väger in skogens alla nyttor – alltså mer forskning om mångbruk. Kolinbindning, biologisk mångfald och människans välmående måste få större plats. Jag skulle gärna se mer forskning om storleken på våra skyddade områden. I små, fragmenterade, reservat skapas inte förutsättningar för naturlig dynamik. I stora skyddade områden kan vilda gräsätare få utrymme, kanske till och med visenter och uroaxar. Elden kan där bli en naturlig störningsfaktor, inte en katastrof.

En annan breddning av forskningen handlar om att bryta upp barriären mellan jord- och skogsbruk, inte minst när vi pratar om naturvårdsfrågor. För arterna spelar det mindre roll om ett glesbestockat och betat landskap räknas som skogsmark eller hagmark. Den strikta uppdelningen skapar problem när vi ska rikta åtgärder för att gynna olika arters ekosystem.

Vad har FRAS-programmet bidragit med?

Jag hade nog större förhoppningar på hur FRAS-programmet skulle tackla naturvårdsfrågorna. Det finns intressant forskning om ungskogar, men den skulle kunna gå längre än till att mest titta på björk, gran och tall. Om vi vill restaurera skogar till ett mer naturligt tillstånd är ungskogs-skötseln oerhört viktig.

I FRAS har man också jobbat med att identifiera lämnad hänsyn i den brukade skogen, och det är väldigt viktig forskning. Den utveckling som sker med ökad hänsyn i varje skogsbestånd kommer att ha stor betydelse för skogens arter eftersom det totalt sett blir så stora volymer som berörs av åtgärderna.

2.4. "Forskningen ska ständigt ompröva gängse uppfattningar"

Magnus Petersson är Skötsel- och teknikchef på Södra, en roll som innebär mycket kontakter med forskning och hur forskningsresultaten ska implementeras i skogsägarföreningens skötselstrategier. Han har själv en bakgrund som forskare på SLU, Asa försökspark, där han disputerade på en avhandling om åtgärder mot snytbaggescador.



Magnus Petersson. Foto: Södra.

Vilka är de viktigaste utmaningarna för skogen och skogsbruket idag?

Vi måste jobba långsiktigt med att klimatanpassa skogsbruket så att vi kan bibehålla en vital skog med hög produktion och biodiversitet under kommande omloppstider. Vi arbetar långsiktigt med att öka tillväxten i medlemmarna skogar och följer trenden över tid. En viltstam i balans är nödvändig för att kunna utveckla ett mer variationsrikt skogsbruk som ökar den biologiska mångfalden och möjliggör klimatanpassning av skogsbruket. Vi måste också infria de utfästelser som skogsbruket gör med avseende på naturvård i brukandet av skogen, men också utveckla naturvårdsarbetet i det praktiska skogsbruket. Vi ska bedriva ett skogsbruk som är hållbart och som har en acceptans hos stora konsumentgrupper i Europa och världen.

Vilka är de viktigaste frågorna för skogsforskningen idag?

Forskningen ska ständigt ifrågasätta och ompröva gängse uppfattningar. Den ska samtidigt fortsätta att utveckla dagens metoder, där det finns potential att förbättra. Det ska göras med fortsatt god kunskap om och kontakt med skogsbruket

så att förståelsen för både forskning och brukandet består och fördjupas. Fördjupningsarbetet måste fortsätta för att bistå näringen med kunskap och odlingsmaterial med en större bredd när det gäller klimatanpassning, både inom arter och för fler arter än idag. Mer forskning behövs också kring variationsrikt skogsbruk, vilket kan betyda fler trädslag, både inhemska och främmande. Skötsel aspekter av ett mer variationsrikt skogsbruk är också en fråga för forskningen.

Vilka är de viktigaste frågorna för skogsforskningen om 10 år?

Klimatanpassning och hantering av skogsskador kommer att fortsätta att vara viktiga områden. Vi behöver också utveckla metoder för mekanisering och skonsamhet för att bibehålla konkurrenskraft och samtidigt bruka skogen med skonsamma metoder och ökad biologisk mångfald.

Vad har FRAS-programmet bidragit med som är till nytta för er?

En viktig uppgift är att försörja samhälle och bransch med kompetens så att det blir lättare att rekrytera kompetenta medarbetare. FRAS-programmet har bidragit med ny kunskap och därmed utveckling av metoder inom skogsskötselområdet. Det lägger i sin tur en god grund till en faktabaserad debatt om skogen och skogsbruket. Mer specifikt har FRAS bidragit med kunskap inom området gallring för att öka förståelsen och betydelsen av den åtgärden. Forskningen om förnygring av tall är viktig som en del av klimatanpassningen.

3. FRAS-doktoranderna

Mats Hannerz



De sex FRAS-doktoranderna samlade på exkursion i Asa försöksmark 10 maj 2022. Foto: Mats Hannerz.

3.1. Delphine Lariviere

Född 1989, uppvuxen i Frankrike (Lille) och nu boende i Uppsala. Tog sin kandidatexamen i biologi vid Lille University of Science and Technology, Frankrike och kompletterade med en masterexamen i Lund (biologi, naturvård och bevarandebiologi) genom Erasmusprogrammet samt ytterligare en master (Ecology and biodiversity management) i Montpellier, Frankrike. Delphine påbörjade sina doktorandstudier i FRAS i november 2017 med tema gallring och naturhänsyn. Jan Weslien på Skogforsk var huvudhandledare i början, men därefter är det Emma Holmström. Under hösten 2021 var hon gästforskare i Kanada (Montreal) där hon bland annat arbetade med forskning om Triad-skogsbruk. Doktorandarbetet har blivit avbrutet av tjänstledighet och examen är därför planerad till våren 2023.

Kontakt: delphine.lariviere@skogforsk.se



Delphine Lariviere. Foto: Privat.

3.2. Mostarin Ara

Född 1990 i Bangladesh, där hon studerade till Bachelor och Master (Forestry) vid Kuhlana University. Eftersom landets skogsbruk är begränsat ville Mostarin vidga sig genom utlandsstudier. Hon erhöll ett stipendium genom Erasmusprogrammet och kunde studera till en masterexamen med inriktning på GIS och fjärranalys i Lund och i Nederländerna. I januari 2018 påbörjade hon sina doktorandstudier i FRAS med temat röjning för ökad variation, placerad vid SLU i Alnarp och med Urban Nilsson som huvudhandledare. Den 29 april 2022 försvarade hon framgångsrikt sin doktorsavhandling *Establishment and early management of young forest* vid SLU i Alnarp. Mostarin påbörjar under hösten 2022 en tjänst som post-doc i Edmonton, Kanada.



Mostarin Ara. Foto: Mats Hannerz.

Kontakt: mostarin.ara@slu.se

3.3. Mikolaj Lula

Född 1990 och uppvuxen i Poznan, Polen, där han studerade turism och arkeologi innan han fastnade för skogsvetenskap, där han avlade först kandidat- och sedan masterexamen vid universitetet i Poznan. Därefter flyttade han till Sverige för en masterexamen vid Euroforesterprogrammet på SLU i Alnarp. Efter en tid i Polen som anställd i polska statsskogsbruket återvände han till Sverige hösten 2017 som doktorand i FRAS-programmet. Hans projekt hade fokus på tallföryngring i södra Sverige. Den 29 april 2022 försvarade han framgångsrikt sin avhandling *Regeneration methods and long-term production of Scots pine on medium fertile and fertile sites*. Mikolaj var knuten till SLU i Alnarp med Urban Nilsson som huvudhandledare.



Mikolaj Lula. Foto: Mats Hannerz.

Kontakt:
mikolaj.lula@slu.se

3.4. Grace Jones

Född 1994 på Nya Zeeland där hon tog sin kandidatexamen i skogsvetenskap (BForSc (Hons)) vid University of Canterbury i Christchurch år 2016. Kandidatuppsatsen handlade om radiatallens virkeskvalitet och hur den påverkas av förband, vind, genetik, ogräsbekämpning och gödsling. Därefter jobbade hon ett år med skogsbruksplanering och skogsvård i Mount Gambier, Australien, innan hon ville återvända till akademien. Sverige lockade genom det samarbete som hennes handledare Euan Mason har med SLU, och i december 2017 påbörjade sina doktorandstudier vid FRAS, placerad vid Linnéuniversitetet i Växjö med Stergios Adamopoulos som huvudhandledare. Temat var björkkvalitet i blandskog, och den 13 maj 2022 försvarade hon framgångsrikt sin avhandling *Birch stem and wood traits in genetic and silviculture trials in southern Sweden*. Grace har nu påbörjat en tjänst som post-doc i Irland.



Grace Jones. Foto: Robin Lindell.

Kontakt:
grace.jones@teagask.ie

3.5. Magnus Persson

Född 1992, svensk jägmästarutbildning, bosatt i Hässleholm. I slutet av utbildningen tillbringade han ett år på BOKU (Universität fr Bodenkultur) i Wien, sterrrike. Där blev han lockad att fortsätta i den akademiska miljön även efter jgmstarutbildningen. Det var särskilt kurserna inom fjärranalys som inspirerade. Utbildningen avslutades med en masterexamen vid SLU med inriktning på skogshushållning och fjärranalys r 2017. Masterarbetet resulterade också i en vetenskaplig artikel i Remote Sensing. Hsten 2017 påbörjade han doktorandprojektet med temat målanpassad gallring, knutet till Linnéuniversitetet med Johan Bergh som huvudhandledare. Disputationen r planerad till november 2022.



Magnus Persson. Foto: Mats Hannerz.

Kontakt:
magnus.j.persson@lnu.se

3.6. Per Nordin

Född 1993 och svensk jgmstarutbildning med en kandidatexamen från SLU i Umeå och masterexamen inom Euroforesterprogrammet vid SLU i Alnarp. Under studietiden tillbringade han ett r på University of Manitoba i Kanada, där han fick upp ögonen för forskning och statistik. Efter masterexamen 2018 kände han sig sker på att han ville fortsätta med forskning, och kunde i augusti 2018 bli en del i FRAS-programmet. Temat r smarta föryngringar, och Per r placerad på Skogforsk i Ekebo med doktorandutbildningen knuten till Linnéuniversitetet där Karin Hjelm r adjungerad som huvudhandledare. Ett knappt års tjnstledighet har gjort att slutdatumet fr disputationen flyttats fram till våren 2023.



Per Nordin. Foto: Mats Hannerz.

Kontakt:
per.nordin@skogforsk.se

4. Blandskogsröjning gynnar både vilt och virke

Mostarin Ara

Det är onödigt att röja bort all björk i granungskogen, visar forskning från FRAS-programmet. Granens volymproduktion påverkas inte negativt av om cirka 2 000 björkstammar lämnas kvar, åtminstone under de första tre åren efter röjningen. Björkarna bidrar i stället både med foder för viltet och framtida virkesproduktion i ett blandbestånd. Vad som händer på längre sikt återstår att undersöka.

Plantering av gran och tall i kombination med markberedning leder ofta till ett uppslag av självsådd björk, särskilt i markberedningsspåren. I södra Sverige är det inte ovanligt med över 10 000 lövstammar per hektar, stammar som kan konkurrera med de barrträd som var ursprungstanken med planteringen. Samtidigt innebär lövtillskott-

et möjligheter att skapa en framtida blandskog. Avgörande är till stor del hur röjningarna utförs.

Röjning kan utföras på flera olika sätt. Totalröjning av lövträden för att i stället gynna barrträden är ett sätt. Ett annat är att röja bara närmast de barrträd som är tänkta att bli huvudplantor, så kallad brunnröjning. Ett tredje är att aktivt skapa en blandskog genom att röja fram en ungskog med huvudplantor av både barr- och lövträd. Ett fjärde alternativ är förstås att inte röja alls utan att låta naturen bestämma skogens framtida utveckling.

Bortröjning av björk motiveras ofta av att de konkurrerar med barrträden och bidrar till minskad tillväxt och kvalitet i det framtida beståndet. Det finns dock studier som visar att brunnröjning är en fungerande metod som inte sänker barrträdens tillväxt (Karlsson m.fl. 2002, Pettersson & Fahlvik 2007). Björk i beståndet är också positivt



Röj inte bort all björk, den blir både foder åt det vilda och framtida produktionsträd i en blandskog. Med 2 000 lämnade björkar per hektar påverkas inte granarnas tillväxt. Foto: Mats Hannerz.

som frostskydd för granar. Dessutom är björken inte minst ett viktigt foder för viltet. Björken har bra förmåga att klara av bete genom att den skjuter nya skott. Det finns studier som visar att unga björkar kan producera lika mycket biomassa under måttlig betning som i avsaknad av bete (Danell m.fl. 1985, Persson m.fl. 2005).

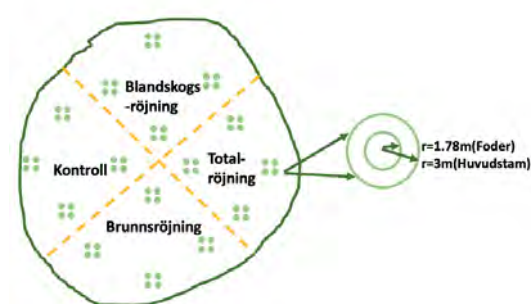
I den här studien (Ara m.fl. 2022) undersöktes hur olika röjningsstrategier i en planterad granungskog med stort uppslag av björk påverkar både granens tillväxt och mängden viltfoder genom björk och andra lövträd, framför allt så kallade RASE (rönn, asp, sälg och ek).

4.1. Försök i ungskog med gran och björk

Experimentet var anlagt som ett röjningsförsök i tre ungskogar i södra Sverige: Asa och Tagel i Småland och Floda utanför Göteborg. På alla lokaler fanns planterad gran och ett stort uppslag av självföryngrad björk (10 000–40 000 per hektar), och dessutom var alla lokaler utsatta för ett visst viltbete av älg, rådjur och i något fall dovhjort. Vid försöksanläggningen var granarna 1–2 meter höga och björkarna 2–2,5 meter.

Tre olika röjningsstrategier jämfördes med en orörd kontroll (figur 1): 1) Totalröjning av allt utom 2000 planterade granar, 2) brunnsröjning av alla träd inom 75 cm radie från planterade granar, 3) blandskogsröjning där 2 000 granar och 2 000 björkar lämnades per hektar.

Mätningar gjordes under tre säsonger efter röjningen av huvudstammarnas höjd och diameter samt av fodertillgång och spår av viltbete hos björ-

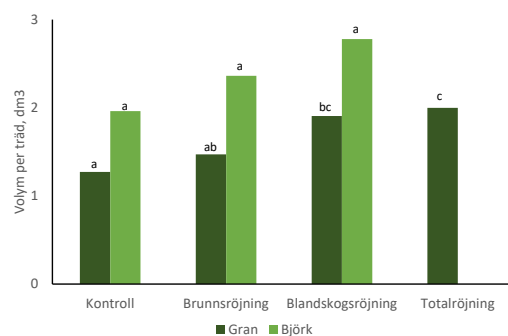


Figur 1. Försöksutformning för alla tre lokaler. Gröna punkterna är provytecentrum som ligger i kluster om 4 ytor tillsammans. Till höger: en av fyra provytor där en inre cirkulär yta (1,78 meter radie) användes för att mäta viltfodermängd, och en större yta (3 meter radie) för volymproduktion.

karna. Bland björkarna gjordes mätningarna på de 200 dominerande stammarna i alla försöksled.

4.2. Alla röjningsalternativ var positiva för granen

Granarnas volym var högre i alla försöksled med röjning jämfört med den orörda kontrollen (figur 2). Allra högst var den i den totalröjda behandlingen och där 2 000 björkar hade lämnats. Björkarna hade också högre volym i de röjda behandlingarna, däremot var skillnaden mot kontrollen inte signifikant.



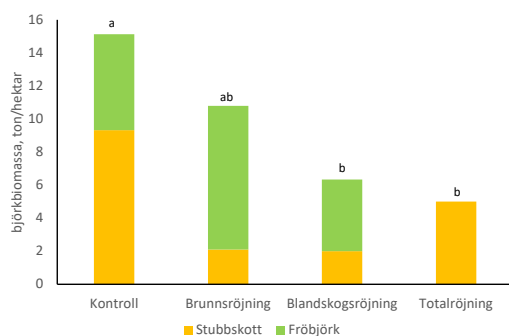
Figur 2. Volym per träd (huvudstammar) i de fyra behandlingarna (kubikdecimeter) tre år efter röjning. Staplar med samma bokstäver är inte signifikant åtskilda.

