

Sluttrapport prosjektet:

Bedre frø til furuskogbruket

Prosjekteier: Stiftelsen det norske Skogfrøverk

Prosjektansvarlig: Frode Hjorth

Prosjektleder: Arne Steffenrem

Prosjektet avsluttet 31. desember 2022

Interessen for planting av furu øker, og skognæringen ser effekten av å bruke genetisk foredlet plantemateriale framfor naturlig foryngelse. Mangelen på frøkilder som gir foredlet frø i Sør-Norge fører til at størstedelen av plantene som produseres og plantes har sitt opphav i svenske frøplantasjer. I samarbeid med Glommen-Mjøsen ble derfor prosjektet «Bedre frø til furuskogbruket» etablert for å både sikre tilgang på frø i dag og de nærmeste årene, gi god veiledning om hvor dette frøet kan brukes, samt utvikle et foredlingsprogram med mål om dekning av frø fra frøplantasjer innen rimelig tid. Prosjektet har vist seg å stadig øke sin relevans. Siden det startet i 2018 har planting og såing av furu i stor skala blir mer aktuelt for stadig større deler av landet. Tørkesomre og store skogskader sørover i Norge og Europa viser at grana er utsatt for stress når den plantes på lokaliteter der furu egentlig er det best tilpassede treslaget.

Prosjektet har bidratt sterkt til at vi nå har startet et foredlingsprogram for furu i Norge. Vi har også fått et veiledningsverktøy i «Proveniensvelgeren» på www.skogfroverket.no som bidrar til å forenkle valg av riktig og godkjent proveniens med furu. Prosjektet har utviklet et nært samarbeid med foredlingsorganisasjonene i våre naboland, et samarbeid som blir videreført i nye prosjekter.

Prosjektet var delt inn i 6 arbeidspakker A1 – A6. Her følger en kort beskrivelse av hver enkelt arbeidspakke, og hva som er oppnådd gjennom prosjektperioden.

A1: Klargjøring av mulighetene for samarbeid mellom Skogfrøverket, skogeiere og foredlingsorganisasjonen i Sverige

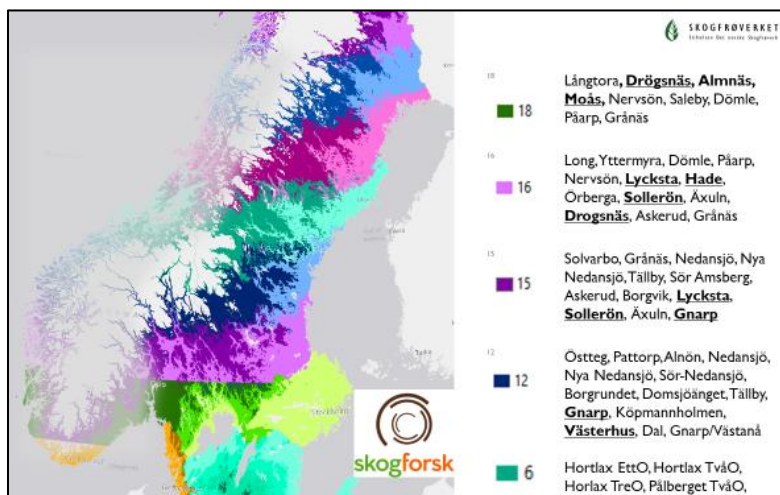
Det ble rettet en formell henvendelse til Skogforsk om kjøp av 80 furukloner for å etablere 3 frøplantasjer for furu i Norge. Kjøp av kloner og et tettere samarbeid mellom norsk og svensk foredling ble drøftet mellom representanter fra Skogforsk og Skogfrøverket. I etterkant av dette ble Skogfrøverkets henvendelse om kjøp av furukloner lagt fram som sak i styret for foredlingsprogrammet for furu i Sverige. Styret er positiv til å selge kloner, men da på kommersielle vilkår. Siden det ikke finnes noen markedsverdi for furukloner, har Skogfrøverket ut ifra ulike innfallsvinkler gjort økonomiske analyser av hva som kan være en riktig pris for klonene. Ulike modeller for prising ble drøftet med Skogforsk, som så har antydnet hva de mener er et riktig prisnivå. Prisen kan ikke offentliggjøres. Men Skogfrøverket finner det ikke forsvarlig å gjøre investeringen i forhold til den kommersielle verdien frøet som produseres vil ha og de begrensede mulighetene dette vil gi for videre samarbeid og utvikling av en selvstendig norsk foredling.

