



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Hundre år – og eitt omløp i forsøksskogen

Konsul Heibergs plantefelt i Auestad, Rogaland

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 63 | 2022



Hans Nyeggen, Stig Støtvig og Bernt-Håvard Øyen
Divisjon for skog og utmark

TITTEL/TITLE

Hundre år – og eitt omløp i forsøksskogen. Konsul Heibergs plantefelt i Auestad, Rogaland.

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Hans Nyeggen, Stig Støtvig og Bernt-Håvard Øyen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
06.04.2022	8/63/2022	Åpen		22/00516
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03069-0	2464-1162	33		

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Oppdragsgiver

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Hans Nyeggen

STIKKORD/KEYWORDS:

Langsiktige forsøk, granarter, furuarter, utanlandske treslag

Long term trials, spruce, pine, non-native species

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skogproduksjon, skogøkologi

Forest production, forest ecology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

I 1921 kjøpte Vestlandets forstlige forsøksstasjon 340 dekar av utmarka på Auestad i Gjesdal kommune i Rogaland, der formålet var å gjera vitskapelege undersøkingar av skogetablering og produksjon i ulike treslag. Arealet var snaumark og i all hovudsak røsslynghei, ein arealtype som ofte gir langvarig veksthemming etter planting av granarter. Feltet ligg på Høg-Jæren 240-310 m o. h. på næringsfattig grunn. Litt under halvparten av arealet vart før anlegg klassifisert som eigna mark for skogreising. Jorda er morene med frisk råme, og med råhumus som dominerande humustype.

Frå 1922 til 1933 vart det planta om lag 120 dekar med vanleg gran, sitkagran, engelmansgran, blågran, vanleg furu, bergfuru, vrifuru, europeisk edelgran, douglasgran, nutkasypress og europeisk lerk. Plantinga vart gjort i ruter på om lag 70 x 70 m, med ei rute for kvar proveniens og treslag, og seinare i mindre ruter med vestamerikansk hemlokk og douglasgran. Det vart òg gjort forsøk med såing av dunbjørk.

I åra 1953 til 1984 vart det oppretta 15 skogproduksjonsforsøk i planteruter med vanleg gran, sitkagran, engelmansgran, europeisk lerk, edelgran, furu og bergfuru. Alle forsøksflatene har vore tynna ein eller fleire gonger, og forsøka har vore jamleg reviderte med nokre års mellomrom. Sju forsøk finst framleis i 2022, resten er nedlagde på grunn av ulike skadar eller hogst.

Forsøksfelta i Auestad inngår i mange vitskapelege skogundersøkingar, og nokre resultat etter om lag 100 år med målingar og observasjonar er tekne med her. Alle treslaga i produksjonsforsøka, unnateke europeisk lerk, har hatt ein differanse mellom brysthøgde- og totalalder på 20 år eller meir, som viser at etableringa på lyngmark har teke tid. Produksjonen i vanleg furu etter 100 år har vore rundt 6 m³/ha/år. Lerka fekk mykje lerkekreft og forsøket vart tidleg lagt ned. Bergfuru har



NIBIO

NØRSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

vist produksjon på høgde med vanleg furu, men har på grunn av sopp- og vindskadar vorte nedlagt. Tyngda av forsøksrutene i sitkagran har over eit omløp på 100 år hatt ein produksjon på 12-14 m³/ha/år, medan produksjonen for vanleg gran og edelgran ligg mellom 8 og 10 m³/ha/år. Engelmansgrana har vist ein produksjon noko lågare enn vanleg gran og er det einaste treslaget som til no har kulminert.

I furubestanda er det i biomassen bygd opp om lag 125 tonn C per hektar i løpet av 100 år, medan det i vanleg gran- og sitkagranbestanda er bygd opp høvesvis 200 og 320 tonn C. Furu-, vanleg gran- og sitkagranplantefelta inneheld høvesvis 5, 8 og 13 gonger meir karbon enn skoglaus røsslyngmark. I tillegg til eit stort kvantum med tømmer er det på dei skogreiste areala i Auestad gjennom 100 år bunde om lag 9 600 tonn CO₂-ekvivalentar i biomassen. Dette utgjer skyggeverdiar estimert til 19,2 mill. kr. På hogstflater og mellom forsøksrutene er det rike oppslag av lauvtre. Areala dekkjer fleire økosystemtenester der til dømes jakt kan verdsettast, medan andre er fellesgode som det er meir vanskeleg å verdsette, mellom anna sopp- og bærplukking og bruk av stiar og vegar til rekreasjon.

LAND/COUNTRY:	Noreg
FYLKE/COUNTY:	Rogaland
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Gjesdal
STED/LOKALITET:	Auestad

GODKJENT /APPROVED

Tor Myking

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Hans Nyeggen

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Etter at skogforskinga i Noreg byrja for alvor i 1916-1917, vart det lagt ut eit stort tal forsøk for å undersøke vekstpotensialet hjå ulike treslag. Forsøka vart etablerte med stor geografisk spreiding, på rik og fattig mark, over fleire høgdslag og med ulik eksposisjon, og i mange strok av landet. For Høg-Jæren vart Auestad i Gjesdal ein viktig forsøks- og demonstrasjonsskog. Arealet var lynghei med dominans av røsslyng. Skogkultur er ofte vanskeleg på slik mark på grunn av veksthemming. Auestadskogen har skaffa verdifulle data og kunnskap i snart 100 år. I denne rapporten viser vi nokre nøkkeltal frå forsøka og kva ein kan oppnå med skogplanting på tilsvarande mark og klimasone i landsdelen, og peikar òg på nokre utfordringar.