4.3. Björken producerar mycket foder

Efter tre tillväxtsåsonger fanns 5–15 ton björkbiomassa per hektar. Mest fanns som väntat i den orörda kontrollen (15 ton), men till och med den totalröjda ytan hade ungefär 5 ton i de stubbskott som kommit upp efter röjningen (figur 3).

Trots det stora utbudet av björkbiomassa var det bara 40–60 kilo per hektar som hade försvunnit genom viltbete. Det kan bero på att vilttrycket inte var så högt på de tre lokalerna. Däremot betades RASE-arterna kraftigt i de ytor där de fanns kvar efter röjningen (kontroll och brunnsröjning). I den totalröjda behandlingen och den där 2 000 björkar lämnats, försvann alla RASE-arter vid röjningen.

En älg betar ungefär 5 kilo torrsbstans per dag under vintern och omkring dubbelt så mycket under sommaren. Med vårt uppmätta bete på 60 kilo per hektar betyder det att fodret räcker till en älg under 12 dagar på vintern.



Figur 3. Björkbiomassa per hektar fördelat på stubbskott och frösådd björk. Staplar med samma bokstav är inte signifikant åtskilda.

4.4. Slutsatser för praktiskt skogsbruk

Att minska viltskadorna genom att reducera viltstammarna är inte alltid möjligt, och inte alltid önskvärt. Genom att lämna ungefär 2 000 björkstammar vid röjningen kan virkesproduktionen bibehållas samtidigt som viltet erbjuds foder. Dessutom ökar förutsättningarna för att skapa en blandskog med björk och gran om björken får en chans från början. Som regel kommer fler skötselinsatser att krävas för att reglera blandningen mellan trädslagen.

4.5. Referenser

Ara, M., Felton, A.M., Holmström, E., Petersson, L., Berglund, M., Johansson, U., Nilsson, U. 2022. Pre-commercial thinning in Norway spruce-birch mixed stands can provide abundant forage for ungulates without losing volume production. *Forest Ecology and Management* 520, 120364.

Danell, K., Huss-Danell, K., Bergström, R. 1985. Interactions between browsing moose and 2 species of birch in Sweden. *Ecology* 66, 1867-1878.

Karlsson, M., Nilsson, U., Örlander, G. 2002. Natural regeneration in clear-cuts: effects of scarification, slash removal and clear-cut age. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17, 131-138.

Persson, L-K, Danell, K., Bergström, R. 2005. Different moose densities and accompanied changes in tree morphology and browse production. *Ecological Applications* 15, 1296-1305.

Pettersson, N., Fahlvik, N. 2007. Röjning. Skogsskötselserien nr 6. Skogsstyrelsen. 64 s.

5. Tallens volympproduktion är högre än vi trott

Mikolaj Lula

Nya resultat gör att gamla instruktioner om trädslagval behöver revideras. Gran har betraktats som överlägsen tall i södra Sverige på medelgoda och goda boniteter. Försök där trädslagen växer sida vid sida visar dock att tall växer bättre än gran betydligt längre upp i ståndortsregistret. Det är bara på de allra bördigaste markerna som granen är vinnare.

Skogsägarnas underlag för trädslagval och för-yngningsmetoder har blivit alltmer osäkra i Sverige. Det beror till stor del på ökad oro för skador, ekonomiska förhållanden och pågående klimatförändring. Under de senaste 20 åren har utbredningen av tall och gran förändrats väsentligt. Tall dominerar i norra Sverige medan gran

dominerar i södra delen av landet och de etableras på alla marktyper oavsett av ståndortsindex (Ara m.fl. 2021). Till exempel har gran planterats på alla marker i södra Sverige, från de mest fattiga till de mest bördiga (Skogsstyrelsen 2021).

Trots en mångårig och omfattande erfarenhet kring skötsel av tall och gran i Sverige, finns fortfarande många frågor. I Sverige finns det relativt få kontrollerade experiment som jämför produktionen av båda trädslagen, vilket är överraskande (Nilsson 2020). Vid studier av tall- och granproduktion har man oftast varit tvungen att utgå från jämförelser av närbelägna etablerade bestånd eller jämförelser via ståndortsindex som uppskattats indirekt med ståndortsfaktorer, till exempel vegetationstyp, klimat och markfuktighet (Ekö m.fl. 2008, Leijon 1979, Öyen & Tveite 1979).



Tallen, produktionsvinnaren på över tre fjärdedelar av den sydsvenska skogsmarken. Här demonstrerar Mikolaj Lula ett av sina försök. Foto: Mats Hannerz.

5.1. Över 100 trädslagsjämförelser

Syftet med denna studie var att jämföra långsiktig volymproduktion hos gran och tall. I studien användes över 100 trädslagsjämförelser där tall och gran växte tillsammans på samma ståndort. Försökslokalerna var lokaliserade över hela Sverige med en stor spridning i bördighet (figur 1). De flesta bestånd som användes i studien hade inte nått tillväxtkulminationen. På grund av detta var en direkt jämförelse av trädslagens volymproduktion inte möjlig. Därför prognosticerades tillväxten fram till medeltillväxtens kulmination med Heureka. Mätningarna från respektive fältförsök användes som startvärde i simuleringarna.

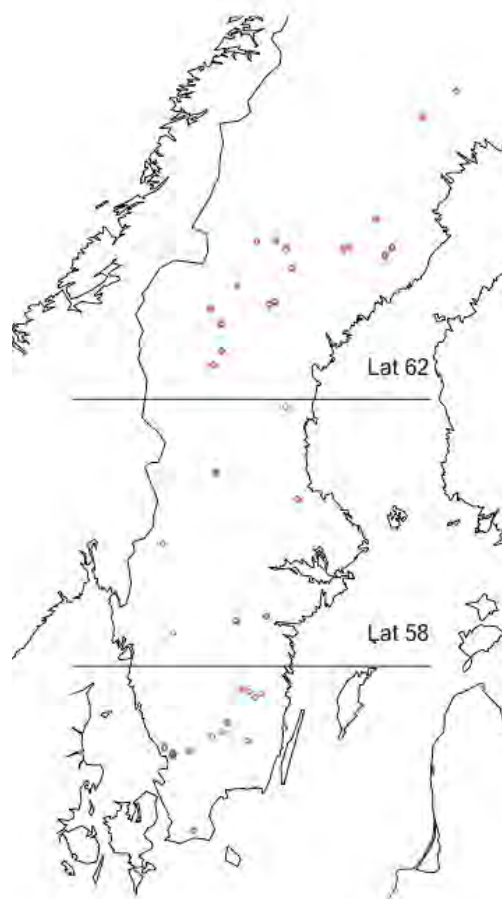
5.2. Stor potential för mera tall

Enligt beräkningarna hade tall mer än dubbelt så hög tillväxt som gran på de svagaste markerna, och gran har högre tillväxt än tall först vid ståndortsindex G31 och mer (figur 2). Resultatet visar tydligt att gran endast bör etableras på de mest bördiga marker om man enbart tar hänsyn till volymproduktion. Med tanke på att cirka 78 % av den totala föryngringsarealen i södra Sverige representerar antingen fattiga eller medelbördiga marker (Skogsstyrelsen 2021), visar resultaten på en stor potential för att öka användningen av tall i regionen.

Användning av gran på fattiga lokaler kan resultera i minskad tillväxt på beståndsnivå, med betydande ekonomiska förluster som följd (Holmström m.fl. 2018, Nilsson m.fl. 2012). Dessutom ökar risken för skador när granen växer på torra, näringsfattiga marker. Gran drabbas av stormskador, torka, frost, rotröta och granbarkborre. Detta kan vara särskilt viktigt i samband med den pågående klimatförändringen, som sannolikt kommer att förvärra effekterna av dessa skador (Netherer m.fl. 2019, Marini m.fl. 2017, Schlyter m.fl. 2006).

5.3. Enformigt trädslagsval

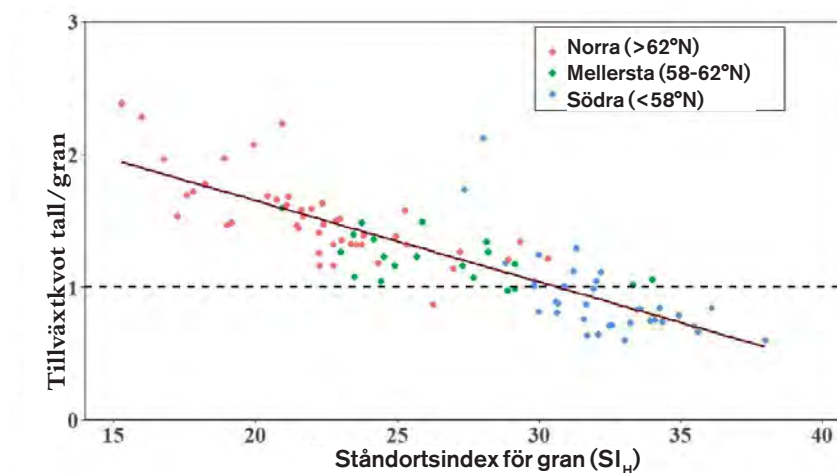
Det enformiga trädslagsvalet vid föryngring i Sverige (det vill säga dominans av gran i söder och tall i norr), har redan haft dramatiska miljömässiga och ekonomiska konsekvenser. I de fyra nordligaste länen i Sverige (Norrbotten, Västerbotten, Västernorrland och Jämtland) finns begreppet multiskadad skog som betyder ung tallskog som blir hårt drabbad av betesskador och flera svampsjukdomar. Dessa negativa konsekvenser förutses



Figur 1. Den geografiska fördelningen av försökslokaler som har använts i analysen. Prickar visar platser för experimentella försök med en eller flera trädslagsjämförelser.

att öka kraftigt i framtiden.

Minskningen av en av dessa två trädslag i en region kan påverka den biologiska mångfalden negativt på både bestånds- och landskapsnivå (Lindbladh m.fl. 2019, Petersson m.fl. 2019, Felton m.fl. 2020, Petersson m.fl. 2021). Det kan också öka risken för att antingen gran eller tall exponeras för olika skador. Ytterligare ökning av gran på landskapsnivå kan till exempel öka betesskadorna på kvarvarande tallbestånd (Bergqvist m.fl. 2014, Wallgren m.fl. 2013). Slutligen är det riskabelt att förlita sig på ett enda trädslag med tanke på framtida osäkerheter på virkesmarknaden, virkespriser och klimat. Frågan om fel eller suboptimalt



Figur 2. Kvoten mellan simulerad maximal löpande tillväxt för tall respektive gran. Kvot över 1 innebär att tall växer bättre än granen, kvoter under 1 att gran producerar mer. X-axeln visar ståndortsindex för gran mätt på övre höjds-träd. Granen växer bättre än tallen först när ståndortsindex är över cirka 30 meter.

trädslagsval i Sverige har uppmärksammats av branschen, och idag förnyas betydligt mer tall i södra Sverige vilket inte minst visas via ökad plantförsäljning. Skogsstyrelsen har också agerat med en förordning där det från våren 2022 inte är tillåtet att etablera gran på marker med mycket låg bördighet (Skogsstyrelsen 2022).

Denna studie var ett samarbete mellan Sveriges lantbruksuniversitet och Skogforsk.

5.4. Referenser

Ara, M., Barbeito, I., Kalén, C., Nilsson, U. 2021. Regeneration failure of Scots pine changes the species composition of young forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 37, 14-22.

Bergqvist, G., Bergström, R., Wallgren, M. 2014. Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests—effects of forage availability, moose population density and site productivity. *Silva Fennica* 48(1), article id 1077.

Ekö, P.-M., Johansson, U., Petersson, N., Bergqvist, J., Elfving, B., Frisk, J. 2008. Current growth differences of Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) in different regions in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23, 307-318.

Felton, A., Petersson, L., Nilsson, O., Witzell, J., Cleary, M., Felton, A.M., Björkman, C., Sang, Å.O., Jonsell, M., Holmström, E. 2020. The tree species matters: Biodiversity and ecosystem service implications of replacing Scots pine production stands with Norway spruce. *Ambio* 49(5), 1035–1049.

Holmström, E., Goude, M., Nilsson, O., Nordin, A., Lundmark, T., Nilsson, U. 2018. Productivity of Scots pine and Norway spruce in central Sweden and competitive release in mixtures of the two species. *Forest Ecology and Management* 429, 287-293.

Leijon, B. 1979. Tallens och granens produktion på lika ståndort: SLU, Inst. f. skogsskötsel.

Lindblad, M., Petersson, L., Hedwall, P.-O., Trubins, R., Holmström, E., Felton, A. 2019. Consequences for bird diversity from a decrease in a foundation species—replacing Scots pine stands with Norway spruce in southern Sweden. *Regional Environmental Change* 19(5), 1429-1440.

Lula, M. 2022. Regeneration methods and long-term production for Scots pine on medium fertile and fertile sites. SLU, Faculty of Forest Sciences, Doctoral Thesis No. 2022:25.

- Marini, L., Økland, B., Jönsson, A.M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Grégoire, J.C., Hurling, R., Nageleisen, L.M. & Netherer, S. 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography* 40, 1426-1435.
- Netherer, S., Panassiti, B., Pennerstorfer, J., Matthews, B. 2019. Acute drought is an important driver of bark beetle infestation in Austrian Norway spruce stands. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, p. 39.
- Nilsson, O. 2020. Establishment and growth of Scots pine and Norway spruce: a comparison between species. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Southern Swedish Forest Research Centre. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* Vol. 71, pp. 17-56.
- Nilsson, U., Elfving, B., Karlsson, K. 2012. Productivity of Norway spruce compared to Scots pine in the interior of northern Sweden. *Silva Fennica* 46(2), 197-209.
- Petersson, L., Holmström, E., Lindbladh, M., Felton, A. 2019. Tree species impact on understory vegetation: Vascular plant communities of Scots pine and Norway spruce managed stands in northern Europe. *Forest Ecology and Management* 448, 330-345.
- Petersson, L., Nilsson, S., Holmström, E., Lindbladh, M., Felton, A. 2021. Forest floor bryophyte and lichen diversity in Scots pine and Norway spruce production forests. *Forest Ecology and Management* 493, 119210.
- Schlyter, P., Stjernquist, I., Barring, L., Jönsson, A.M., Nilsson, C. 2006. Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Climate Research* 31(1), 75-84.
- Skogsstyrelsen, 2021. Resultat från Äbin och foderprognoser. <https://skobi.skogsstyrelsen.se/AbinRapport/#/valj-rapport>
- Skogsstyrelsen, 2022. Stopp för ny gran på magra marker – ska göra skogen mer motståndskraftig. Pressmeddelande 2022-03-02.
- Öyen, B.-H., Tveite, B. 1998. A comparison of site index class and potential stem volume yield between different tree species growing on equal sites in west Norway. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 15 (98). (In Norwegian with English summary.)

6. Produktion och mångfald i samma skog – hur eken kan få hjälp i granskogen

Delphine Lariviere

Efter friställning ökar den biologiska nyttan av äldre ekar i granplanteringar. Ljushuggning runt eken leder till ökad artrikedom bland kärlväxterna och att ekberoende skalbaggsarter gynnas. Dessutom förbättras ekarnas vitalitet, och utgallringen av granar i ekens närhet påverkar inte beståndets totalproduktion jämfört med om granarna hade lämnats kvar.

Eken har en lång både naturlig och kulturell historia i Sverige. Eken var under lång tid *regale* – kronans egendom – och en viktig råvara för skeppsbygge. Redan med Magnus Erikssons landslag i mitten av 1300-talet förbjöds avverkning av ekar så länge de inte stod i vägen för arbetet på åkern. Gustav Vasa skärpte lagen på 1500-talet och

det vara bara de kungliga och adeln som kunde avverka eken på sina marker. Resultatet blev att många bönder var tvingade att ha kvar stora träd, även om de skuggade marken och försämrade odlingsmöjligheterna. Många av de fina ekarna fälldes dock för skeppsbyggnation, och de som blev kvar var ofta döda, döende och ihåliga träd. Från 1800-talet ändrades förutsättningarna när det kungliga regalet upphörde. Den som ägde mark ägde också träden, och eken upphörde att vara symbol för förtryck och orättvisa. Idag representerar eken mångfald och landskapsrikedom snarare än något som orsakar oenighet och splittring.

6.1. Hagmarksekar i granplanteringar

Under 1960- och 70-talen intensifierades skogsbruket och många av de hagmarker där de



Figur 1. Oxfällan i Asa, på 1970-talet en betad hagmark, nu en granskog med insprängda ekar. Delphine Lariviere presenterar forskningen på FRAS-exkursion. Foto: Mats Hannerz.