Samarbeidet med Skogforsk i Sverige og Luke i Finland har vært tett i hele prosjektperioden siden alle organisasjonene har deltatt i EU-prosjektet «Adaptive BREEDING for productive, sustainable and resilient FORESTs under climate change» (B4EST).

Det er kommet på plass en avtale om utveksling av genetiske materialer mellom organisasjonene som klargjør hvordan materialene kan brukes av den enkelte i etterkant av utvekslingen.

A2: For umiddelbar dekning av behov for foredlet frø (1 – 3 år); samarbeide med forskningsmiljøene i Sverige og Finland om å «geografisk-klimatologisk» re-analysere eksisterende forflytningsfunksjoner etablert for svenske og finske frøplantasjer med sikte på å forutse optimal anvendelse i Norge.

For å forenkle veiledningen for bruk av svensk foredlet plantemateriale på indre Østlandet, der planting av furu til nå har vært mest aktuelt, ble de svenske frøsonekartene ekstrapolert for norske forhold. Ekstrapoleringen er basert på breddegrad og høyde over havet, med de samme funksjonene som brukes i Sverige (Figur 1). Ekstrapoleringen fungerer nok godt for beregninger på indre Østlandet, der klimaet ikke er så ulikt klimaet i tilsvarende områder på svensk side. Men kartet tar ikke hensyn til den gradvis sterkere påvirkningen fra kysten vestover og bør ikke brukes der. Disse områdene er derfor tonet ned i figuren. Kontrollutvalget for skogfrøforsyningen har lagt frøsonekartet til grunn for en utvidelse av området hvor bruk av svensk frøplantasjematerialer er tillatt i Norge, og denne vurderingen er implementert i verktøyet «Proveniensvelgeren» som er beskrevet andre steder i rapporten.



Figur 1: Svenske frøplantasjesoner for furu ekstrapolert til Norge. Relevante soner for områder på indre Østlandet som i dag bruker svensk foredlet frø er 12, 15, 16 og 18.

Ekstrapoleringen av frøsonekartene tar ikke så godt hensyn til temperatur og andre klimatiske faktorer. For å også utnytte denne kunnskapen må en benytte forflytningsfunksjoner der plantelokalitetens klima settes i sammenheng med frømaterialenes opphav og resultater fra forsøk. Prosjektet har derfor skaffet oversikt over tilgjengelige forsøk som kan inngå i en ny nordisk analyse for å utvide forflytningsfunksjonene (Berlin, et al. 2016) til også å være gyldige i Norge. Det norske datagrunnlaget fra tidligere forsøk er imidlertid svært tynt siden disse forsøkene, etablert på 1980- og 90-tallet, ble skadet av elgbeiting. Eksisterende data er allikevel lagt til datasettet som hos Skogforsk brukes for å re-analysene eksisterende forflytningsfunksjoner. I tillegg vil nye resultater fra proveniensforsøkene etablert i prosjektet legges til analysene i framtiden. En prototype på et «nordisk Plantval» for furu ble på bakgrunn av dette utviklet i prosjektet B4EST, men uten tilstrekkelige data fra Norge kan dette foreløpig ikke brukes til operasjonell veiledning her.