Mange tilsette ved Vestlandets forstlige forsøksstasjon og etterfølgjande institutt har opp gjennom åra gjort arbeidet som har ført til kunnskapen vi har om denne skogen i dag. I arbeidet med rapporten har tidlegare skogforskar Arnstein Orlund og tidlegare ingeniør Sverre Kringlen bidrege med opplysningar om forsøka. Lars Slåttå, Hans Petter Tønnesen og Kjell Terje Skrunes frå Skogselskapet i Rogaland har hjelpt oss med informasjon om eigedomen. Skogselskapet si gode forvaltning av skogen og velvilje til forsøk har vore avgjerande for at NIBIO framleis kan drive forskning på Auestad.

Bergen, 06.04.22

Hans Nyeggen

Innhold

1	Forsøksskogen på Auestad	6
1.1	Jordkjøp, dei første planteforsøka og veksthemming	6
1.2	Topografi, klima og areal	8
1.3	Jordbotn	9
1.4	Produksjonsforsøk og andre undersøkingar	10
2	Resultat og drøfting	12
2.1	Produksjonsforsøka	12
2.2	Proveniensforsøk og plantingar utan forsøk	20
2.3	CO ₂ -opptak og litt om andre verdiar	26
2.4	Økonomi og rente.....	28
3	Slutning	31
	Litteratur	32

1 Forsøksskogen på Auestad

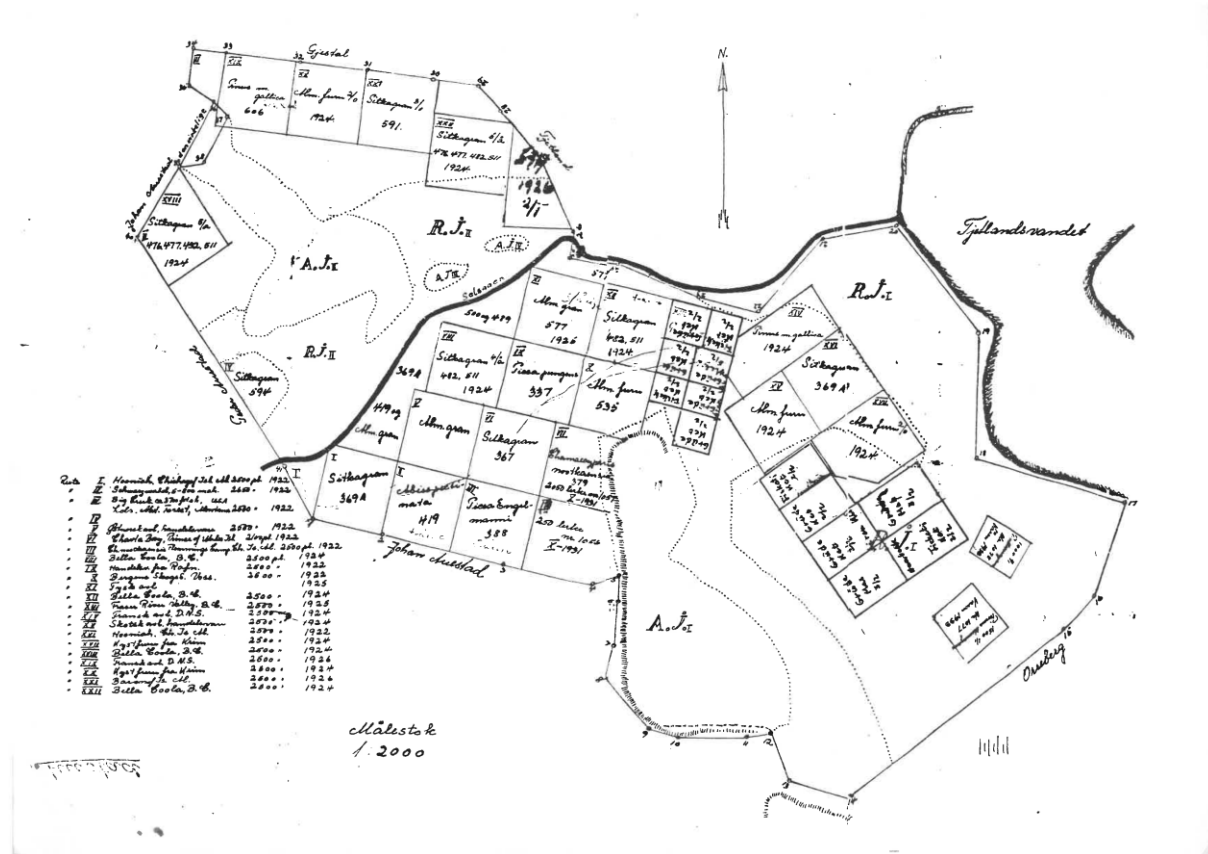
1.1 Jordkjøp, dei første planteforsøka og veksthemming