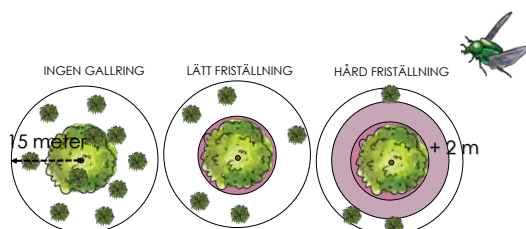
gamla ekarna tronade planterades igen med gran. Ekarna fick i många fall stå kvar, men nu omslutas av snabbväxande granar. Det betyder att det på många platser i södra Sverige finns stora mängder ”evighetsträd” inne i produktionsskogen.

Ek är ett ljuskrävande trädslag med lång livslängd och grov stam. En rik flora och fauna är knuten till trädet, och det uppges ibland att eken har det största antalet arter som är specifikt beroende av trädslaget. En av anledningarna är dess långa livslängd och att den erbjuder en så stor mångfald av nedbrytningsstadier och livsmiljöer. Många arter har utvecklats i samspel med eken under en tid när trädslaget var betydligt vanligare, och de hittas därför lättast i närhet av äldre ekdominerade lokaler.

De igenplanterade hagmarkerna har nu vuxit igen och ekarnas framtid är osäker. Granar som växer nära och konkurrerar med de gamla ekarna kan ha påverkat ekens vitalitet, dess naturvårdsvärde och även dess virkesproduktion.

6.2. Försök anlagt 2008

I Asa försökspark i Småland anlades ett försök 2008 i en tidigare en betad hagmark som planterats igen med gran i mitten av 1970-talet (figur 1). Granen har nu växt upp och skuggar ekarna. Experimentet initierades för att undersöka om det var möjligt att bevara och restaurera ekarnas naturvårdsvärde utan att behöva avverka all omgivande skog. Totalt valdes 33 ekar ut för studien. En tredjedel lämnades som kontroll, det vill säga fortfarande beskuggade av granarna. Runt en tredjedel avverkades all gran som växte under ekens krona (lätt friställning). Runt ytterligare en tredjedel avverkades alla träd upp till 2 meter



Figur 2. De tre försöksleden i experimentet. Till vänster kontroll, utan gallring. I mitten lätt friställning, där alla granar som växte under kronan gallrades bort. Till höger hård friställning, där alla granar upp till 2 meters avstånd utanför kronan avverkades. Illustration: Delphine Larivière.

utanför ekens krona (hård friställning) (figur 2).

Initialt användes försöket för att undersöka frihuggningens effekter på vedlevande skalbaggar på kort sikt, och de tidiga resultaten användes i en doktorsavhandling (Koch Widerberg 2013). I projektet fann hon att frihuggning efter tre år var positivt korrelerat med artrikedomen av eklevande skalbaggar i allmänhet.

Syftet med den nya studien inom FRAS-programmet var att upprepa de initiala mätningarna för att se om de effekter som mättes upp direkt efter friställningarna kvarstår eller har förändrats. Vi har därför studerat olika aspekter av mångfald hos kärlväxter och vedlevande skalbaggar, och dessutom hur ekarnas vitalitet och döende ved har utvecklats. Slutligen studerade vi hur ekarna påverkade granarnas produktion genom att mäta deras grunddyta och diameter.

6.3. Ekens vitalitet

Med hjälp av hemisfäriska bilder av kronorna kunde vi se att de luckor som skapats av gallringarna tio år tidigare nu hade vuxit igen (figur 3). Hos de gallrade försöksleden hade ekarnas kronor vuxit ut och täckte nu luckorna. Mängden död grenved hos ekarna var också mycket lägre i de gallrade försöksleden än i kontrollen. Ekarna utnyttjade alltså det ljusinsläpp som gallringen gav upphov till genom att växa och överleva bättre.



Figur 3. Hemisfäriska bilder gav en bild av igenväxningen. Foto: Delphine Larivière.

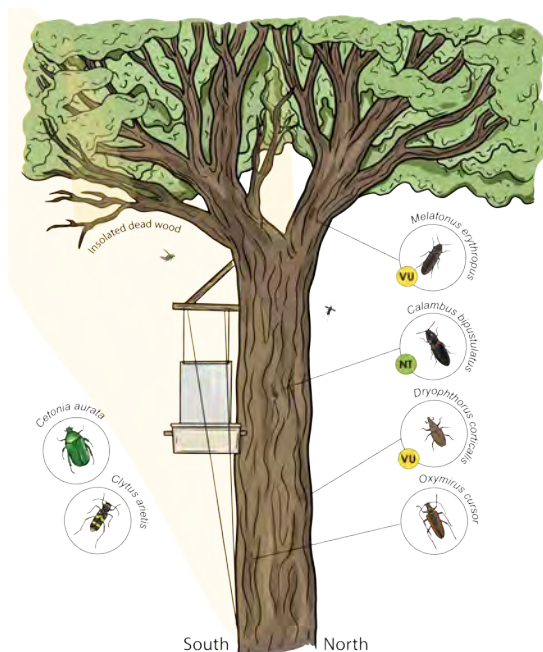
6.4. Kärlväxter

Vi inventerade kärlväxtfloras artsammansättning och förekomst runt varje ek genom en kombination av små provytor och transekter i fyra riktningar. Totalt registrerades 62 arter under ekarna. Täckningsgraden och artrikedomen var signifikant högre i de gallrade försöksleden än i kontrollen. Resultaten antyder att relativt stora luckor (mer än 2 meter runt ekkronan) är en effektiv åtgärd för att behålla naturvårdsvärdena i markfloran i den grandominerade skogen.

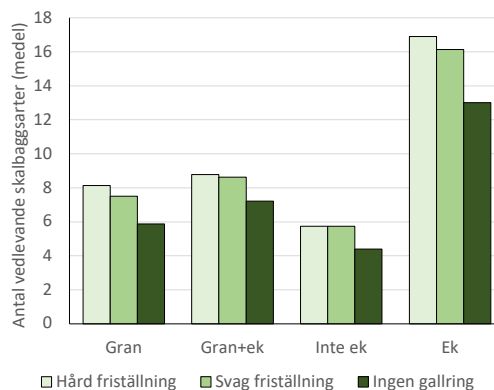
6.5. Vedlevande skalbaggar

Skalbaggar inventerades 2018 och 2019 i fönsterfällor placerade 5 meter upp på sydsidan av varje ek (figur 4). Alla arter klassificerades med avseende på beroende av ek eller gran. Därefter jämförde vi förekomsten och artrikedomen för skalbaggar i varje behandling. Vi fann skillnader i både artantal, antal individer och artsammansättning mellan de gallrade försöksleden och kontrollen (figur 5).

Behandlingarnas effekt var störst för skalbaggar associerade med ek och ädla lövträd jämfört med andra skalbaggsgrupper, vilket tyder på att friställningen av ekar har en positiv effekt på specialistarter. Vi hittade också fler rödlistade arter i de gallrade försöksleden. De skalbaggsgrupper



Figur 4. Fönsterfällorna och några av de specialistarter som hittades. Illustration: Ganna Bazyl/Delphine Lariviere.



Figur 5. Antal skalbaggsarter grupperade efter deras preferenser för antingen gran, ek, båda arterna, eller sådana som skyr ek.

som hittades i kontrollen var framför allt svampätande och skuggtåliga eller skuggberoende arter. Ett exempel är vedborrar av släktet *Trypodendron*, som var vanligare på kontrollträden. Dessa arter är beroende av ett fuktigt mikroklimat för att kunna odla ambrosiasvamp som föda för sina larver. Arter knutna till de gallrade försöksleden dominerades av skalbaggar som lever i lövved och besöker blommor för pollen och nektar.

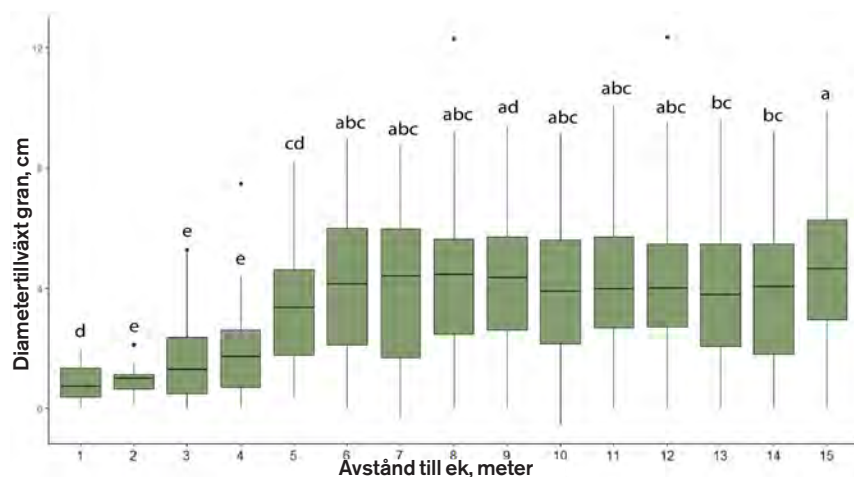
Förvånande nog var det inte mängden död ved eller tjockaste döda gren som bäst förklarade artrikedomen, trots skillnaden mellan försöksleden. Detta kan förklaras av att skalbaggs-larverna kan ha utvecklats i den döda veden medan de vuxna individerna som fångades i fällorna sökte sig till de solexponerade platserna.

6.6. Granens produktion

Vi registrerade position och storlek på varje gran inom 15 meters radie från ekarna. Närmast ekarna var storleken tydligt mindre (figur 6). De granar som planterats närmast ekarna var undertryckta redan vid experimentets start och hade knappast bidragit till beståndets produktion om de hade lämnats kvar under ekarna. Våra mätningar tyder på att friställningen runt de gamla ekarna inte påverkade virkesproduktionen på beståndsskala jämfört med om granarna hade lämnats kvar.

6.7. Slutsatser

Ekar i produktiva granbestånd är i behov av skötsel för att deras överlevnad och naturvårdsvärde ska säkerställas. Friställning är en åtgärd som



Figur 6. Granarnas diametertillväxt i förhållande till avstånd från de friställda ekarna i försöket. Tillväxten hos granen påverkas starkt av eken inom de närmaste 5 metrarna från ekstammen.

kan vidtas vid den första gallringen för att gynna ekarnas vitalitet och värde för mångfalden. En mer kostnadseffektiv åtgärd hade varit att aldrig plantera granar så nära de gamla ekarna, men våra studier visar att ”skadan” går att reparera.

6.8. Referenser

- Axelsson, A.-L., Östlund, L., Hellberg, E. 2002. Changes in mixed deciduous forests of boreal Sweden 1866–1999 based on interpretation of historical records. *Landscape Ecology* 17, 403–418.
- Eliasson, P., Nilsson, S.G. 2002. ‘You should hate young oaks and young noblemen’: the environmental history of oaks in eighteenth- and nineteenth-century Sweden. *Environmental history* 7, 659–677.
- Jonsell, M., Hansson, J., Wedmo, L. J. B. c. 2007. Diversity of saproxylic beetle species in logging residues in Sweden—comparisons between tree species and diameters. *Biological Conservation* 138, 89–99.
- Koch Widerberg, M. 2013. Oak as retention tree in commercial spruce forests: effects on species diversity of saproxylic beetles and wood production. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.
- Larivière, D., Holmström, E., Brunet, J., Weslien, J. 2020. Release of retained oaks in Norway spruce plantations. A 10-year perspective on oak vitality, spruce wood production and ground vegetation. *Forest Ecology and Management* 480, 118670.
- Lindbladh, M., Axelsson, A.-L., Hultberg, T., Brunet, J., Felton, A. 2014. From broadleaves to spruce—the borealization of southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29, 686–696.
- Mitchell, R., Bellamy, P., Ellis, C., Hewison, R., Hodgetts, N., Iason, G., Littlewood, N., Newey, S., Stockan, J., Taylor, A. 2019. OakEcol: A database of Oak-associated biodiversity within the UK. Data in brief 25, 104120.
- Nylund, J.-E. 2009. Forestry legislation in Sweden.
- Nylund, J.-E., Ingemarson, F. 2007. Forest tenure in Sweden: a historical perspective. Swedish University of Agricultural Sciences, Institutionen för skogens produkter.
- Sverdrup-Thygeson, A. 2008. Oaks in Norway: hotspots for red-listed beetles (Coleoptera). Pages 13–26 in *Saproxylic beetles: their role and diversity in European woodland and tree habitats*. Proceedings of the 5th Symposium and Workshop on the Conservation of Saproxylic Beetles, Lüneburg, Germany, 14–16 June 2008. Pensoft Publishers, Lüneburg (Germany).
- Widerberg, M. K., Ranius, T., Drobyshev, I., Nilsson, U. 2012. Increased openness around retained oaks increases species richness of saproxylic beetles. *Biodiversity and conservation* 21, 3035–3059.

7. Björken har potential – dags att lyfta virkesegenskaperna

Grace Jones

Ett av FRAS-projekten har undersökt hur man kan få fram bättre virkesegenskaper hos björk, bland annat med hjälp av genetisk förädling, modern mätteknik och hur kvalitetsegenskaperna påverkas av skogs-skötsel. Förhoppningen är att den ökade kunskapen kan göra björkskogen mer eftertraktad och i förlängningen inspirera till nya produkter och användningsområden.

Skogsträdsförädlingen har ofta favoriserat vårtbjörk (*Betula pendula* Roth) framför glasbjörk (*Betula pubescens* Ehrh.). Glasbjörken överlever visserligen på ett bredare register av ståndorter jämfört med vårtbjörk (Hytönen m.fl. 2014) men den har också oftast lägre virkesproduktion (Viherä-Aarnio & Velling 1999, Hytönen m.fl. 2014). Fokus för björkförädlingen i Sverige har varit att förbättra överlevnad, volymtillväxt (Haapanen 2015, Jansson m.fl. 2017, Liziniewicz m.fl. 2022), grenkaraktärer och stamform (Stener & Hedenberg 2003, Stener & Jansson 2005) hos vårtbjörk. Dessa egenskaper kan oftast mätas visuellt och är dessutom några av de viktigare faktorerna för björkvirkets värde: storlek, form och grenar (Luostarinen & Verkasalo 2000, Johansson 2008, Biometria 2022).

Det finns genetiska studier som har varit direkt inriktade på björkens virkeskvalitet, men de är inte många: svenska björkförädlare har studerat vårtbjörkens ved- och fiberegenskaper för pappersmassaproduktion (Stener & Hedenäs 2003); en studie från Lettland undersökte virkets hårdhet hos vårtbjörk (Baliuckiene & Baliuckas 2006); en finsk proveniensstudie fokuserade på veddensitet (Viherä-Aarnio & Velling 2017); och i ett norskt avkommeförsök undersöktes densitet och fiber-vinkel (Austad 2018).

Fortfarande är resultaten från de olika studierna inte direkt jämförbara, men de pekar ändå mot att



Blivande kvalitetsvirke? Foto: Mats Hannerz.

viktiga vedegenskaper är under genetisk kontroll, och att de därför är användbara som urvalskriterier i ett förädlingsprogram för björk.

Det har visats att hög volymproduktion hos björk kan ge lägre densitet (Stener & Hedenberg 2003), och det talar för att förädlare bör ta hänsyn till flera egenskaper samtidigt. Med de allt populärare konstruerade träprodukterna som limträ och korslaminerat virke (AS Latvijas Finieris 2006, Manninen 2014, Verkasalo m.fl. 2017,) blir storleken på virket mindre viktig (Heräjärvi 2004) eftersom delar kan sättas samman och vissa defekter kan skäras bort.

Stamegenskaperna kan, som nämnts, uppfattas visuellt i fält, så därför är det möjligt att höja kvaliteten genom att gallra bort dåliga stamformer (Fällman m.fl. 2003, Kilpeläinen m.fl. 2011, Skovsgaard m.fl. 2021) eller att stamkvista (Schatz 2008, Stener m.fl. 2017, Niemistö 2019). De inre vedegenskaperna kan dock inte ses från utsidan, även om det finns verktyg för icke-destruktiv mätning av virkeskvalitet (så kallade NDT, *Non-destructive tools*) som kan snabba på mätningarna. Det finns därför skäl att fokusera på virkeskvalitet i björkförädlingsprogrammen; att förbereda för framtida marknader och produktkrav, och att undvika att virkeskvaliteten sjunker om man bara förädlar för volymtillväxt.