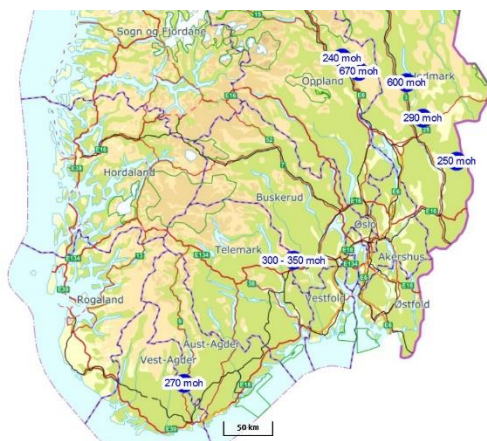
Arbeidet med beslutningsstøtteverktøyene, Proveniensvelgeren (Norge) og Plantval (Sverige, Finland), ønskes videreført nordisk samarbeid i gruppen som deltok i B4EST. I B4EST ble det blant annet utviklet et verktøy for å interpolere klimadata for alle mulige plantelokaliteter i Europa som vil bli svært nyttig videre i et perspektiv der klimaet er under endring. Det arbeides nå med prosjektfinansiering for å videreføre arbeidet slik at resultater fra pågående proveniensforsøk og innhenting av erfaring fra felt kan implementeres fortløpende når datagrunnlaget blir sterkere.

A3: For kortsiktig dekning av behov for foredlet frø med større grad av sikkerhet (4 – 15 år); basert på analysen i 2, samle inn erfaringsdata fra etablerte plantefelt, samt teste frøkilder fra svenske frøplantasjer og norsk bestandsfrø over et bredt spenn av forsøkslokaliteter i Sør- og Midt-Norge vest til og med Agder.

På indre Østlandet begynner en nå få god erfaring med hvordan svensk foredlet materiale er tilpasset. I prosjektet er det samlet inn data fra fem store plantefelt med Västerhus frøplantasje i Hedmark. Andre felt, plantet eller sådd med andre frøplantasjer er også befart og vurdert i forbindelse med oppstart av foredlingsprogrammet. Erfaringene med svensk foredlet materiale er stort sett god.

I forbindelse med spørsmål rundt dårlig utvikling på en del planter 2-3 år etter utplanting, ble det gjennomført en befaring på 5 felter av forskjellig alder i august 2022. På feltene var det tidligere observert en stagnasjon i vekst, og utvikling av buskede planter. Hovedkonklusjonen fra befaringene var at problemet var forbigående, og at plantene etter kort tid utviklet seg normalt med god vekst. To hovedhypoteser for årsak til skadene er beskrevet, men det er foreløpig ikke mulig å si med sikkerhet hvilken skadeårsak som er viktigst. Skadene etter 2-3 års alder fikk liten betydning for kvalitetsproduksjonen videre, og overlevelsen var svært god.

Etablering av nye proveniensforsøk har gått omtrent som planlagt, bortsett fra at vi har hatt noe mer skader av gråskimmel i planteskolen etter lagringen enn det vi ønsket. Dette har medført 20 – 40 % avgang i forsøkene allerede første sommeren (2019) som har utviklet seg til 35-65 % avgang i 2020. Det har medført at ett av forsøkene allerede er nedlagt (Åsnes). Siden forsøkene ble etablert med 40 planter for hver proveniens regner vi allikevel med å få langsiktige tilvekstdata på mer enn 15 planter for hver proveniens på hver lokalitet, som er tilstrekkelig for de analysene som etter hvert skal gjennomføres. Alle forsøkene ble plantet med en avstand på 1.75 m, slik at tettheten på bestandet uansett skulle bli bra.



Forsøk	Navn	Hoh.	Overlevelse
1	Elverum	290	51 %
2	Stor-Elvdal	580	64 %
3	Åsnes	250	36 %
4	Sør-Fron	240	53 %
5	Ringebu	670	50 %
6	Kongsberg	340	59 %
7	Evje og Hornnes	270	43 %

Figur 2: Kart over forsøkslokalitetene for proveniensforsøkene som etableres i prosjektet med oversikt for overlevelse i forsøkene pr 2020.