I 1921 kjøpte Vestlandets forstlige forsøksstasjon (Vff) 345 dekar av utmarka på ein av gardane Auestad i Gjesdal kommune i Rogaland til forsøksskog, og døypte det “Konsul Heibergs plantefelt” etter grunnleggjaren av Det norske Skogselskap, Axel Heiberg. Egedomen fekk gards-/bruksnummer 29/5. Formålet var å gjera vitenskaplege undersøkingar av skogetablering og produksjon med ulike treslag. Arealet var snaumark med for det meste røsslyngdekke. Slik lyngmark kan vera vanskeleg å skogreise med granartar, fordi plantene ofte døyr eller sturar dei første åra etter planting. Veksthemminga kan vare i opptil fleire tiår før trea får betre vekst. Årsakene til veksthemminga er samansette; konkurranse eller giftverknad frå røsslyng og andre lyngartar, og næringsmangel av plantetilgjengeleg nitrogen og fosfor, m.a. på grunn av lite utvikla mykorrhizasopp (Børtnes 1969, Berg 1974). Furuartane, edelgran og lerk har normalt ikkje veksthemming (Hagem 1920, Robak 1966), men tidlege furuplantingar langs kysten viste mykje soppskadar (Hagem 1926), så kva for treslag som produksjons- og verdimeisig eigna seg for kultur på svak til middels god mark på Høg-Jæren var den gongen forsøka vart lagt ut eit ope spørsmål (jf. Skogdirektøren 1924).

Om lag halvparten av arealet blei vurdert som eigna til forsøk, og i åra 1922 til 1933 vart det meste av dette arealet planta til med ei rekkje bartreslag, dei fleste gran- (*Picea* ssp.) og furuarter (*Pinus* ssp.): Vanleg gran (*P. abies*), sitkagran (*P. sitchensis*), engelmansgran (*P. engelmannii*), blågran (*P. pungens*), furu (*P. sylvestris*), bergfuru (*P. mugo* var. *uncinata*), vrifuru (*P. contorta* var. *latifolia*), europeisk edelgran (*Abies alba*), douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*), nutkasypress (*Cypressus nootkatensis*) og europeisk lerk (*Larix decidua*). Det vart planta i storruter på vanlegvis om lag 70 x 70 m, ei rute for kvar proveniens av kvart treslag (Figur 1). Planteavstandar var frå 1,2 til 1,4 m, svarande til 6940–5100 planter per ha. I 1936–1937 vart det sådd bjørk, på areal vi seinare ikkje har funne att. I 1938 er det meldt om dårleg overvintring i bjørkesåingar i Rogaland (Smitt 1939), og dette var truleg problemet òg på Auestad. Seinare har det vore planta proveniensforsøk med vestamerikansk hemlokk (*Tsuga heterophylla*) i 1965 og douglasgran i 1987, med småruter og med gjentak.

Plantefelta vart gjerda inn mot husdyr. Sjølv om Vff var sentral for å følge opp forsøka ved anlegg og seinare i produksjonsmålingar, vart det på 1980-talet klart at lokal forvaltning høvde best for å sikre verdiane. Egedomen vart i 1989 overført til Skogselskapet i Rogaland, med avtale om at NISK-Bergen fekk halde fram med vitenskapleg arbeid. I 2016 vart ein del av egedomen makebytta med ein naboeigedom, og felta med furu- og bergfuru på nordsida av Selsåna vart etterpå hogde. Eit flybilette frå 2019 (Figur 2) viser intakte plantefelt bortsett frå det hogde furuarealet i nord, eit hogd vindfallområde i to planteruter i sør og stor avgang i nokre planteruter i søraust. En god del lauvtre har etablert seg mellom planterutene, på hogstflater og elles rundt om i forsøksområdet.

På 1950-, 60- og 70-talet vart det gjennom fleire forsøksseriar og skogforskning ved Vff klargjort at veksthemming kunne løysast med startgjødsling ved planting. Gjødsling vart ikkje brukt ved skogplanting i byrjinga av 1920-talet, men seinare skal det ha vore forsøk med å blande kalk i jorda før planting av vanleg gran på Auestad våren 1933 (Smith 1933, Robak 1966). Dette vart mest sannsynleg gjort på same måte som ved eit samtidig kalkingsforsøk i Lomeland i Eigersund, der kalkinga skjedde hausten før planting. Resultata var den gongen lovande. Seinare har andre startgjødslingsforsøk vist svært liten verknad av kalk, medan fosfat- eller fullgjødsling har gjeve god effekt på veksten (Børtnes 1969, Berg 1974). Kalkingsforsøket på Auestad vart, så langt vi kjenner til, lagt til andre areal enn dei to planterutene i gran som på 1960- og 1980-talet vart vidareførte som produksjonsforsøk. Etablering og vekst var noko ujamn mellom treslaga, men også mellom ruter av same treslag og innafor ruter. Kor mykje av dette som skuldast veksthemming er vanskeleg å kvantifisere.