7.1. Vad vet vi om björkens virkesegenskaper?

Björkens fibervinkel varierar från mårgen till barken (Johansson 2013) och är ganska stabil i äldre årsringar. En fibervinkelmätare kan ge en bra indikation på fibervinkeln i de yttre årsringarna (Hallingbäck 2010), men däremot inte hur fibervinkeln förändras radiellt. För tall har de inre årsringarna stor påverkan på det sågade virkets formstabilitet (Hallingbäck 2010), så den unga fibervinkeln kan vara viktig för slutprodukten.

Björkens densitet varierar radiellt (Heräjärvi 2004a, Lundqvist m.fl. 2013, Dobrowolska 2020), och korrelationen med virkets hårdhet har visat sig vara över 0,5 (Heräjärvi 2004a) eller omkring 0,4 (Dunham m.fl. 1999, Jones 2021). Björkens veddensitet är också korrelerad med styvhet och styrka (korrelationer över 0,6, Heräjärvi 2004b). Björkdensitet mäts normalt från utsågade virkes-trissor (Stener & Hedenberg 2003, Viherä-Aarnio & Velling 2017, Nilsson m.fl. 2021), medan icke-destruktiva metoder (t.ex. borrhärnor eller densitometer) är mindre vanliga för björk (Baliuckiene & Baliuckas 2006, Austad 2018, Jones m.fl. 2021).

För styvhet och styrka har mätningar med akustisk velocitet (AV) på stående träd visat sig vara korrelerade med akustiska velocitet på sågstockar (*B. pendula* och *B. pubescens*) på Irland (Llana m.fl.

Tabell 1. Stam- och vedegenskapers påverkan på kvalitetsklassningen av stocken, och i slutänden egenskaperna hos slutprodukten och därmed skogens värde. Referenserna ger exempel på påverkan av dessa egenskaper.

Egenskap	Skogstillväxt	Klassning av stock	Slutproduktens värde
Volym	Ökad tillväxt förkortar omloppstiden	Önskvärd storlek och betalning i \$/m ³ (Johansson 2008, Luostarinen & Verkasalo 2000)	Mer produkter produceras.
Kvistar	Stamkvistning för att öka kvistfritt virke kostar pengar (Stener 2017, Cameron 1996)	Få kvistar ger högre värde (Johansson 2008, Hyninen m.fl. 2010)	Kvistfrekvens för kvalitetsklassning av stammar (AS Latvijas Finieris 2006). Kvistar minskar björkens styrka (Dunham m.fl. 1999).
Densitet		Mekaniska egenskaper korrelerade med andra virkesegenskaper (M. Johansson m.fl. 2013).	Påverkar produkttegenskaperna, därför finns ett lägsta densitetskrav (AS Latvijas Finieris 2006). Bearbetning påverkar den slutliga densiteten.
Färg		Visuell defekt.	Bearbetning kan också påverka färgen (Luostarinen & Möttönen 2009)
Styvhet		Bedöms för närvarande inte för björk.	Påverkar mekaniska egenskaper (Pramreiter 2020b).
Form och defekter	Galling tar bort träd med dålig stamform.	Stockar vrakas för dålig form och defekter (Johansson 2008).	Påverkar volymsutbytet, skärs normalt bort (Viherä-Aarnio & Velling 1999)
Fiber		Bedöms för närvarande inte för björk.	Påverkar visuella och mekaniska egenskaper (Pramreiter m.fl., 2020).

2020). I samma studie var akustisk velocitet eller dynamisk styvhet (Edyn0) korrelerade med böj-hållfasthet. Edyn0 är akustisk velocitet med hänsyn till densitet. Akustisk velocitet hos fanér har också visat sig korrelera med draghållfasthet hos finsk vårtbjörk (Pramreiter m.fl. 2020a, 2020b), och här visade det sig att fibervinkel kunde förbättra hållfastheten (Pramreiter 2020b).

Vid svenska sågverk tar man inte hänsyn till de inre vedegenskaperna när man kvalitetsklassar virket (se virkeskvalitetsklassningen hos den oberoende organisationen Biometria, 2022), detta trots att tillverkare som AS Latvija Finieris rapporterar en del hållfasthets- och densitetsvärden för sina plywoodprodukter (AS Latvijas Finieris 2006).

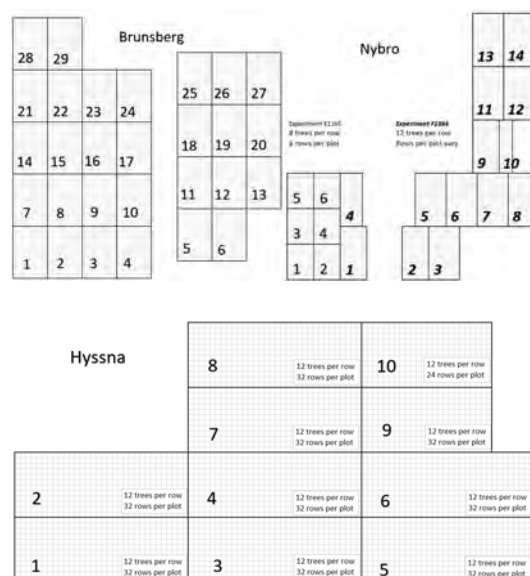
7.2. Studier i Brunsberg, Hyssna och Nybro

I min avhandling har jag bland annat utnyttjat tre genetiska försök med björk, alla i södra Sverige. På två lokaler, Brunsberg i Värmland och Hyssna i Västergötland, planterades år 1999 28 vårtbjörksfamiljer i form av helsyskon, halvsyskon och några kloner (Jones m.fl. 2021). En tredje lokal planterades år 2003 med förädlade glasbjörksfamiljer (Jones, manuscript). På alla tre lokaler var förbandet 2x2 meter och planteringen gjordes med täckrotsplantor (figur 1). År 2018 mättes brösthöjdsdiametern och stammens egenskaper upp till 8 meters höjd: rakhet, grenvinkel, grentjocklek och grenantal. Stamegenskaperna klassades på en skala 1–9 där 9 var bäst och 5 var en medelstam.

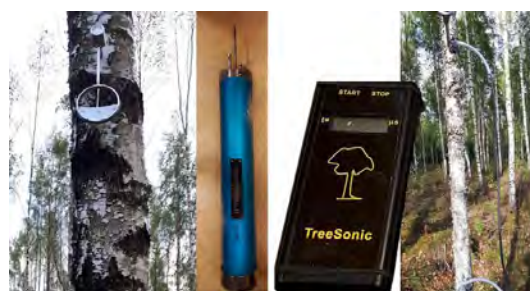
Fibervinkeln mättes med en fibervinkelmätare, hårdhet med *Pilodyn 6J Forest* (Proceo, Zürich, Switzerland) motståndsmätare, och akustisk velocitet med en *TreeSonic Timer* (FAKOPP Enterprise, Agfalva, Ungern) (figur 2). Mätningarna utgick från brösthöjd, och resultaten användes som virkesegenskaper i den genetiska analysen.

7.3. Våra resultat

För densitet var skattningarna av arvbarhet (heritabilitet, h^2) för vårtbjörk och glasbjörk lägre (0,5–0,6) än de som tidigare rapporterats av Stener och Hedenberg (2003) för vårtbjörk (0,7). Deras studie inkluderade 11-åriga vårtbjörkskloner som mättes för stamform, veddensitet, massa- och fiberegenskaper. Stener och Hedenbergs skattningar av heritabilitet för volym (diameter och höjd) var omkring 0,4, medan vi fann den betydligt lägre för vårt- och glasbjörk (0,0–0,3). Det är förväntat



Figur 1. Försöksutformning. Varje ruta är 2x2 meter.



Figur 2. Redskap för icke-destruktiv virkeskvalitetsmätning: Fibervinkelmätare, Pilodyn motståndsmätare, TreeSonic Timer. Foto: Grace Jones.

att kloner har högre heritabilitet än avkommor, och densitet förväntas normalt ha högre heritabilitet än storlek och formegenskaper (Cornelius 1994).

Den genetiska variationen för densitet var låg (3–7 %) (tabell 2). Andra forskare har också funnit en låg genetisk variation för densitet (Stener & Hedenberg 2003, Cornelius 1994), så de låga värdena var förväntade. Fibervinkeln hade å andra sidan hög genetisk variation (18–51 %) och en måttlig heritabilitet (0,2). Urval av träd för bättre fibervinkel skulle därför kunna ge en tillfredsställande genetisk vinst. Som kontrast hade akustisk velocitet en extremt låg genetisk variation (omkring 1 %) för alla lokaler och för båda

Tabell 2. Virkesegenskaper och deras skattade heritabilitet (h^2) och genetiska variationskoefficient (GCV).

Egenskap	h^2	GCV (%)
Fibervinkel	0,2	18–51
Densitet (pilodyn)	0,4–0,6	3–7
Akustisk velocitet	0,0–0,3	1

björkarterna. Austad (2018) hade problem med att mäta fibervinkel i äldre träd på grund av barkens tjocklek.

Den genetiska korrelationen mellan lokalerna för vårtbjörksförsöken var hög för alla studerade virkesegenskaper (tabell 3). Det betyder att de bästa familjerna kommer att visa goda egenskaper på flera olika ståndorter, och att genotyp x miljö-samspelet (GxE) är lågt. Stener och Jansson (2005) fann också ganska höga genetiska korrelationer mellan lokaler, även om deras studie inte innefattade virkesegenskaper. De hade ett stort antal försökslokaler och GxE var högre för brösthöjdsdiameter (över 0,5) än de som gällde för Hyssna och Brunsberg (under 0,5, Jones 2021).

Tabell 3. Virkesegenskaper och deras korrelation mellan lokaler (Hyssna och Brunsberg).

Egenskap	Genetisk korrelation mellan lokaler
Fibervinkel	0,96
Pilodyn-inträngning	0,82
Akustisk velocitet	1,00

Det fanns några ogynnsamma genetiska korrelationer mellan egenskaper, men dessa var inte så entydiga. Det kan vara värt att notera att den genotypiska korrelationen mellan brösthöjdsdiameter och fibervinkel var 0,5–1,0, och den mellan brösthöjdsdiameter och Pilodyn-inträngning var –0,3–0,5.

I Nybro, där både vårt- och glasbjörk testades, hade vårtbjörken grövre stammar, grövre bark och större fibervinkel (tabell 4). Skillnaderna mellan trädslagen var dock inte signifikant. Volymtillväxt (Hytönen m.fl. 2014) och gränsen för skrovelbark är ofta angivna som skillnader mellan de båda björkarterna (Cameron 1996, Hytönen m.fl. 2010), men fortfarande saknas till stor del direkta jämförelser mellan arterna när det kommer till virkesegenskaper.

Tabell 4. Stam- och vedegenskaper i Nybro, skillnad mellan vårtbjörk och glasbjörk. Fetmarkerade värden är signifikant åtskilda.

Egenskap	Enhet	Vårtbjörk	Glasbjörk
Diameter 15 år	mm	110	73
Skrovelbark, höjd			
Fibervinkel (medel)	°	-2,0	-1,7
Pilodyn-inträngning			
Akustisk velocitet	m/sek	3892	3873
Veddensitet	kg/m ³	408	399

7.4. Slutsatser

Försöken visade att egenskaperna hårdhet och fibervinkel har hög heritabilitet både för vårtbjörk och glasbjörk. Egenskapen akustisk velocitet har däremot låg heritabilitet. Den genetiska variationen för fibervinkel var stor, och det finns därför potential att förbättra denna i den genetiska förädlingen av trädslagen. Den genetiska korrelationen mellan lokaler visar också att en genotyp har liknande egenskaper i olika miljöer.

7.5. Referenser

AS Latvijas Finieris, 2006. Plywood Handbook.

Austad, M. 2018. Parental and individual variation of growth traits and wood density in a progeny trial after a complete diallel crossing of 9 Silver birch (*Betula pendula*) trees in south-eastern Norway: Norwegian University of Life Sciences, Ås.

Baliuckienė, A., Baliuckas, V. 2006. Genetic variability of silver birch (*Betula pendula* L.) wood hardness in progeny testing at juvenile age. Baltic Forestry 12, 134–140.

Biometria. 2022. Lokala mättningsbestämmelser [Internet]. 2022. <https://www.biometria.se/publikationer/maetningsinstruktioner/maetningsbestaemmelser/lokala-maetningsbestaemmelser/>.

Cameron, A.D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. Forestry 69, 357–371.

Cornelius, J. 1994. Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. Canadian Journal of Forest Research 24, 372–379.

- Dobrowolska, E., Wroniszewska, P., Jankowska, A. 2020. Density distribution in wood of European birch (*Betula pendula* Roth). *Forests* 11, 445.
- Dunham, R., Cameron, A., Petty, J. 1999. The effect of growth rate on the strength properties of sawn beams of silver birch (*Betula pendula* Roth). *Scandinavian Journal of Forest Research* 14, 18-26.
- Fällman, K., Ligné, D., Karlsson, A., Albrektsson, A. 2003. Stem quality and height development in a *Betula*-dominated stand seven years after precommercial thinning at different stump heights. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18, 145-154.
- Haapanen, M., Jansson, G., Nielsen, U.B., Steffenrem, A., Stener, L-G. 2015. The status of tree breeding and its potential for improving biomass production- A review of breeding activities and genetic gains in Scandinavia and Finland. Skogforsk.
- Hallingbäck, H.R., Jansson, G., Hannrup, B., Fries, A. 2010. Which annual rings to assess grain angles in breeding of Scots pine for improved shape stability of sawn timber. *Silva Fennica* 44, 275-288.
- Heräjärvi, H. 2004a. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. *Wood and Fiber Science* 36, 216-227.
- Heräjärvi, H. 2004b. Static bending properties of Finnish birch wood. *Wood Science and Technology* 37, 523-530.
- Heräjärvi, H., Jouhio, A., Tammiruu, V., Verkasalo, E. 2004. Small-diameter Scots pine and birch timber as raw materials for engineered wood products. *International Journal of Forest Engineering* 15, 23-34.
- Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S., Velling, P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry* 83, 103-119.
- Hytönen, J., Saramäki, J., Niemistö, P. 2014. Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29, 1-11.
- Jansson, G., Hansen, J.K., Haapanen, M., Kvaalen, H., Steffenrem, A. 2017. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 32, 273-286.
- Johansson, J. 2008. The Swedish hardwood sawmill industry: Structure, present status and development potential. *Wood Material Science & Engineering* 3, 94-101.
- Johansson, M., Säll, H., Lundqvist, S-O. 2013. Properties of materials from Birch-Variations and relationships: Part 2. Mechanical and physical properties. Linnaeus University.
- Jones, G., Liziniewicz, M., Adamopoulos, S., Lindeberg, J. 2021. Genetic parameters of stem and wood traits in full-sib silver birch families. *Forests* 12, 159.
- Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Heräjärvi, H., Verkasalo, E. 2011. Saw log recovery and stem quality of birch from thinning in southern Finland. *Silva Fennica* 45, 267-282.
- Liziniewicz, M., Barbeito, I., Zvirgzdins, A., Stener, L-G., Niemistö, P., Fahlvik, N., Johansson, U., Karlsson, B., Nilsson, U. 2022. Production of genetically improved silver birch plantations in southern and central Sweden. *Silva Fennica* 56, article id 10512.
- Llana, D.F., Short, I., Harte, A.M. 2020. Use of non-destructive test methods on Irish hardwood standing trees and small-diameter round timber for prediction of mechanical properties. *Annals of Forest Science* 77, 1-13.
- Lundqvist, S., Grahn, T., Olsson, L. 2013. Properties of materials from birch-variations and relationships. Part 1: Growth, wood density and biomass. Innventia Report.
- Luostarinen, K., Möttönen, V. 2009. Effect of felling season, storage and drying on colour of silver birch (*Betula pendula*) wood from four different growing sites. *Silva Fennica* 43, 699-709.
- Luostarinen, K., Verkasalo, E. 2000. Birch as sawn timber and in mechanical further processing in Finland. A literature study. *Silva Fennica Monographs* 1. 40 p.
- Manninen, H. 2014. Long-term outlook for engineered wood products in Europe. European Forest Institute.
- Niemistö, P., Kilpeläinen, H., Heräjärvi, H. 2019. Effect of pruning season and tool on knot occlusion and stem discolouration in *Betula pendula* – situation five years after pruning. *Silva Fennica* 53, article id 10052.