Supplerende proveniensforsøk ble etablert på fire lokaliteter i 2022. Erfaringene fra plantedyrkingen i planteskole for den første serien bidro sterkt til bedre plantekvalitet og høyere overlevelse, 80–95 %, i disse feltene. Provenienstesting vil i tillegg bli en viktig del av det nye foredlingsprogrammet for furu, beskrevet lenger ned.

Rundt de mest vellykkede forsøkene ble det satt opp viltgjerde.

Ivar Eriksmoen, student ved Høgskolen i Innlandet, skrev en Bachelor-oppgave om forsøksplantene mens de sto i planteskolen. En betydelig andel av proveniensene som testes er også inkludert i Svensk/Finske forsøksserier, og vi håper samarbeidet med Skogforsk/Luke skal gi oss ett mer helhetlig bilde av furuas tilpasningspotensiale.

To plantetypeforsøk, Skavhaugen og Åsnes, ble etablert i 2019 for å vurdere om plantenes utvikling var avhengig av dyrkningsmetode. Resultatene etter registrering av overlevelse i 2020 viser at overlevelsen er best i plantene dyrket som M60 og M95 (Tabell 1). Det var noe lavere overlevelse blant plantene dyrket i Swepot 121 og Jiffy 121. Det var Jiffy som ble brukt som dyrkningsmetode for proveniensforsøkene. Resultatene fra plantetypeforsøket rettferdiggjør nok allikevel ikke selve dyrkningsmetoden med plantetype. Alle plantene ble dyrket hos Skogplanter Østnorge, der en har god erfaring med M60, M95 og Jiffy, men mindre erfaring med Swepot. Swepot er imidlertid et godt utviklet system i Sverige der dyrkningsrutinene er tilpasset systemet. Til et slikt forsøk måtte vi allikevel dyrke plantene i én planteskole, med de feilkildene det kan medføre. I fortsettelsen skal forsøkene vurderes i forhold til høydevekst. Det vil også være interessant å studere rotutvikling.

Tabell 1: Avgang i plantetypeforsøkene på Skavhaugen og Åsnes.

Plantetype	Skavhaugen avgang %	Åsnes avgang %	Totalt avgang %
Swepot 121	10	42	26
Jiffy 121	15	32	24
M60	4	19	11
M95	2	10	5

I forhold til prosjektplanen, har Skogfrøverket stått for en større del av arbeidet enn planlagt i denne arbeidspakken. Intern omdisponering av midler innen prosjektet dekker denne økte kostnaden hos Skogfrøverket.

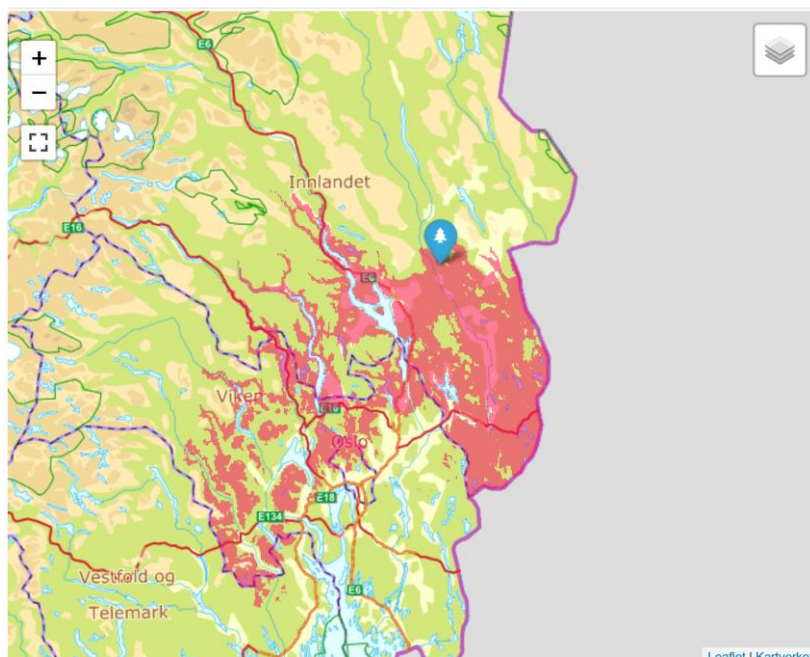
A4 For umiddelbar dekning av behov for bestandsfrø og foredlet frø; vurdere hvordan vi kan organisere sakingen nasjonalt for å bli mer effektive i å sikre frølagrene. Utarbeide avtaler med svenske frøprodusenter for å sikre stabil tilgang på foredlet frø av høy kvalitet fra de svenske frøplantasjene som er best egnet for Norge.