Figur 1. Kartskisse over Auestad forsøksksg ca. 1933, med seinare tillegg. Romartal i tabellen nedst t.v. viser til planteruter og kva proveniensar som er brukt. Produksjonsforsøka finst i venstre del til om lag midt på skissa. Ruter med skrift opp ned i høgre del er proveniensforsøk med hemlokk (1965), der ein del er planta i tidlegare rute XIII (nord for midten av skissa), og vrfifuru (1933) i to ruter nedst t.h.



Figur 2. Flybilette frå Auestad forsøksskog i 2019, med Tjetlandsvatnet til høgre og Orrenfjellet sørover frå midten av biletet. Hogd vindfallareal i forsøksruter i edelgran og engelmansgran visast som trekantliknande flater sør i rutene vest for Orrenfjellet. Ei større, tilgrensande hogstflate og rest av tidlegare lerkeskog i sør er utanfor forsøksskogen, men høyrer i dag til eigedomen. Hogstflate nord for traktorveg øvst t.h. på nordsida av Selsåna ligg i tidlegare furu- (V0259) og bergfuruforsøk (V0262).

1.2 Topografi, klima og areal

Auestad ligg i Gjesdal kommune i Rogaland i region Høg-Jæren. I sankeområda for skogfrø og planteforsyning er Gjesdal i midtre sone (Gm) for Rogaland. Areala i forsøksskogen ligg frå 240 og opp til 310 moh. Forsøksareala har svak til moderat helling, ca. 10-40 prosent, og har eksposisjon mot sør, aust, vest og nord. Kartlegging av areala før anlegg viste at 345 dekar fordelte seg slik:

- 168 daa var eigna areal for skoglege forsøk (middels bonitet)
- 127 daa kunne plantast til, men var ueigna til skoglege forsøk (låg bonitet)
- 50 daa var ikkje eigna for planting (impediment).

Gardskart, NIBIO, oppgir i dag eit totalareal på 340 daa. Arealmåling på flyfoto viser at det i tida 1922 til 1933 vart planta til om lag 120 daa. Frå 1965 er det etablert ca. 20 daa med nye forsøk, så samla forsøksareal er på ca. 140 daa.

Årsnedbør (1991-2002) er 2445 mm på Helland, ca. 3 km mot aust. Middell årstemperatur ved Særheim i Klepp, ca. 19 km mot vest, er 7,9 °C, medan tetratermen (juni-sept.) er 13,6 °C same stad.

1.3 Jordbotn

I perioden 1958-1963, då dei eldste felte var om lag 40 år gamle, vart det gjennomført undersøkingar av jordbotn, i profilgroper og ved kjemiske analyser av humus og jord (Tabell 1). Avsetningstype er morene. Fuktforholda er skildra som friske. Råhumus er den dominerande humustypen, og profilane er i all hovudsak jarnpodsol (Nordvik 2000). Jorddjupna er noko varierende, men er som regel opp mot 50 cm. Stein- og grusinnhaldet ligg mellom 5 og 25 volumprosent. B-sjiktet har ein dominans av siltig sand (Tabell 2).

Tabell 1. Analyseresultat av jordprøver i flatene V0259 i furu, V0189 i sitkagran og V0262 i bergfuru. Sjikt 1 er humus, 2 er utvaskingslag og 3 er mineraljord. Bestandsalder ca. 40 år for alle felte.

Forsøks- flate	Sjikt nr	Sjikt- tykkelse (cm)	Gløde- tap (%)	Tot-C (%)	pH	N-%	C/N	L- tal*	M- tal*
V0259	1, LHF	3,0	85,6	49,7	4,10	1,16	42,8	23,4	38,0
V0259	2, A-sjikt	17,5			4,25	0,28		1,8	7,0
V0259	3, B-sjikt	43,0			4,80	0,18		1,0	spor
V0189	1, LHF	5,0	96,0	66,0	3,40	1,39	47,5	19,8	50,0
V0189	2, A-sjikt	20,0			4,30	0,16		2,4	3,0
V0189	3, B-sjikt	20,0			5,00	0,23		spor	2,0
V0262	1, LHF	3,0	90,4	51,8	4,40	1,25	41,5	1,2	3,0
V0262	3, B-sjikt	30,0			5,10	0,16		spor	4,0

*oppgjeve i mg/100 g

Tabell 2. Kornfordeling i prosent i prøve frå B-sjiktet frå flatene V0259 furu, V0189 sitkagran og V0262 bergfuru.