- Nilsson, J.A., Jones, G., Håkansson, C., Blom, Å., Bergh, J. 2021. Effects of fertilization on wood formation in naturally regenerated juvenile silver birch in a Norway spruce stand in south Sweden. *Forests* 12, 415.
- Pramreiter, M., Bodner, S.C., Keckes, J., Stadlmann, A., Kumpenza, C., Müller, U. 2020b. Influence of fiber deviation on strength of thin birch (*Betula pendula* Roth) veneers. *Materials* 13, 1484.
- Pramreiter, M., Stadlmann, A., Linkeseder, F., Keckes, J., Müller, U. 2020a. Non-destructive testing of thin birch (*Betula pendula* Roth) veneers. *BioResources* 15, 1265-1281.
- Schatz, U., Heräjärvi, H., Kannisto, K., Rantatalo, M. 2008. Influence of saw and secateur pruning on stem discolouration, wound cicatrization and diameter growth of *Betula pendula*. *Silva Fennica* 42, article id 258.
- Skovsgaard, J.P., Johansson, U., Holmström, E., McCarty T, R., Ols, C., Attochi, G. 2021. Effects of thinning practice, high pruning and slash management on crop tree and stand growth in young even-aged stands of planted silver birch (*Betula pendula* Roth). *Forests* 12, 225.
- Stener, L-G., Hedenberg, Ö. 2003. Genetic parameters of wood, fibre, stem quality and growth traits in a clone test with *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18, 103-110.
- Stener, L-G., Jansson, G. 2005. Improvement of *Betula pendula* by clonal and progeny testing of phenotypically selected trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20, 292-303.
- Stener, L-G., Rytter, L., Jansson, G. 2017. Effects of pruning on wood properties of planted silver birch in southern Sweden. *Silva Fennica* 51, article id 1713.
- Verkasalo, E., Heräjärvi, H., Möttönen, V., et al., (editors). 2017. Current and future products as the basis for value chains of birch in Finland. *Proceedings of the International Scientific Conference on Hardwood Processing*.
- Viherä-Aarnio, A., Velling, P. 1999. Growth and stem quality of mature birches in a combined species and progeny trial. *Silva Fennica* 33, article id 659.
- Viherä-Aarnio, A., Velling, P. 2017. Growth, wood density and bark thickness of silver birch originating from the Baltic countries and Finland in two Finnish provenance trials. *Silva Fennica* 51, article id 7731.

8. Skötsel på pixelnivå

– ett effektivare skogsbruk?

Magnus Persson

Tanken bakom precisionsskogsbruk är att det idag finns så mycket information om skogen ner till nivån enskilda träd, och att det därför borde gå att skräddarsy skötseln i varje trädgrupp i stället för hantera ett helt bestånd med samma skötselåtgärd. För att testa precisionsskogsbrukets potential har ett av FRAS-projekten analyserat konsekvenserna av precisionsskogsbruk i gallringar.

8.1. Beståndsvariation och skötsel

Inom produktionsskogsbruket är målet oftast att etablera homogena bestånd genom att en lokal (bestånd, avdelning) föryngras med ett eller flera för ståndorten passande trädslag i jämna förband. Indelningen av skogen i bestånd baseras idag på faktorer som beståndsålder, trädslagssammansätt-

ning, trädskiktning, bördighet och medelhöjd. Även om avgränsningen görs för att få så stor likhet som möjligt inom beståndet, finns alltid en rumslig variation i ståndortsegenskaper som bördighet, jordart och markfuktighet. Det trädslag som var i fokus under etableringen får ofta sällskap av självföryngrade träd. Träden i beståndet utsätts också för skador och kalamiteter under hela sin livstid. Det skapar en rumslig variation som gör att beståndet kommer att variera i trädslagssammansättning, trädstorlek och produktion.

Variationen inom bestånd, definierad som skillnader i grundyta och övre höjd mellan homogena delområden inom bestånd, gör att nyttan med skötsel på beståndsnivå kan ifrågasättas: att en behandling genomförs jämnt över ett givet skogsbestånd, från vilket det antas följa en homogen skötselrespons. Man kan tänka sig att ju

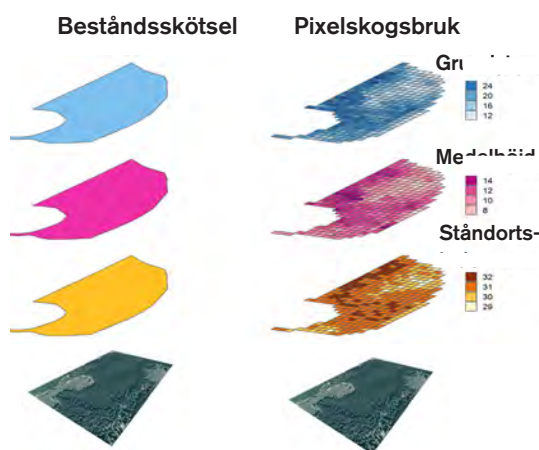


Många är intresserade av FRAS resultat om precisionsgallring, här på en exkursion i Floda. Foto: Mats Hammerz.

större variationen är inom beståndet, desto högre blir alternativkostnaden för olika nyttor (virkesproduktion, beståndsekonomi) om beståndet sköts med ett homogent skötselprogram. Ett alternativ till skötsel på beståndsnivå skulle kunna vara ett precisionsskogsbruk, där varje delområde i ett bestånd sköts så att till exempel produktion och ekonomi optimeras.

8.2. Precisionsskogsbruk

Inom precisionsskogsbruket planeras skogsbruk i mindre skala än beståndet, t.ex. på pixelnivå (synonym med delområde), baserad på högupplösta data (Bare & Dyck 2001, Kovacsova & Antalova 2010) (figur 1). Genom att representera delar av bestånd som pixlar, kan skötseln anpassas till variationen inom bestånden. På detta sätt kan man tänka sig att precisionsskogsbruk kan bidra till att mer av tillväxtpotentialen kan tas tillvara och att bättre beståndsekonomi kan erhållas. Gallringsstyrka och gallringsform kan till exempel anpassas till grundtyta, medelhöjd och trädslagssammansättning i varje pixel, detta har vi valt att kalla precisionsgallring.



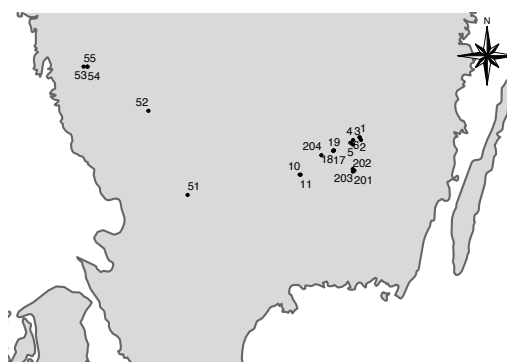
Figur 1. Illustration av information som används vid beståndsskötsel och övergången till pixelskogsbruk.

8.3. Precisionsgallring jämfört med beståndsgallring

I min forskning utvärderar jag om det skulle spela någon roll för produktionen och lönsamheten att – inom ramen för trakthyggesbruket – ta

beslut för enskilda delbestånd inom en avdelning (precisionsgallring, pixelskogsbruk), jämfört med beståndet som helhet (beståndsskötsel). Här har jag valt att belysa studien om precisionsgallring eftersom den har en tydlig och aktuell koppling till dagens intresseväg för nyttan med digitalisering. Många menar att teknologiska framsteg gör att vi kan uppnå våra skötselmål på ett mer effektivt sätt. Den eventuella nyttan med detta behöver dock utvärderas och prövas för olika skötselmål. En annan viktig del med mitt doktorandprojekt är att undersöka beståndsvariationen före och efter gallring, hur första gallringar genomförs, samt kortsikliga effekter av olika grundtyper efter gallring.

I projektet ingår provytor utlagda i 20 gallringsbestånd i södra Sverige under 2018 (figur 2). De utvalda bestånden skulle vara gran- eller talldominerade (>80 % stående volym) samt planerade för den första kommersiella gallringen mellan vegetationsperioderna 2018 och 2019. I karaktär skulle de motsvara normala produktionsbestånd.



Figur 2. Den geografiska platsen för de 20 bestånden inom studieområdet.

De uppmätta provytornas framtida utveckling undersöktes genom att simulera tillväxten över en full omloppstid med hjälp av Heureka's program *Plan Vis* (Eggers & Öhman 2020). Optimeringsmodulen i Heureka tilldelade optimala behandlingsprogram för varje provyta och bestånd, med hjälp av scenariogrupperna Beståndsgallring (BG) och Precisionsgallring (PG). Målet var att maximera nuvärdet med en ränta på 2 %. Gallringarna styrdes av de gallringsmallar som utvecklats av Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen 1984) och inga gallringar genomfördes efter 20 m i övre höjd.

8.3.1. Beståndsgallring

Detta scenario återspeglade den allmänna praxisen, när korrekt information om ståndortsförhållanden och beståndsstruktur endast är tillgänglig på beståndsnivå. I BG utgjordes varje behandlingsenhet av de 10 ursprungliga provytorna i ett bestånd. Beslut om gallringsstyrka och gallringsform antas därför inte kunna variera inom avdelningen. Gallringstidpunkt, gallringsform och tidpunkt för slutavverkning var densamma för alla provytor i beståndet. Planvis användes för att ta fram det optimala skötselprogrammet på beståndsnivå men det applicerades manuellt på varje provyta med hjälp av *BeståndsVis*.

8.3.2. Precisionsgallring

Precisionsgallring (PG) representerar fallet när gallringar planerades och optimerades för varje provyta. Det var inte möjligt att avverka under den lagstadgade stående volymen i varje provyta, vilket var fallet i BG.

I PG behandlades varje provyta som enskilda bestånd i sin obegränsade form. De behövde inte gallras samtidigt som någon annan provyta inom samma bestånd. Gallringarna i varje bestånd skulle utföras oberoende av varandra men omloppstiden var avsedd att vara densamma för alla provytor.

8.3.3. Kriterier för gallring och slutavverkning

Varje behandlingsenhet utvärderades för gallring i början av varje ny 5-årsperiod, men den utfördes endast om de fastställda kriterierna var uppfyllda. Gallringsriktlinjer från Skogsstyrelsen kvantifierade hur mycket stående volym som fick tas bort från ett bestånd vid en given övre höjd, samtidigt som det uppfyller det lagkrav på stående volym som regleras i skogsvårdslagen 10 §. Avverkning i stickvägarna ingick inte annat än i kostnadsberäkningarna. De officiella rekommendationerna är att stoppa gallringsprogrammet på en genomsnittlig övre höjd på 20 m, eftersom risken för vindfällning ökar med höjden (Valinger & Fridman 2011). Följaktligen sattes maxhöjden för alla gallringar till 20 m i övre höjd.

8.3.4. Utvärdering

Utvärderingen av scenarierna gjordes utifrån ekonomi, potentiell beståndsavkastning och gallringsregim. I Heureka beräknas nettonuvärdet (NPV) genom summering av det diskonterade årliga

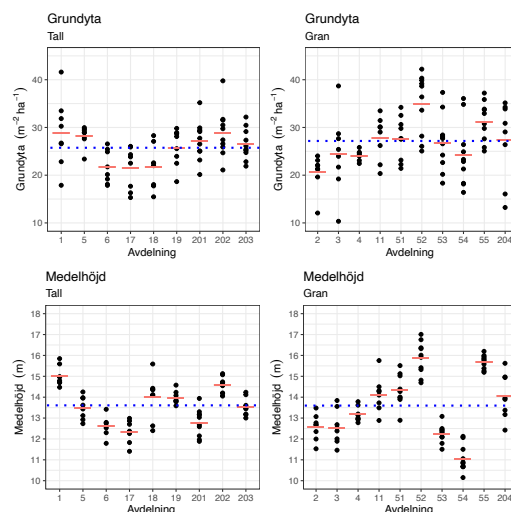
kassaflödet från skogsvårdsbehandlingar i första generationen tillsammans med markvärdet (LEV) (anpassad från Faustmann 1849).

Medeltillväxten under omloppstiden utvärderades med hjälp av den genomsnittliga årliga tillväxten av levande stamvolym.

8.4. Resultat och diskussion

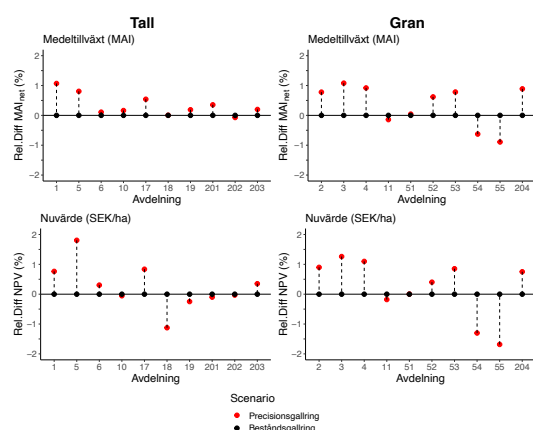
Inom enskilda bestånd var det en stor variation i grundyta och i grundytävägd medelhöjd innan gallring. Detta visar på att det fram till första gallringen skett aggregerad avgång och att produktionen varierat inom avdelningarna. Holmström m.fl. (2019) fann i ett stort provyuteutlägg i Götaland att avgången för planterade granplantor aggregerades på hyggen med mest varierande ståndortsförhållanden. Faktorerna som styr avgången är ju som bekant trycket från snytbagge, bete, frost, torka, men även markberedningstyp osv. Samma faktorer har troligen påverkat överlevnaden och tillväxten för avdelningarna i vårt provyuteutlägg och förklarar till en vis del den variation man kan se i figur 3.

Medeltillväxten var obetydligt högre för precisionsgallringen (10,8 jämfört med 10,7 m³ha⁻¹ år⁻¹). Det visade sig inte vara någon skillnad i

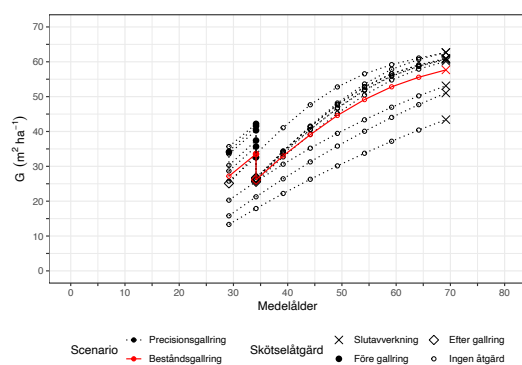


Figur 3. Medelvärde per provyta och avdelning före gallring i paneler innehållande grundyta och övre höjd. Avdelningarna är sorterade efter deras avdelningsnamn på X-axeln, där de svarta prickarna motsvarar provytevärdena på Y-axeln och avdelningsmedelvärdet som de röda korta linjerna. Blå prickade linjer motsvarar det trädslagsvisa medelvärdet för hela provyuteutlägget.

nettonuvärde mellan de båda gallringsalternativen. Resultaten tyder på att precisionsgallring inte gav några tydliga fördelar när det gäller avkastning och ekonomi (figur 4).



Figur 4. Illustration av den relativa skillnaden i medeltillväxt ($RelDiff MAI_{net}$) för PG jämfört med BG för tall (övre vänster) och gran (övre höger), och den relativa skillnaden i nuvärde ($RelDiff NPV$) för PG jämfört med BG för tall (botten vänster) och gran (botten höger). På x-axeln är varje avdelning upprädd och BG utgör alltid referensen som PG har jämförts mot.



Figur 5. Beståndsutvecklingen i grundyta över tid för avdelning 204, vilket är ett granbestånd med relativt hög variation i grundyta innan gallring. De svarta prickarna representerar individuella provtytor för scenariot Precisionsgallring och de röda prickarna motsvarar medelvärden för alla provtytor i scenariot Beståndsgallring.

Den frihet som precisionsgallring ger i att anpassa gallringsstyrka, gallringsform och tidpunkt (figur 5) tycks inte generera ett mer optimalt uttag av grundyta i normala gallringsbestånd. Detta resultat visar på att vår grundtanke att alternativkostnaden ökar om man ignorerar variationen, möjligtvis inte stämmer.

8.5. Har precisionsgallringen en framtid?

Precisionsgallring är ett begrepp som, likt precisionsskogsbruk, har en mängd olika definitioner och olika användare lägger olika mycket vikt på olika nyttor. I mitt fall har jag valt att utvärdera nyttan i virkesproduktion och beståndsekonomi. Andra kanske lägger vikten vid utvecklingen av drivningssystem eller skattning av skogliga variabler.