Skogfrøverket har innført et nytt system for registrering av konglesetting og organisering av konglesanking. Dette er i større grad basert på regionale tillitsmenn, bl.a. rekruttert fra Aktivt Skogbruk og Skogselskapene. Det skal bidra til en mer direkte organisering av frøforsyningen fra Skogfrøverket og bedre muligheter for kompetansebygging og kvalitetsstyring. I Troms og Finnmark vil fortsatt skogforvaltningen ha et ansvar i frøforsyningen.

Skogfrøverket har kjøpt inn flere frøpartier av foredlet furufrø fra Sverige for å sikre forsyningen til norske skogplanteskoler. Det er også innkjøpt noe frø for direkte såing. Framover vil det fortsatt være viktig å pleie kontakten med frøhandlere i Sverige for at forsyningen skal være stabil og forutsigbar.

A5: For effektiv og oppdatert veiledning til skogbruket: utvikle kart-basert veiledningsverktøy basert på oppdatert kunnskap

Prosjektet bidro med grunnlagsmaterialet til veiledning for at valg av furuproveniensen, bestandsfrø eller foredlet frø, kunne implementeres i «Proveniensenvelgeren» som ble lansert i 2021 (www.skogfroverket.no). Verktøyet ble teknisk utviklet i et samarbeid med LMD, NIBIO, Skogfrøverket og brukere fra Glommen-Mjøsen, Allskog og planteskolene. Verktøyet gir også anbefalinger for gran.



Figur 3: Utsnitt fra Proveniensenvelgeren som viser anbefalt bruksområde for furufrø fra den svenske frøplantasjen Lyckstad som gir en forventet økt volumproduksjon på 10-12 % sammenlignet med bestandsfrø.

Grunnlagsmaterialet for veiledningen for furu er bl.a. frøsonekartene utviklet i Arbeidspakke 2 som ble utviklet i samarbeid med Skogforsk. Kontrollutvalget for frøforsyningen har gjort en vurdering av kartet og klargjort ny veiledning for tillatt bruk av svensk foredlet materiale i Norge som ble implementert i proveniensenvelgeren.

Tillatelsene for bruk av svensk foredlet materiale er som resultat av dette betydelig utvidet i forhold til tidligere. Samtidig har kontrollutvalget etablert en praksis som forenkler prosedyrene som kreves for å bruke materialene i Norge.

Verktøyet vil kunne utvikles videre til også å ta hensyn til framtidige klimaendringer. Da må vi benytte forflytningsfunksjoner; - modeller som estimerer plantematerialenes prestasjon ved forflytning over fotoperiodiske og klimatiske gradienter. Prosjektet har bidratt med datagrunnlag for å re-kalibrere de eksisterende forflytningsfunksjonene (Berlin, et al. 2016) med eksisterende data fra norske proveniensforsøk.

A6: Raskeste vei til 2g frøplantasjer for Norge! Mulighetsstudie om bruk av nye metoder i foredlingen for å ta snarveier til avanserte norske foredlingspopulasjoner.