Forsøks- flate	Sjikt	Sand 2,0-0,6 mm	Sand 0,6-0,2 mm	Sand 0,2-0,06 mm	Silt 0,06-0,02 mm	Silt 0,02-0,006 mm	Silt 0,006-0,002 mm	Leir < 0,002 mm
V0259	B	23,5	28,6	25,1	14,7	7,7	0,4	0,0
V0189	B	26,0	25,6	25,4	14,8	7,8	0,4	0,0
V0262	B	25,4	25,5	20,9	13,4	10,8	4,0	0,0

Ut frå jordbotnanalysane kan ein seie at jorddjupna i auestadfelte er lita, som regel under 50 cm. Jordarten er morene med middels stort grus- og steinninhald (<25%). Dreneringa er god med frisk fukt. Jorda er middels næringsrik, har lite finstoff og har sur reaksjon. Profiltypen er jarnpodsol, men nokre stader er bleikjordlaget sterkt maskert. Nye jordbotnanalysar av flate V0259, 40 år seinare, viste små endringar (Nordvik 2000).

1.4 Produksjonsforsøk og andre undersøkingar

I åra 1953 til 1984 vart det oppretta i alt 15 skogproduksjonsforsøk med sju treslag som hadde nådd sein ungskogfase eller yngre produksjonsskog (Tabell 3). Seks av forsøksflatene med gran og sitkagran vart inndelt i 2, 3 eller 4 avdelingar (ruter), og for fire sitkagranforsøk er avdelingane etablert i to ulike år med 8-9 år i imellom. Forsøksflatene er frå 0,8 til 3,1 dekar i storleik.

Tabell 3. Oversikt over forsøksmaterialet.

Forsøks- flate / plante- rute	Treslag	Proveniens	Frø sådd år	Plante- år	Startår forsøk	Tal ruter	Over- høgd ved start (m)	Siste revi- sjons- år	Årsak til nedlegg- ing
V0146 / IV	Europeisk lerk	1056, Nairn County, Skottland,	1929	1931	1953	1	7,3	1976	Kreftsopp
V0147 / VII	Europeisk lerk	1057, Blackhill, Morayshire, Skottland.	1929	1931	1953	1	7,7	1976	Kreftsopp
V0189 / I	Sitkagran	Hooniah, Chichagof, Alaska, USA	1918	1922	1954 / 1963	2	7,6 / 11,9	2018	
V0190 / VI	Sitkagran	Karta Bay, Prince of Wales, Alaska, USA	1918	1922	1954 / 1963	3	7,7 / 11,6	1984/ 1985	Vind- skadar
V0191 / VIII	Sitkagran	Bella Coola, British Columbia, Canada	1920	1924	1954 / 1963	4	9,0 / 10,2	2018	
V0234 / XXII	Sitkagran	Bella Coola, British Columbia, Canada	1919	1924	1957 / 1966	3	7,1 / 9,9	2018	
V0259 / XX	Furu	Kinn (Iy)	1922	1924	1958	1	7,5	2015	Hogst
V0262 / XIX	Bergfuru	Frankrike	1924	1926	1958	1	6,4	1989	Sopp- og vind- skadar
V0384 / ved XXII	Sitkagran	Killisnoo, Alaska, USA	1923	1926	1966	1	8,9	1989	Ukjent
V0385 / V	Vanleg gran	Oppland	1918	1922	1969	3	10,5	2018	
V0386 / II	Europeisk edelgran	Schwarzwald, Tyskland	1918	1922	1984	1	14,7	2011	Vind- skadar
V0387 /XI	Vanleg gran	Tyskland	1922	1925	1984	1	16,0	2018	
V0388 / XII	Sitkagran	Bella Coola, British Columbia, Canada	1920	1924	1984	1	15,8	2018	
V0389 / XXI	Sitkagran	Baranof, Alaska, USA	1923	1926	1972	3	9,9	2018	
V0565 / III	Engel- mannsgran	Big Creek, Lolo Nat. for., Montana, USA	1917	1922	1984	1	14,3	2018	

Forsøka har vore reviderte med 3-12 års mellomrom, med eit middelintervall på 6 år. Unnataket er furuforsøket (V0259) som hadde siste revisjonsperiode på heile 26 år. Dette var knytt til nedlegging mot slutten av 1980-talet, men med seinare behov for ei ny, siste måling, gjort i 2015.

I felta har det både vore gjort diameter- og høgdemåling, og undersøkt skadar og feil. Alle forsøksflater og avdelingar har vore tynna ein eller fleire gonger, og i samband med tynningane har det vorte samla inn form- og kuberingstal som underlag for volumfunksjonar. Tynningane er gjort med noko ulik intensitet, men har likevel for små skilnadar i tynningsstyrke til at dei kan nyttast for samanlikning av tynningseffektar. I hovudsak kan ein seie at det i tynningane har vore teke ut sjuke og daude tre, og at få, svake tynningar av låge stammeklasser er nytta. Etter 1989 har forsøka ikkje vore tynna. Åtte av forsøka blir framleis følgde med målingar. Dei sju andre felta er nedlagde på grunn av ulike skadar eller planlagt hogst. Forsøksskogen i Auestad har òg vore brukt for å undersøke plantesjukdomar, jordsmonnsutvikling (Nordvik 2000), virkeskvalitet, og høgdebonitets- og produksjonsforskjellar treslaga i mellom (Øyen & Tveite 1998).