Givet variationen som vi fann i vårt provtyteutlägg så kan man utan tvekan ifrågasätta om det är lämpligt att basera beslutet om gallringsstyrkan på medelvärden för grundyta och medelhöjd. Om det teoretiskt skulle användas samma gallringsstyrka överallt i ett bestånd så skulle man bevara variationen och detta talar för att gallringarna kanske behöver utföras mer ”precist”.

Resultaten visar inte någon stor vinst av precisionsgallring, men detta kan mycket väl bero på hur vi ställt upp problemet i Heureka. Det är troligt att vår metod att utvärdera problemet kan behöva utvecklas då det fanns vissa svårigheter i att implementera problemet i Heureka Planvis. Dessutom har andra skötselmål än virkesproduktion och tillväxt inte utvärderats och det är möjligt att nyttan kan vara större för naturvård eller sociala värden.

Metoder för att bedriva precisionsgallring finns redan och kommer att utvecklas i en rasande takt framöver. Vi har landstäckande Skogliga grunddata, Markfuktighetskartor, HPR Gallring och andra produkter och mjukvaror vilka kan uppdateras med hjälp av skogliga tillväxtmodeller och uppföljning av skötselåtgärder i fält. Detta tillåter redan idag anpassning och planering av skötselåtgärder i detalj innan entreprenörer och maskinlag anländer till trakten.

De potentiella nyttorna med precisionsgallring kommer troligen dyka upp längs hela värdekedjan och när det gäller måluppfyllnad i skogsskötseln kommer det inte enbart att handla om beståndsekonomi och tillväxt. Begreppet precisionsgall-

ring bör även inbegripa nyttan av bättre planerad naturhänsyn, skonsammare drivning och vatten-vård etc. I utvärderingen av nyttorna bör man inte heller vara begränsad till fasta beståndsgränser; det finns troligen vinster i att arbeta med mer dynamiska skötselenheter, där beståndsgränserna omdefinieras efter behov. Dynamiska skötselenheter har utvärderats som metod under lång tid (Holmgren & Thuresson 1997, Heinonen et al. 2007, Packalén et al., 2011, Miguel et al. 2013, Pukkala et al., 2014, Pukkala 2018, 2020, Wilhelmsson et al. 2021, Wilhelmsson et al. 2022) och har på senare år utvecklats och utvärderats för svenskt skogsbruk (Wilhelmsson et al. 2021, Wilhelmsson et al. 2022).

Drivningsmetoder och tekniken kommer troligen utvecklas vidare och bidra till minskade fasta och rörliga drivningskostnader. Metoder som är på ingång är gallring med drönare (*Airforestry*) vilket är en helt ny typ drivningsmetod där arbetet kan fördelas på en flock drönare i stället för ett bestämt skördar-skotar lag. Med drönar-systemet är trädvalet mycket mer fritt, då de tvingande uttaget i stickvägar undviks och färden till de avverkningssmogna träden inte är begränsad av terrängen. Detta innebär i praktiken att skogens tillstånd efter gallring kan hamna i fokus och att bättre skogs-skötsel kan implementeras.

Skogen behöver inte nödvändigtvis representeras med pixlar utan det är också fullt möjligt att använda individuella träd som minsta enhet, men i forskning och praktiken har man inte kommit lika långt i metodutvecklingen. Därför har vi hållit oss till pixelskogsbruk som är den del av precisions-skogsbruk.

Sammanfattningsvis finns det många aspekter av precisionsgallring som behöver utvärderas och förhoppningen är att den tekniska utvecklingen möjliggör skonsammare gallring och att det kan komma alla skogens värden till gagn.

8.6. Referenser

Bare, B., & Dyck, B. (2001, June 17 - 20). Opening remarks - Precision Forestry. Preceedings of The First International Precision Forestry Cooperative Symposium Seattle, Washington.

Eggers, J., & Öhman, K. (2020). Overview of the PlanWise application and examples of its use Report 514. 1-38. Department of Forest Resource Management, Swedish University of Agricultural Sciences.

Faustmann, M. (1849). Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirthschaft besitzen [Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry]. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 25, 441-455.

Heinonen, T., Kurttila, M., & Pukkala, T. (2007). Possibilities to Aggregate Raster Cells through Spatial Optimization in Forest Planning. *Silva Fennica*, 41(1), 89-103. <https://doi.org/10.14214/sf.474>

Holmgren, P., & Thuresson, T. (1997). Applying Objectively Estimated and Spatially Continuous Forest Parameters in Tactical Planning to Obtain Dynamic, Treatment Units. *Forest Science*, 43(3), 317-326. <https://doi.org/10.1093/forestscience/43.3.317>

Holmström, E., Gålnder, H., & Petersson, M. (2019). Within-Site Variation in Seedling Survival in Norway Spruce Plantations. *Forests*, 10(2), 181. <https://doi.org/10.3390/f10020181>

Kovacsova, P., & Antalova, M. (2010). Precision forestry-definition and technologies. *Šumarski list*, 134(11/12), 603-611.

Miguel, S. d., Pukkala, T., & Pasalodos, J. (2013). Dynamic treatment units: flexible and adaptive forest management planning by combining spatial optimization methods and LiDAR. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 37, 43-48.

Packalén, P., Heinonen, T., Pukkala, T., Vauhkonen, J., & Maltamo, M. (2011). Dynamic Treatment Units in Eucalyptus Plantation. *Forest Science*, 57(5), 416-426. <https://doi.org/10.1093/forestscience/57.5.416>

Pukkala, T. (2018). Optimized cellular automaton for stand delineation. *Journal of Forestry Research*, 30(1), 107-119. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0803-6>

Pukkala, T. (2020). Delineating forest stands from grid data. *Forest Ecosystems*, 7, Article 13. <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00221-8>

Pukkala, T., Packalén, P., & Heinonen, T. (2014). Dynamic Treatment Units in Forest Management Planning. In (pp. 373-392). https://doi.org/10.1007/978-94-017-8899-1_12

Skogsstyrelsen. (1984). Gallringsmallar, Södra Sverige. Skogsstyrelsens förlag.

Valinger, E., & Fridman, J. (2011). Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 262, 398-403. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.004>

Wilhelmsson, P., Lämås, T., Wallerman, J., Eggers, J., & Öhman, K. (2022). Improving dynamic treatment unit forest planning with cellular automata heuristics. *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01479-z>

Wilhelmsson, P., Sjödin, E., Wästlund, A., Wallerman, J., Lämås, T., & Öhman, K. (2021). Dynamic treatment units in forest planning using cell proximity. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(4), 1065-1071. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0210>

9. Ståndortsanpassning på riktigt

- bättre föryngring med digital information

Per Nordin

Projektet Smarta föryngringar har utforskat möjligheterna till enklare och mer precis ståndortsanpassning med hjälp av digitala data. Markfuktighetskartor kan redan idag ge underlag för planeringen av trädslagsval och markberedningsmetod, och i förlängningen kan ännu mer detaljerad information bidra till bättre ståndortsanpassning och ett mer varierat och flexibelt skogsbruk.

Ståndortsanpassning innebär att skogsskötselåtgärderna i högre grad anpassas till ståndortens förutsättningar, inte bara på beståndsnivå utan också i mikroskala. De enklaste exemplen på ståndortsan-



passning är när tall ofta planteras i torra områden och gran i fuktiga områden. Val av markberedningsmetod och planteringspunkt är andra exempel. Föryngringsmetod måste också väljas utifrån skogsägarens mål med skogen. Markberedningens utformning, lämnande av skärmar, plantering eller naturlig föryngring, är avväganden kring föryngring som kan anpassas efter dessa mål.

Med en mer noggrann och ståndortsanpassad plantering skulle föryngringskostnaderna kunna minskas. Idag planteras många plantor som försvinner över tid, antingen genom att de dör eller att de blir bortröjda vid ett senare tillfälle (Gålnander m.fl. 2020). Med bättre kännedom om de lokala ståndortsegenskaperna kan anpassningar göras så att risken för onödiga avgångar minskar (Saksa m.fl. 2021). Föryngringen kan då bli billigare genom att investeringen koncentreras till de plantor som kommer att bilda det framtida beståndet.

För varje år tillgängliggörs nya digitala kartmaterial som kan användas i skogsbrukets planering. Inom ramen för projektet Smarta föryngringar har effekten av olika markberedningsmetoder undersökts i kombination med att testa hur digitala kartmaterial i form av markfuktighetskartor (Ågren m.fl. 2021) kan användas för att förbättra föryngringsplaneringen (Nordin m.fl. 2022). Detta är ett första steg som kan ge en god fingervisning för hur ståndortsanpassning kan utföras med högre precision. Däremot tyder resultaten på att mer högupplöst information om markförhåll-

Om plantan hamnar i en grop, på en hög eller i "gångjärnet" kan den få helt olika förutsättningar beroende på väder och den lokala markfuktigheten. Foto: Per Nordin.

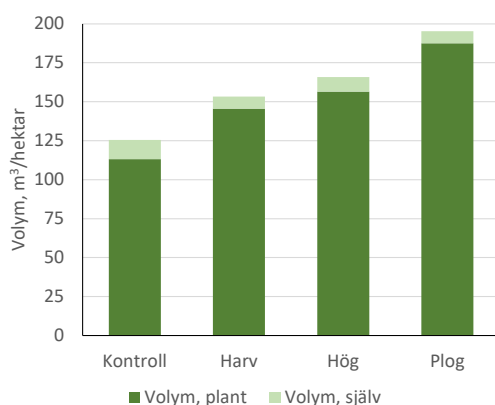
landen, t.ex. jordart och blockighet, behövs för att mer noggrant förklara plantornas framtida överlevnad och tillväxt.

9.1. Markberedning och valet av planteringspunkt

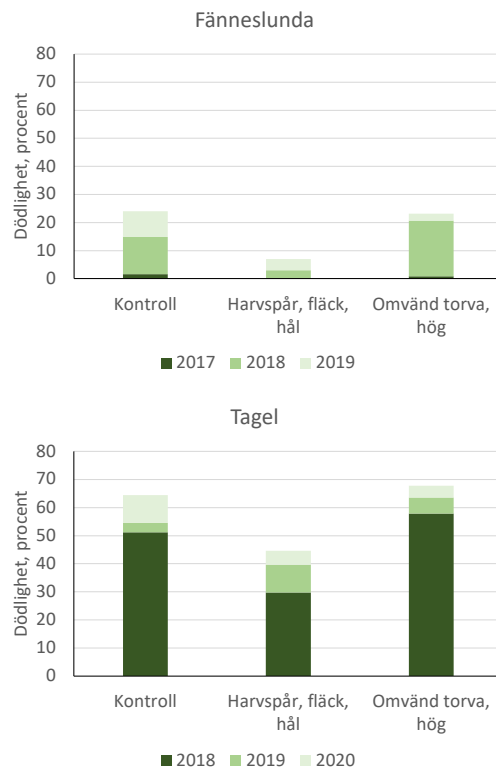
Att markberedning har en positiv effekt på tillväxt är sedan tidigare väl etablerat (figur 1). Effekterna är dessutom långvariga; efter 30 år har produktionen visat sig vara 20–55 % högre i markberedda ytor jämfört med omarkberedda, och tillväxtskillnaderna verkar dessutom bibehållas över tid i en försöksserie med lokaler från 58–62° N (Hjelm m.fl. 2019).

De skillnader som olika markberedningsmetoder bidrar till kan dock problematiseras. Vilken metod som passar bäst kan variera mellan ståndorter, och var man sedan sätter plantan kan ha stor betydelse för resultatet (Nordin m.fl. 2022). Detta visade sig särskilt i skillnaden i överlevnad efter den torra sommaren 2018 där plantor planterade i harvspåret eller i fläckar i större utsträckning klarade sig jämfört med plantor i omvända torvor (figur 2).

Vad som ska anses som en bra planteringspunkt är en fråga om ståndortens karaktär och beror på trädslagsvalet. I förhållanden med risk för torka är en upphöjd punkt i en omvänd torva problematisk eftersom vattentillförseln till plantans rötter kan begränsas under etableringen. På lokaler där vat-



Figur 1. Volym per hektar cirka 30 år efter plantering i omarkberett (kontroll), harv, högläggning och plogning. Volym, plant = volym av planterade plantor, Vol, själv = volym självsådda plantor. Från Hjelm m.fl. 2019.



Figur 2. Vid torka är nedsänkta planteringspunkter positiva för överlevnaden. Figuren visar dödlighet i två försök där kontroll jämförs med nedsänkta planteringspunkter (harvspår/fläck) och med upphöjda (omvänd torva, hög, invers). Från Nordin m.fl. 2022.

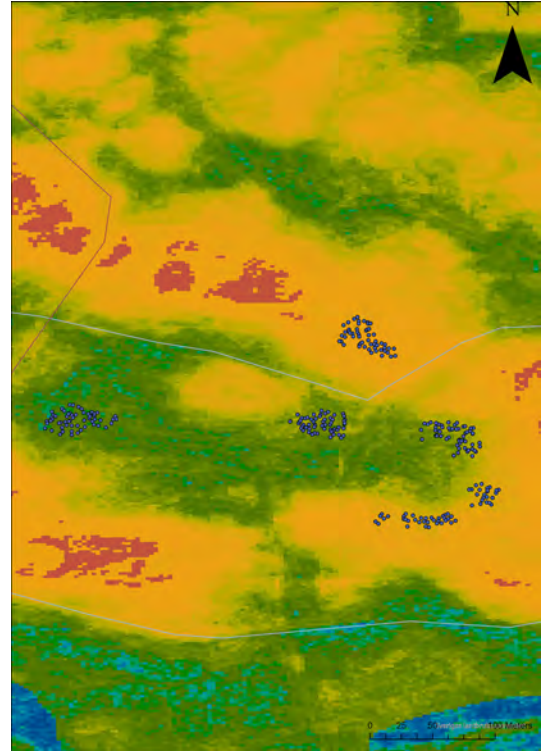
tentillförseln är god eller i överflöd kan däremot omvänd torva eller upphöjd planteringspunkt vara att föredra för att säkerhetsställa syretillgången och tillgängliggöra mer näring vid plantans etablering. Detta är en del av ståndortsanpassningen där beslut ska fattas baserat på de lokala förhållandena, inte en generell mall som ska fungera överallt.

9.2. Markfuktighetskarta som vägledning

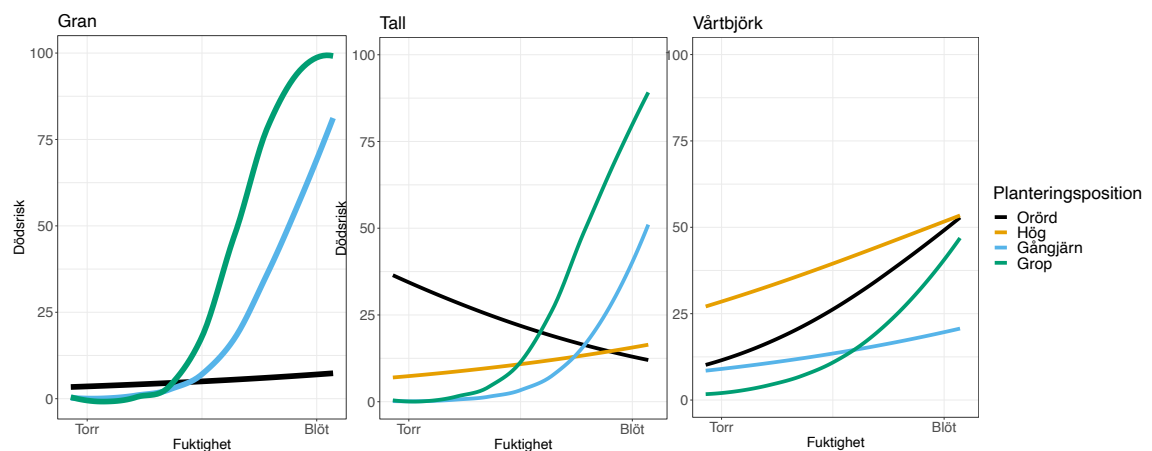
För att underlätta förståelsen för hur de lokala förhållandena varierar kan en markfuktighetskarta användas. Detta visade en studie inom projektet där planteringspunkten och markfuktigheten analyserades i förhållande till överlevnad och tillväxt hos vartbjörk, gran och tall planterade efter högläggning på en lokal med stor variation i markfuktighet (Nordin m.fl. opubl.). Lokalen delades in med hjälp av en markfuktighetskarta

(figur 3) och markberedningshögarna märktes med GPS. Plantorna planterades i olika punkter i högen: nere i gropen, i gångjärnet, uppe på högen samt i orörd mark bredvid. Det bör noteras att hygget var äldre, och därför noterades få eller inga snytbaggeangrepp.