Prosjektet har utviklet en strategi for «Foredlingsprogram for furu i Norge» (vedlagt rapporten) som ble styrebehandlet og vedtatt i Skogfrøverket og lagt fram for Landbruks- og Matdepartementet i 2020. Basert på denne planen re-startet furuforedlingen i Norge i år 2020.

Den store kostnaden, og det største tidstapet, i skogplanteforedlingen er avkomtestingen som må til for å beregne avlsverdier for utvalg til frøplantasjer og foredlingspopulasjon. Dersom vi skulle begynt med et pluss-tre utvalg og avkomtesting i dag, så ville vi hatt testet og konkurransedyktige 2. generasjonsmaterialer klart til frøplantasjene tidligst i 2050, og frøproduksjonen ville ikke kommet i gang før 2060. Samtidig ville kostnadene blitt svært høye da forsøk med furu i Norge må gjerdes inn mot beiting. Med nye teknikker innen måling av enkelttre-egenskaper i skog med droner, samt genotyping, har vi imidlertid nye verktøy også for planteforedlerne. Prosjektet har derfor anbefalt strategien «Avl-uten-avl» (Breeding-Without-Breeding, *BWB*) (El-Kassaby and Lstiburek 2009, Lstiburek, et al. 2015, Lstiburek, et al. 2017). Der utnytter planteforedleren vanlige plantefelt som er etablert med frø fra frøplantasjer, klonarkiver eller pluss-tre utvalg i skogen og «gjenskaper» et avkomforsøk av disse med genotyping og slektskapsanalyser. Plantefelt som er eldre enn 10 år kan da brukes som avkomforsøk for utvalg av 2. generasjonsmaterialer til frøplantasjer med høy genetisk gevinst allerede i 2035-2040.

Universitetet i Helsinki og Luke i Finland ferdigstilte i 2020 utviklingen av en ny 50k SNP-chip for genotyping av furu. Dette var en milepæl for furuforedlingen da det betyr reduserte kostnader, mye høyere nøyaktighet og reproduserbarhet på genotypingen av furu. Skogfrøverket kom i 2022 med i konsortiet som får genotypingen gjennomført til en betydelig redusert kostnad. SNP-chip er opprinnelig utviklet for genomisk seleksjon og inneholder nok noe flere markører enn det en strengt tatt trenger for slektskapsanalyser. Skogfrøverket har derfor gått inn i et samarbeid med Graminor om å utvikle en redusert og enda rimeligere genotypingsmetode i tilfeller der kun slektskap er interessant.

Formidling

For oppdatert veiledning om valg av riktig og godkjent furuproveniens kan skogbrukerne nå finne svar i «Proveniensvelgeren» på www.skogfroverket.no.

Prosjektet har bidratt til fagsamlinger ved flere anledninger (Tabell 2), og interessen for planting og såing av furu er større ved slutten av prosjektet enn da det startet.

Skogfrøverket har klar en upublisert strategi for «Foredlingsprogram for furu i Norge». Oppstarten foredlingsarbeidet følger denne strategien, og vil bli implementert i Skogfrøverket strategi for skogplanteforedling (alle treslag) som revideres i 2023 og publiseres i 2023/24.

Skogfrøverket bidro i en artikkel i magasinet Skog der det ble informert om arbeidet i prosjektet.

Det har kontinuerlig vært publisert nyheter fra prosjektet på Instagram og Facebook til dem som følger Skogfrøverket der.

Tabell 2: Oversikt over formidlingsaktivitet relatert til prosjektet.