2 Resultat og drøfting

2.1 Produksjonsforsøka

Vi har i dette arbeidet valt å vise hovudtal for produksjon frå siste revisjon (Tabell 4), og har ikkje lagt vekt på at det kan vera forskjellar mellom avdelingane i forsøka grunna til dømes eksposisjon og jordbotn. Forsøksflater med meir ein ei avdeling har samanslegne resultat i tabellen.

Tabell 4. Alder, overhøgde, volum, tilvekst og bonitet ved siste revisjon.

For-søks-flate	Treslag	Siste revisjon	Total-alder (år)	Bryst-høgde -alder (år)	Over-høgde (m)	Ståande volum (m ³ /ha)	Total-produk-sjon (m ³ /ha)	Løpande tilvekst (m ³ /ha/år)	Middel-tilvekst (m ³ /ha/år)	H40-bon. *
V0146	Europeisk lerk	1976	48	33	14,5	102	176	4,7	3,7	16,1
V0147	Europeisk lerk	1976	48		15,6	115	183	4,6	3,8	
V0189	Sitkagran	2018	100	80	32,9	976	1338	22,5	13,4	19,4
V0190	Sitkagran	1985	68	46	22,4	295	630	17,5	9,3	20,1
V0191	Sitkagran	2018	98	76	34,5	1235	1488	23,6	15,2	21,6
V0234	Sitkagran	2018	99	78	29,9	985	1220	18,4	12,3	17,5
V0259	Furu	2015	94	72	17,3	350	496	7,6	5,3	12,1
V0262	Bergfuru	1989	66	45	12,1	166	280	6,3	4,2	11,0**
V0384	Sitkagran	1989	67	44	16,7	235	351	10,6	5,2	15,3
V0385	Vanleg gran	2018	100	74	23,4	481	588	6,5	5,9	15,1
V0386	Europeisk edelgran	2011	94	68	24,4	717	806	23,6	8,6	16,7** 17,4***
V0387	Vanleg gran	2018	96	73	25,5	738	913	17,0	9,5	17,0
V0388	Sitkagran	2018	98	77	29,7	967	1139	23,2	11,6	17,5
V0389	Sitkagran	2018	95	67	23,6	567	671	12,8	7,1	14,8
V0565	Engelmans-gran	2018	101	71	24,8	322	463	3,9	4,6	16,1**

*) Boniteringsfunksjonar for gran Vestlandet (Orlund 2001), sitkagran (Orlund 2001), furu (Tveite & Braastad 1981) og europeisk lerk (Wielgolaski 1993). **) Berekna verdi frå brysthøgdealder og middel overhøgde i bestandet ved siste revisjon. Bergfuru er bonitert som furu, edelgran og engelmannsgran som gran. ***) Bonitering i 2021.

Forskjellen mellom brysthøgdealder (1,3 m over bakken) og totalalder (frå frø) er unnateke lerk på 20 år eller meir (Tabell 4). Lang tid før trea nådde brysthøgde viser at det har vore veksthemming, noko som òg vart funne for alle granartane då dei første produksjonsforsøka starta. For vanleg gran er tal år til brysthøgde om lag 10 år lenger enn det som er vanleg for desse bonitetane på Vestlandet (Øyen 2002). Den seine veksten til brysthøgde for furu, bergfuru og edelgran, tyder på at desse treslag òg har hatt veksthemming. Europeisk lerk har hatt den raskaste vekststarten, og har nådd overhøgde på 7-8 m om lag 10 år før furu og dei tidlegast utlagde sitkagranforsøka (Tabell 3). Lerka fekk etter kvart mykje lerkereft (*Lachnellula willkommi*), og i forsøk V0146 var alle trea registrert med denne soppen ved nedlegging i 1976. Andre lerkertar som japanlerk og hybridlerk har i andre forsøk i Rogaland vore sterkare mot lerkereft, og er derfor meir aktuell å plante enn europeisk lerk. Lerka i forsøk V0147 var planta (1931) i same rute som nutkasypress (1922), etter stor avgang i sypresen, og der sypresen ved nedlegging av ruta i 1976 for det meste var undertrykt av lerka. Sypresen (proveniens: Chicagoff Island, Alaska, USA) fekk omfattande skadar, sannsynlegvis av tidleg vårfrost i 1958, og mange tre dauda. Det er derfor lite informasjon å få ut av denne blandingsruta samla. Restar av sypress finst framleis i tregrupper og som einskildtre i 2022.

I bergfuru er det rapportert om mykje skade av nåleskytte, som truleg er knytt til omfattande angrep av furuas knopp- og greintørkesopp (*Gremeniella abietina*), i 1958 og 1960. Mange tre fekk liten barmasse og dårleg vekst (Figur 3). På 1990-talet kom det i tillegg vindskadar, og forsøket vart då bestemt nedlagt. Trass soppskadane hadde bergfuru ved siste revisjon i 1989 ein produksjon på høgde med furuforsøket ved same alder. Bergfuru har vore en del brukt i skogreisinga som pionertre og forkultur for å gjera om skrinne mark til skogsjord, men er samstundes kjent for ofte å ha kortare levetid enn furu på grunn av skadar (Øyen 1999, Øyen et al. 2009).