Mycket riktigt visade det sig att låga planteringspunkter där kartan indikerade blöta förhållanden inte var bra för något av de tre trädslagen; sannolikheten för överlevnad sjönk markant (figur 4). Denna effekt var tydligare för gran än för de andra trädslagen då granplantorna påverkades mer negativt av låga punkter i blöta förhållanden. Sannolikheten för överlevnad var högre för tall och björk än för gran i de blötaste förhållandena i de lägre planteringspunkterna. Att notera var att tallen visade på högre sannolikhet för överlevnad i orörda punkter vid blöta förhållanden jämfört med övriga planteringspunkter. När markfuktighetskartan indikerade torrare förhållanden blev skillnaden i sannolikhet för överlevnad mellan planteringspunkterna mindre. Skillnaden i överlevnad var liten mellan planteringspunkterna för gran när förhållandena var torrare och överlevnaden var generellt hög. Att torrare förhållanden inte hade lika stor positiv effekt för vårtbjörk kunde delvis förklaras med skador av vilt och svampangrepp påverkade plantornas överlevnad negativt. Även tallen, liksom granen, visade på små skillnader mellan planteringspunkterna när förhållandena blev torrare.



Figur 3. Karta över en försökslokal i norra Skåne med SLU:s markfuktighetskarta som bakgrund. Blått indikerar blöta förhållanden och rött torra. Varje punkt i kartan är en markberedningshög där plantor planterades i fyra olika planteringspunkter (Nordin m.fl. opubl.).



Figur 4. Sannolikheten för att plantor dör förändras beroende på den uppskattade markfuktigheten från markfuktighetskarter. Varje linje representerar en planteringspunkt; grop, gångjärn, hög och orörd för respektive gran, tall och vårtbjörk. Ingen linje för planteringspunkten hög syns för gran eftersom överlevnaden var hundra procent i försöket. Från Nordin m.fl. opubl.

Tillväxten för de tre trädslagen sjönk också i de lägre planteringspunkterna med en ökande markfuktighet. Intressant var att effekten av markfuktighet inte var densamma i alla planteringspunkter för alla trädslag. För granplantorna hade ökad markfuktighet en negativ effekt i alla planteringspunkter. Effekten var dock inte lika tydligt negativ om granarna var planterade i hög. Tall och vårtbjörk upplevde också en negativ effekt på tillväxten av markfuktighet, dock kunde inga skillnader ses mellan plantering i hög eller i orörd mark när förhållandena var som blötast. Resultaten tyder på att markfuktighetskartan delvis kan förklara överlevnad och tillväxt de första tre åren hos samtliga av de tre testade trädslagen. De visar också att markfuktighetskartan kan användas för att undvika felbeslut vid plantering och ge en bra illustration av hur variationen ser ut på ett hygge.

9.3. Praktisk användning och vikten av information

En typ av ståndortsanpassning är också att hoppa över plantering och i stället förlita sig på naturlig förnygring där förutsättningarna är de rätta. Här finns en potential att göra förnygringarna både billigare och bättre. På markpartier där överlevnaden av planterade plantor är låg kan marken lämnas för naturlig förnygring. På så sätt kan planteringen riktas till områden där potentialen är som bäst och svinnet av investerade plantor minskas. Med digital information kan planeringsarbetet förbättras och underlagen förenklas genom mer förståelse för hur hygget ser ut. Detta blir speciellt värdefullt i takt med att skogsägarnas och skogsårdsföretagens lokalkännedom blir allt lägre. Hur man ska kunna använda digital information och vilken information som är av nytta i förnygringar kommer fortsatt att undersökas inom projektet *Smarta förnygringar*.

9.4. Referenser

Gålnander, H., Berlin, M., Sonesson, J. 2020. Framtidens skogar – Består de av planterade plantor eller naturligt förnygrade träd? Arbetsrapport 1052–2020, Skogforsk.

Hjelm, K., Nilsson, U., Johansson, U., Nordin, P. 2019. Effects of mechanical site preparation and slash removal on long-term productivity of conifer plantations in Sweden. Canadian Journal of Forest Research 49, 1311–1319.

Nordin, P., Olofsson, E., Hjelm, K. 2022. Successful spruce regenerations – impact of site preparation and the use of variables from digital elevation models in decision-making. Scandinavian Journal of Forest Research 37, 33–44.

Saksa, T., Uusitalo, J., Lindeman, H., Häyrynen, E., Kulju, S., Huuskonen, S., 2021 Decision support tool for tree species selection in forest regeneration based on harvester data. Forests 12, 1329.

Ågren, A., Larson, J., Paul Shekar, S., Laudon, H., Lidberg, W. 2021. Use of multiple LIDAR-derived digital terrain indices and machine learning for high-resolution national-scale soil moisture mapping of the Swedish forest landscape. Geoderma 404. 115280

10. Tall under skärm

- en möjlig metod för södra Sverige

Mikolaj Lula

Kombinationen högskärm och markberedning kan vara en lyckad strategi för att lyckas med tallföryngring, såväl via självsådd som skogsodling. Om skärmen är för tät kan dock föryngringens tillväxt hämmas. Det visar åtminstone kortsiktiga resultat från FRAS-programmets tallförsök på Tagels gård. Hur föryngringen klarar sig på längre sikt måste följas upp i fortsatta studier.

Antalet sålda och planterade tallplantor i södra Sverige har sett en rejäl uppgång sedan 2017 från att tidigare ha legat på väldigt låg nivå (Skogsstyrelsen 2021). Med mer tall kommer mer av rätt trädslag att hamna på rätt ståndort. Det gynnar både den enskilde skogsägaren, ekosystemet och den biologiska mångfalden (Petersson 2019). Utöver en ökad plantering av tall har också sådd och naturlig föryngring ökat i omfattning. Båda metoderna har potential att producera virke av hög kvalitet (Ekö 1994, Karlsson & Örlander

2004). Med fröträdställningar och skärmar skapas också ett mer attraktivt landskap för rekreation och friluftsliv.

Den ökade efterfrågan på tallplantor innebär inte bara ett högt tryck på plantproduktionen, utan också ett ökat behov av kunskap om olika metoder för att föryngra tall. Den optimala föryngringsstrategin är ett av de viktigaste besluten som en skogsägare måste fatta under hela omloppstiden.

10.1. Skärmförsök i Tagel

Det råder en brist på försök som jämför olika föryngringsmetoder med tall på samma ståndort. Därför etablerades försöket på Tagels gård i Småland under vintern och våren 2017. Syftet med studien var att jämföra kortsiktiga (5 år) effekter av plantering, naturlig föryngring och sådd. I det tallbestånd där försöket anlades gjordes en uppdelning på hygge, gles skärm (100 stammar per hektar) och tät skärm (200 stammar per hektar). I vardera beståndsbehandling testades också flera



En högskärm ger minskade snytbaggeskador och mindre gräsväxt, men plantornas tillväxt hämmas om skärmträden står kvar. Foto från försöket i Tagel, Mats Hannerz.

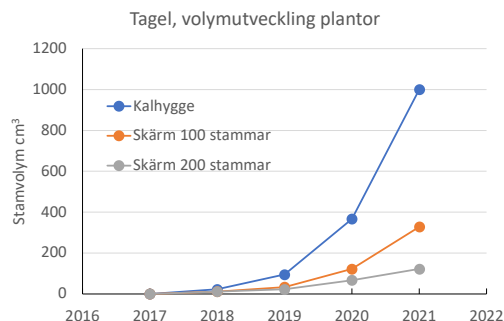
olika metoder: maskinell markberedning, herbicider, insekticider, plantstorlek och genetiskt förädlad frö. Beståndet hade ett beräknat ståndortsindex (övre höjd vid 100 års totalålder) på 24 meter, skattat utifrån ståndortsbonitering.

10.2. Nackdelar med för tät skärm

Resultaten visar att kombinationen av skärm (100–200 stammar per hektar) och markberedning kan vara en effektiv strategi för att nå tillfredsställande resultat för alla de testade föröyringsmetoderna. I skärmen får vi ett ökat fröfall, och dessutom minskar skadorna av snytbagge och konkurrensen från markvegetation.

Å andra sidan tyder studien på vissa problem om skärmen är för tät. Skärmträden som lämnas kvar håller nere tillväxten hos föröyringen (figur 1). Detta praktiska problem är en viktig utmaning för tallföryngring under skärm. Traditionellt har skärmställningar tagits ned så snart föröyringsfasen är avslutad, men om skärmen ska klassificeras som hyggesfritt skogsbruk krävs det att den står kvar längre.

Studien visar att tall, åtminstone i ett kortsiktigt perspektiv, med framgång kan föröyras under skärmar (100–200 träd per hektar). Den långsammare tillväxten som observerades under den täta skärmen (200 träd per hektar) tyder på att det är



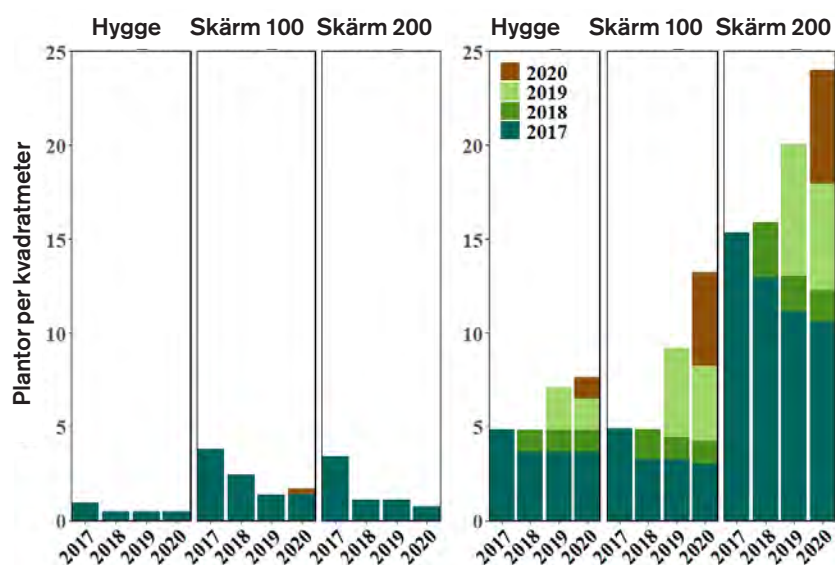
Figur 1. Stamvolym hos obehandlade stora planterade efter markberedning på kalhygge och i de två skärmtätheterna. Planteringen utfördes 2017.

viktigt att hålla kontroll på skärmtätheten.

Såväl den glesa som den täta skärmen kommer att gallras under det kommande året, och uppföljningar ska förhoppningsvis ge svar på frågan hur man borde etablera tall under skärmar som ska behållas en längre tid.

10.3. Torrsommaren 2018 kan vara en försmak av framtiden

Studien inleddes under den extremt varma och torra sommaren 2018, vilket kan ge en förning om framtida växtförhållanden. Klimatförändringen i Skandinavien gör att vi kan förvänta oss mer



Figur 2. Antal planter per kvadratmeter i rader utan (vänster) och med (höger) markberedning. Planter från olika årsomgångar representeras av olika färger i diagrammet.

frekventa och längre perioder av torka under vår och sommar, och därför är torka under föryngringsfasen en nyckelfråga för framtida skogsskötsel. Det är särskilt viktigt eftersom föryngringsinsatserna, framför allt plantering, sker under den tiden. Hög arbetsbelastning tvingar dessutom ofta skogsförvaltare att plantera sent på våren.

Torkan under 2018 påverkade plantorna etablering och tillväxt negativt. Under detta år noterades en låg grad av etablering av naturligt föryngrade plantor trots ett rikligt fröfall (figur 2). Det är troligt att frönas groning hämmades av dålig vattentillgång. Dessutom noterades en avsevärd tillväxtminskning för alla plantor, oavsett behandling och skärmtäthet. Slutligen bidrog torkan till hög dödlighet, särskilt på ytor utan markberedning. Negativa effekter av torka var något mer uttalade under den täta skärmen. Ett antagande är att vattentillgången var sämre i den täta skärmen, vilket ledde till minskad vitalitet och ökad dödlighet hos plantorna.

10.4. Referenser

Ekö, P-M. 1994. A comparison of naturally regenerated and planted Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on fertile sites in Southern Sweden. *Forest and Landscape Research* (Denmark), vol. 1, s 111-126.

Karlsson, C. & Örlander, G. 2004. Naturlig föryngring av tall. Rapport nr 4, Skogsstyrelsen Jönköping. 79 s.

Lula, M. 2022. Regeneration methods and long-term production of Scots pine on medium fertile and fertile sites. Doctoral Thesis 2022:25, Fakulteten för skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.

Petersson, L. 2019. Replacing Scots pine with Norway spruce. Doctoral Thesis 2019:85, Fakulteten för skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.

Skogsstyrelsen 2021. Äbin rapport. Skogsstyrelsen.

11. Publikationer och kommunikation från FRAS

FRAS-doktorandernas medverkan är markerade med **fetstil**. Ytterligare nyhetsartiklar har förekommit i andra media utanför denna lista.

11.1. Vetenskapliga artiklar, rapporter och avhandlingar

Accastello, C., Bieniasz, A., Blaško, R., **Lula, M.**, Pszenny, D., Sallustio, L., Šimunović, N., Vošvrđová, N., Speelman, E.N. 2019. Conflicting demands on the natural resources in northern Sweden: A participatory scenario development study. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 21(3), 1950017. <https://doi.org/10.1142/S1464333219500170>

Ara, M., Barbeito, I., Kalén, C., Nilsson, U. 2022. Regeneration failure of Scots pine changes the species composition of young forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 37, 14-22. <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.2005133>

Ara, M., Berglund, B., Fahlvik, N., Johansson, U., Nilsson, U. 2022. Pre-commercial thinning increases the profitability of Norway spruce monoculture and supports Norway spruce–birch mixture over full rotations. *Forests* 13(8), 1156. <https://doi.org/10.3390/f13081156>

Ara, M., Barbeito, I., Elfving, B., Johansson, U., Nilsson, U. 2021. Varying rectangular spacing yields no difference in forest growth and external wood quality in coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management* 489, 119040. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119040>

Ara, M., Felton, A.M., Holmström, E., Petersson, L., Berglund, M., Johansson, U., Nilsson, U. 2022. Pre-commercial thinning in Norway spruce–birch mixed stands can provide abundant forage for ungulates without losing volume production. *Forest Ecology and Management* 520, 120364. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120364>

Ara, M. 2022. Establishment and early management of young forest in Sweden: Stand structure, spatial design and pre-commercial thinning. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. Doctoral Thesis No. 2022:22.

Jones, G. 2022. Birch stem and wood traits in genetic and silviculture trials in southern Sweden. Linnaeus University Dissertations No 446/2022. Linnaeus University Press.

Jones, G., Liziniewicz, M., Adamopoulos, S., Lindeberg, J. 2021. Genetic parameters of stem and wood traits in full-sib Silver birch families. *Forests* 12, 159. <https://doi.org/10.3390/f12020159>

Hjelm, K., Nilsson, U., Johansson, U., **Nordin, P.** 2019. Effects of mechanical site preparation and slash removal on long-term productivity of conifer plantations in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 49, 1311-1319. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0081>

Holmström, E., Nordström, E., **Larivière, D.**, Wallin, I. 2020. Detection of retention trees on clearcuts, a 50-year perspective. *Open Journal of Forestry* 10, 110-123. doi: 10.4236/ojfor.2020.101008

Larivière, D., Holmström, E., Brunet, J., Weslien, J. 2021. Release of retained oaks in Norway spruce plantations. A 10-year perspective on oak vitality, spruce wood production and ground vegetation. *Forest Ecology and Management* 480, 118670. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118670>

Liziniewicz, M., **Jones, G.**, Högberg, K-A. 2020. Samband mellan diameter och vedegenskaper i granklontester i Remningstorp (S21S8821096 och S21S8821102). Skogforsk, Arbetsrapport 1064-2020. ISSN 1404-305X.