Dato	Arrangement/arrangør	Sted	Antall	Tema	Foredragsholder
26.03.2019	Nordgen Skog	Kvatninga	60	Plantebredling og frøforsyning	Arne Steffenrem
14.06.2019	Fagsymposium	Elverum	170	Prosjekt Bedre frø til furuskogbruket	Arne Steffenrem
18.06.2019	AgriTechNordic	Steinkjer	60	Nye metoder for måling (fenotyping) av trær	Arne Steffenrem
19.10.2020	Forskningsledelsen Graminor	<u>Bjørke</u>	7	Skogplantebredling og bruk av genomiske verktøy	Arne Steffenrem
29.10.2020	Befaring med allmenninger/Skogoppsyn	Romedal, Løten	5	Sanking av furukongler: Sankeverdig? Gjennomføring?	Øyvind Meland Edvardsen
26.02.2021	Skogkulturskolen, Nortømmer	Webinar Teams	25	Bredling, proveniensbruk, furu	Øyvind Meland Edvardsen
13.04.2021	Skogforskdagarna - Neste generasjon	Webkonferanse	>50	Intervju på Skogforskdagarna, Skogforsk, Sverige	Arne Steffenrem
13.04.2021	Nortømmer/Norskog	Webinar Zoom	94	Frøforsyning og furubredling	Øyvind Meland Edvardsen
19.10.2021	Skogkurs Webinar	Digital plantekveld	140	Plantebredling furu – status, og hvor går vegen vidare?	Arne Steffenrem
11.02.2022	Magasinet Skog	Skogfrøverket		Sak om frøforsyning i Magasinet Skog. Arne Steffenrem	Øyvind Meland Edvardsen
24.03.2022	Viken Skog	Biri planteskole	18	Flytting provenienser, furufrø	Øyvind Meland Edvardsen
13.06.2022	Magasinet Skog	Skogfrøverket		Sak om proveniensvelgeren i Magasinet Skog. Arne Steffenrem	Øyvind Meland Edvardsen/Frode Hjorth

Prosjektregnskap

Prosjektet har hatt høy aktivitet, og kostnadsutviklingen har vært tilnærmet som planlagt.

Skogfrøverket har tatt en større andel av kostnadene ved utplanting av feltforsøk enn opprinnelig planlagt. De økte kostnadene dekkes | gjennom omdisponering internt i prosjektet.

Tabell 3: Regnskap og budsjett for prosjektet pr desember 2020

Arbeidspakke	Regnskap 2018	Regnskap 2019	Regnskap 2020	Regnskap 2021	Regnskap 2022	Sum Regnskap	Sum Budsjett	Rest
A1 Møte samarbeid behov muligheter	19 525	40 144	-	-	-	59 669	70 000	10 331
A2 Klargjøre data	150 000	-	-	-	-	150 000	150 000	-
A3 Såing, dyrking, gjerdning, prov.forsøk	272 725	491 464	205 294	30 250	533 959	1 533 692	1 377 800	-155 892
A4 Utrede bestandsfrøsanking	-	-	-	-	-	-	40 000	40 000
A5 Web-app	400 000	100 000	-	-	-	500 000	500 000	-
A6 Tre temadager for skogeiere	3300	12 962	28 600	4 746	41 190	90 798	140 000	49 203
Prosjektledelse	34 793	54 178	77 414	7 113	6 875	180 373	234 000	53 627
Totalt	880 343	698 748	311 308	42 109	582 024	2 514 532	2 511 800	-2 732

- Berlin, M., Persson, T., Jansson, G., Haapanen, M., Ruotsalainen, S., Barrington, L. *et al.* 2016 Scots pine transfer effect models for growth and survival in Sweden and Finland. *Silva Fenn.*, **50** (3).
- El-Kassaby, Y.A. and Lstiburek, M. 2009 Breeding without breeding. *Genetics Research*, **91** (2), 111-120.
- Lstiburek, M., Hodge, G.R. and Lachout, P. 2015 Uncovering genetic information from commercial forest plantations - making up for lost time using "Breeding without Breeding". *Tree Genetics & Genomes*, 12 pp.
- Lstiburek, M., El-kassaby, Y., Skrøppa, T., Hodge, G.R., Sønsteby, J.H. and Steffenrem, A. 2017 Dynamic gene-resource landscape management of Norway spruce: Combining utilization and conservation. *Front Plant Sci*, **8**:1810, 1-6.