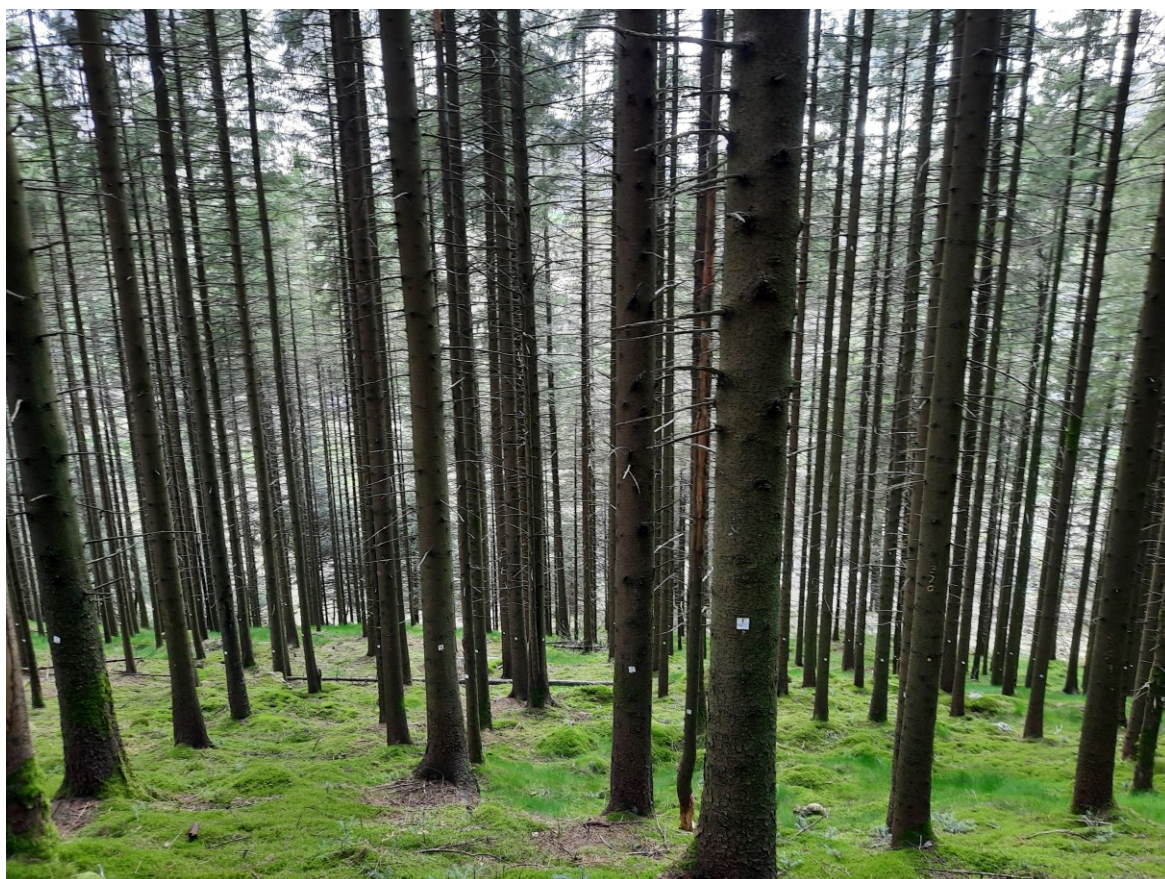


Figur 3. Bergfuru i nedlagt forsøksflate V0262 i 2015, med mange døyande tre og liten barmasse på dei levande trea. Totalalder 92 år.

Foto: Hans Nyeggen.