Liziniewicz, M., **Lula, M.** 2019. Knot properties of sawn boards from unthinned lodgepole pine stands planted in different initial spacings: a case study from northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 34, 732-738. <https://doi.org/10.1080/02827581.2019.1664625>

Lula, M. 2022. Regeneration methods and long-term production for Scots pine on medium fertile and fertile sites. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. Doctoral Thesis No. 2022:25.

Lula, M., Trubins, R., Ekö, P.M., Johansson, U., Nilsson, U. 2021. Modelling effects of regeneration method on the growth and profitability of Scots pine stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 36, 263-274. <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1908591>

Nilsson, J.A., **Jones, G.**, Håkansson, C., Blom, Å., Bergh, J. 2021. Effects of fertilization on wood formation in naturally regenerated juvenile Silver birch in a Norway spruce stand in south Sweden. *Forests* 12, 415. <https://doi.org/10.3390/f12040415>

Nordin, P., Olofsson, E., Hjelm, K. 2022. Successful spruce regenerations – impact of site preparation and the use of variables from digital elevation models in decision-making. *Scandinavian Journal of Forest Research* 37, 33-44. <https://doi.org/10.1080/02827581.2022.2028895>

Persson, M., Trubins, R., Eriksson, L.O., Bergh, J., Sonesson, J., Holmström, E. 2022. Precision thinning – a comparison of optimal stand-level and pixel-level thinning. *Scandinavian Journal of Forest Research* 37, 99-108. <https://doi.org/10.1080/02827581.2022.2044902>

Persson, M., Lindberg, E., Reese, H. 2018. Tree species classification with multi-temporal Sentinel-2 data. *Remote Sensing* 10, 1794. <https://doi.org/10.3390/rs10111794>

Petersson, L., **Larivière, D.**, Holmström, E., Fritz, Ö., Felton, A. 2022. Conifer tree species and age as drivers of epiphytic lichen communities in northern European production forests. *The Lichenologist* 54(3-4), 213-225. <https://doi.org/10.1017/S0024282922000172>

11.2. Populärvetenskaplig publicering och nyheter

Ara, M. 2021. Alternativa planteringsförband ger ökad flexibilitet. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2020.

Ara, M. 2021. FRAS-forskning och röjning. Intervju. Webbartikel. Skånsk skogsstrategi.

Ara, M. 2022. Blandskogsröjning gynnar både vilt och virke. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

Ara, M., Barbeito, I., Elfving, B., Johansson, U., Nilsson, U. 2021. Rektangel- eller kvadratförband vid plantering - ingen skillnad för tillväxt och kvalitet. SLU. Fakta Skog 4.

Ara, M., Barbeito, I., Kalén, C., Nilsson, U. 2022. Planterad skog blir ofta blandskog - Äbin-data ger en ny bild av den svenska ungskogen. SLU. Fakta Skog 6.

ATL. 2017. Miljarder till skogsskötsel. Webbartikel. ATL. 2017-06-21.

Föreningen Skogen. 2017. Satsning på forskning om skogsskötsel i söder. Webbartikel. Föreningen Skogen. 2017-05-22.

Hannerz, M. (red.). 2021. FRAS – resultaten växer fram! Nyhetsbrev från Framtidens skogsskötsel i södra Sverige, april 2021.

Hannerz, M. (red.). 2021. FRAS – sista sommaren i fas 1. Nyhetsbrev nr 2 från Framtidens skogsskötsel i södra Sverige, juli 2021.

Hannerz, M. (red.). 2021. Smart föryngring, exkursioner och framtiden för FRAS. Nyhetsbrev nr 3 från Framtidens skogsskötsel i södra Sverige, september 2021.

Hannerz, M. (red.). 2021. Exkursioner, seminarier och julhälsning från Kanada. Nyhetsbrev nr 4 från Framtidens skogsskötsel i södra Sverige, december 2021.

Hannerz, M. 2021. Uppskattad exkursion i Floda. Webbartikel. SLU.

Hannerz, M. 2021. Tallföryngring på olika sätt – hur påverkas lönsamheten? Webbartikel. SLU.

Hannerz, M. 2021. Vi måste lära oss mer om skötsel av hänsyn. Webbartikel. SLU.

Hannerz, M. 2021. Gran eller tall? – dags att omvärdera läroböckerna. Webbartikel. SLU.

Hannerz, M. 2021. Framtidens skogsbruk – precist och automatiskt. Webbartikel. SLU.

Hannerz, M. 2022. Känslös avskedsexkursion för FRAS doktorander. Webbartikel. SLU.

Hannerz, M. 2022. Gallringsplanering med precision. Webbartikel. SLU.

Jones, G. 2018. Seing the wood through the trees, while they are still standing! Estimating wood density and stiffness of birch trees with modern tools. Webbartikel. SLU.

Jones, G. 2019. Bättre virkeskvalitet på björk i Södra Sverige. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2018.

Jones, G. 2021. Bloom'n birches. Webbartikel. SLU.

Jones, G. 2022. Nya rön om björkens virkeskvalitet. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

Jones, G. 2022. Icke-destruktiv mätning av virkeskvalitet. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

Jones, G. 2022. A February visit to forests and forest experts in Norway. Webbartikel. SLU.

Jones, G. 2022. Upcoming doctoral defences in FRAS. Webbartikel. SLU.

Jones, G. 2022. When it comes to forests and birch, how is Norway doing? Webbartikel. SLU.

Land Skogsbruk. 2017. Nio miljoner till skogsforskning. Webbartikel. Land Skogsbruk. 2017-06-21.

Lariviere, D. 2020. Gallring och naturhänsyn. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2019.

Lariviere, D. 2021. Ny modell ska hitta naturvårdsträden i gallringsskogen. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2020.

Lariviere, D. 2021. Skötsel av ekar i gallringsskogen gynnar mångfalden. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2020.

Lariviere, D. 2022. Befria ekarna - för mångfaldens skull. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

LNU. 2022. Björkens potential som högkvalitativt material. Webbartikel. LNU.

LNU. 2020. Bra uppslutning vid första digitala skogsdagen. Webbartikel. LNU.

LNU. 2017. Så ska skogsskötseln i södra Sverige anpassas och vidareutvecklas. Webbartikel. LNU.

LNU. 2019. Doktorander presenterade sin forskning vid internationell träkonferens. Webbartikel. LNU.

Lula, M. 2020. Tillväxt och ekonomi för olika förnygringsmetoder vid etablering av tall i Södra Sverige. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2019.

Lula, M. 2020. Tallförnygring inom ramen för FRAS. Intervju. Webbartikel. Skånsk skogsstrategi.

Lula, M. 2021. Gran på ”tallmark”. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2020.

Lula, M. 2021. Avsnitt 1: Självförnygring. Podcast Skogsdoktorn. 25 maj 2021. SLU.

Lula, M. 2022. Hyggesfritt skogsbruk hos tall. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

Nordin, P. 2019. Är framtidens förnygringar smartare? Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2018.

Nordin, P. 2019. Digitala verktyg för smartare förnygringar i skogsbruket. Skogforsk Vision nr 3 2019.

Nordin, P. 2020. Markberedning och vetenskap om hyggets egenskaper kan leda till bättre resultat i framtidens förnygringar: Ett digitalt perspektiv. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2019.

Nordin, P. 2020. Nya metoder maxar ståndortsanpassning. Webbartikel. Föreningen Skogen.

Nordin, P. 2021. Mycket att vinna med smarta förnygringar. Intervju. Webbartikel. Mistra Digital Forest.

Nordin, P. 2022. Granplantering – Markberedning och planteringspunkt, välj med omsorg. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

Nordin, P. 2022. Digitalisering i svenskt skogsbruk – Utmaningar och möjligheter. Webbartikel. SLU.

Olofsson, E., Vallin Rosell, M. 2019. FRAS - Framtidens skogsskötsel i södra Sverige. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2018.

Persson, M. 2020. Effektivare beståndsskötsel. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2019.

Persson, M. 2021. Den digitala tillväxtborren - effektiv vid skattning av virkeskvalitet. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2020.

Persson, M. 2022. Precision i gallring. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2021.

Skogforsk. 2019. Halvvägs igenom - fräsiga nyheter från doktoranderna. Skogforsk Vision nr 3 2019.

Skogforsk. 2019. Kraftsamling i skötselfrågan. Skogforsk Vision nr 3 2019.

Skogssällskapet. 2022. Ny forskning bekräftar: Dags att säga adjö till kvadratförbandet. Webbartikel. Kunskapsbank. Skogssällskapet.

SLU. 2017. Storsatsning på sydsvensk skog. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. April 2017.

SLU. 2017. Fräs började i gallringsskogen. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. December 2017.

SLU. 2018. Grupper av björk bland granen. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Maj 2018.

SLU. 2018. Ökad precision - större variation. Webbartikel. SLU.

SLU. 2018. Varierat skogsbruk – hur påverkar olika skötselstrategier framtidens träprodukter? Webbartikel. SLU.

SLU. 2018. FRAS doktorander på besök hos Växjö stift. Webbartikel. SLU.

SLU. 2018. FRAS Nytt: Första artikeln publicerad! Webbartikel. SLU.

SLU. 2019. Hitta och vårda hänsynsträden. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 56 januari 2019.

SLU. 2019. Efter granbarkborren. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 60 januari 2019.

SLU. 2019. FRAS hos Boxholms skogar AB. Webbartikel. SLU.

SLU. 2019. Fräs doktorander testar Rinntech Resistograf. Webbartikel. SLU.

SLU. 2020. Bättre precision i planteringarna. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 72 januari 2020.

SLU. 2021. Elborr berättar mer. Webbartikel. SLU.

SLU. 2021. Nya rön om plantavstånd. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 95 mars 2021.

SLU. 2021. Borr för precision i skogsbruket. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 91 januari 2021.

SLU. 2022. Planteringspunkt viktigare än markberedningsform. Webbartikel. SLU.

SLU. 2022. Dags att släppa kvadratförbandet! Webbartikel. SLU.

SLU. 2022. Ungskog i nytt ljus. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 124 april 2022.

SLU. 2022. Trumf för tall. Nyhetsbrev från Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. SLU. Nr 123 april 2022.

Smålandsposten. 2019. Mångmiljonsatsning på skogsforskning i Götaland. Smålandsposten 2019-09-19.

Smålandsposten. 2019. Han undersöker om data kan förbättra skogsskötseln. Smålandsposten 2019-09-19.

Spillkråkan. Sammanfattning från workshop i projektet Framtidens skogsskötsel i södra Sverige. Webbartikel. Spillkråkan.

Södra. 2017. Fokus på framtidens skogsskötsel. Webbartikel. Södra.

Södra. 2019. Framtidsprojekt kring skogsskötselns olika faser. Webbartikel. Södra.

Vallin Rosell, M. 2018. Forskningsprojekt – Framtidens skogsskötsel i södra Sverige. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund Årsskrift 2017.

Vida. 2019. FRAS – Framtidens skogsskötsel i södra Sverige. Vida Nytt.

11.3. Seminarier och workshops

2017. Workshop: Gallring. SLU Tönnersjöheden. 2017-11-30.

2017. Workshop: Gallring. SLU Tönnersjöheden. 2017-11-29.

2018. Workshop: Skogsskötsel och virkeskvalitet. LNU Växjö. 2018-11-13.

2018. Workshop: Föryngring av tall och gran. SLU, Alnarp. 2018-02-27.

2018. Workshop: Skötsel av björk. Skogforsk, Ekebo. 2018-01-26.

2019. Workshop: Skogsskötsel för naturhänsyn och sociala värden. Göteborg. 2019-11-07.

2019. Workshop: Skogens digitala verktyg. SLU Alnarp. 2019-02-06.

2020. Workshop: Varierat skogsbruk. Digitalt. 2020-11-06.

2020. Webinarium: Effektivare beståndsbehandling, Skötsel och kvalitet. 2020-09-24.

2020. Webinarium: Rönjningsmodeller, Naturhänsyn. 2020-09-17.

2020. Webinarium: Föryngring av tall, Smarta föryngringar. 2020-09-10.

2021. Workshop: Att doktorera i skog. SLU Alnarp och digitalt. 2021-12-08.

2021. Webinarium: Skötsel av generell naturhänsyn - när, var och hur? 2021-04-07.

2021. Webinarium: Tall eller gran eller både och? 2021-03-24.

2021. Webinarium: Precision och automation kan ge mer variation. 2021-03-17.

2022. Webinarium: Digitalisering i svenskt skogsbruk - utmaningar och möjligheter. 2022-04-20.

11.4. Exkursioner

2018. Exkursion: Doktorandexkursion för FRAS. Asa försökspark. 2018-06-05.

2018. Exkursion: Ökad precision - större variation. Tagel gård. 2018-06-04.

2019. Exkursion: Granbarkborreskador och alternativ till gran. Remningstorp. 2019-08-27.

2021. Exkursion: Tallens framtid i södra Sverige - går att påverka! Bruzaholm och Ingatorp. 2021-10-26.

2022. Exkursion: FRAS slutexkursion. Tagel gård. 2022-09-15.

2022. Exkursion: Doktorandexkursion för FRAS. Asa försökspark och Tagel gård. 2022-05-10.

11.5. Medverkan vetenskapliga aktiviteter

Jones, G., Liziniewicz, M., Adamopoulos, S., Lindeberg, L. 2019. Nondestructive wood density testing in downy birch and silver birch genetics field trial, southern Sweden. Conference paper: 21st International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium: Freiburg, Germany, 2019. 79-86.

Jones, G. 2021. Reviewing the potential to breed birch to improve solid wood properties. NordGen conference. 22 sep.

Jones, G. 2021. Wood and fiber quality. IUFRO world day, Division 5. 28-29 sep.

Lula, M. 2019. Forest management for the future in Nordic and Baltic forests – Long-term experiments answering to today's questions, SNS. 11-13 juni.

Lula, M. 2019. XXV IUFRO World Congress Curitiba, Brazil, BECFOR research school. 29 sep-5 okt.

11.6. Medverkan populärvetenskapliga aktiviteter

2018. Studiebesök. Doktorander besöker Växjö stift, Växjö stift. Växjö. 2018-11-15.

2018. Skogskväll: Presentation om FRAS. Södra Skogsägarna. Vetlanda. 2018-11-15.

2018. Öppet hus: Information om FRAS. JGA. Linneryd. 2018-09-22.

2018. Presentation: Om FRAS m.m. Svenska kyrkan/stiften. Linnéuniversitetet. 2018-06-11.

2018. Konferens. Deltagande FRAS-doktorand Drönarkonferens. Linköpings universitet. 2018-04-25.

2018. Exkursion: Exkursion för FRAS-doktorander. Sveaskog. 2018-04-23.

2019. Konferens: Användarforum för skogliga grunddata. Skogsstyrelsen. Stockholm. 2019-11-20.

2019. Exkursion. SLU, Stiftelsen Skånska Landskap, Skåne-Blekinge Skogsklubb. Skrylleskogen. 2019-11-15.

2019. Studiebesök: Doktorander besöker Boxholms Skogar. Boxholms Skogar. Boxholm. 2019-11-14.

2019. Vida-dagarna: Föreläsning av FRAS-doktorand. Vida. 2019-09-21.

2019. Exkursion: Vilt- och naturvårdsanpassningar i produktionsskogsbruket. Gemensam exkursion med Skogssällskapet Selesjö. 2019-08-21.

2019. Exkursion: Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU Ekopark Raslängen. 2019-06-10.

2019. Skogsmässa: Utställning och presentation FRAS-doktorander. SkogsElmia. Vaggeryd. 2019-06-07.

2019. Studentevenemang: FRAS-doktorander presenterar forskning. Höjdpunkt Linné Linnéuniversitetet, Växjö. 2019-05-22.

2019. Möte: Presentation om FRAS. Digitala nätverket inom skogssektorn, Föreningen Skogen. 2019-04-24.

2019. Konferens: Sydsvenskt skogsbruk. Presentation om FRAS. Agris Media. Alvesta. 2019-03-08.

2020. Studiebesök: Doktorander besöker Greensway. Greensway. Uppsala. 2020-10-15.

2020. Konferens: Sydsvenskt skogsbruk. Presentation FRAS-doktorand. Agris Media. Alvesta. 2020-03-06.

2020. Årskonferens: Smålands skogs- och trästrategier, deltagande workshop. Virserum. 2020-02-04.

2021. Exkursion: Föreningen Skogens höstexkursion. Föreningen Skogen. 2021-11-16.

2021. Exkursion: FRAS-exkursion. Västra Sveriges Skogsvårdsförbund. Floda. 2021-08-27.



SCIENCE AND
EDUCATION **FOR**
SUSTAINABLE
LIFE