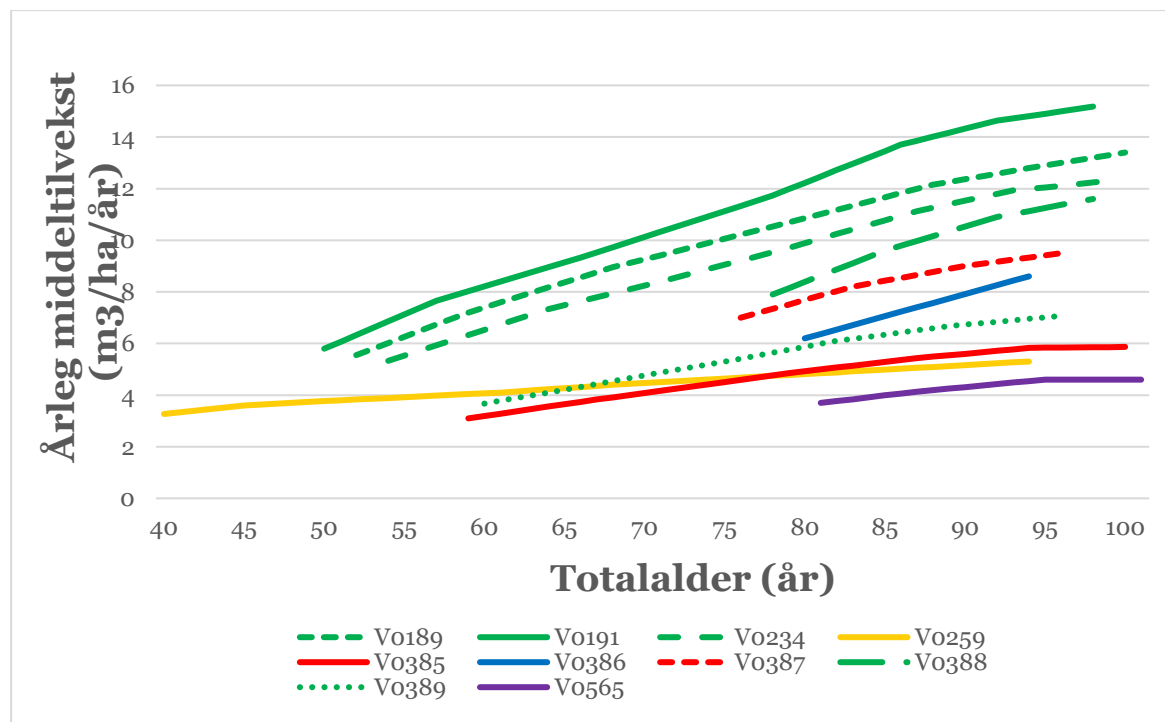
Ved dei siste revisjonane har ingen av treslaga unnateke engelmansgran nådd kulminasjon, dvs. at årleg løpande tilvekst er mindre enn årleg middeltilvekst. For engelmansgrana ser ein òg at ståande volum var 19 prosent mindre enn ved førre revisjon i 2011. Dette kan forklarast med at 35 % av tal tre var daude, tilsvarande 23 % av kubikkmassen i 2018. Middeltilveksten var då lågare enn produksjonsevna (middeltilvekst ved kulminasjonsalder) for gran (6,9 m³/ha/år) på same bonitet (Øyen 2008), som er nærmaste treslag med produksjonstabellar å samanlikne med. Trea har ved dei siste revisjonane hatt korte, smale kroner og lita barmengd, teikn på at treslaget ikkje trivst på denne eksponerte lokaliteten. Flata er av dei høgastliggjande, og det kan ha gjeve større vindslit i kronene enn for treslaga lenger nede i lia. I tillegg kan hogst inntil bestsandskanten i sør i siste revisjonsperiode, som har ført til vindfall inntil kanten av forsøksflata (Figur 2), ha opna for meir vindslit. Proveniensen frå Montana er innafor tilrådd område for frø til bruk på Vestlandet (Magnesen 2001). Samstundes er engelmansgran eit utprega fjelltre som er rekna for å passe best i innlandsstrok på Vestlandet (Magnesen 1998 og 1999), og Auestad kan vera i ytterkanten av det området som treslaget trivst i.

For vanleg gran viste flate V0385 (Figur 4) stort fall i løpande tilvekst i den siste perioden, og bestandet kan nærme seg kulminasjon. Den eine av tre avdelingar hadde kulminert ved siste revisjon. Avgang i alle rutene skuldast då sjølvtytning. Flate V0387 hadde framleis god tilvekst. Middeltilveksten for denne flata var litt høgare enn produksjonsevna for gran (7,5 m³/ha/år) på same bonitet (Øyen 2008), medan flate V0385 hadde ein middeltilvekst tilsvarande produksjonsevna (6,2 m³/ha/år). Ein årsak til forskjellen i middeltilvekst mellom desse granflatene (Figur 5), er truleg proveniensforskjellar, der flate V0385 har gran frå Oppland, medan V0387 har opphav i Tyskland, utan at me kjenner proveniensen nærmare. Granproveniensar frå Harz i det nordlege Tyskland er m.a. betre tilpassa vestlandsklimaet enn mange av dei austnorske materiala (Magnesen 2001, Øyen 2007b).



Figur 4. Forsøksflate V0385 i vanleg gran i 2021, ved totalalder 103 år. Proveniensen frå Oppland.

Foto: Hans Nyeggen.



Figur 5. Middeltilvekst over totalalder for forsøka i Auestad. Farge: Grøn – sitkagran, raud – vanleg gran, lilla – engelmannsgran, gul – furu, blå – edelgran.

For edelgrana (Figur 6) var middeltilveksten og produksjonen nesten like høg som på den mestytande granflata, V0387, og ville truleg gått forbi grana om det ikkje hadde vore for vindskadane etter 2011. Middeltilveksten i dette forsøket låg over produksjonsevna (7,3 m³/ha/år) for gran på same bonitet (Øyen 2008), det nærmaste treslaget å samanlikne med. Edelgran har ei seinare tilvekstutvikling og meir uthaldande vekst som kulminerer seinare enn til dømes vanleg gran (Nedkvitne 1966). Dette forholdet syner seg òg i bestandstilvekstmodellane for dei viktigaste produksjonstreslaga vestafjells (Øyen & Øen 2001). Bonitering i 2021 viste ein høgdebonitet på 17 m, som indikerer ein auke på ein bonitetsklasse frå forsøksstart i 1984. Edelgran har tettare krone enn granartane og får slik eit større vindfang som gjer treet utsett for vindfelling.



Figur 6. Edelgran i nedlagt forsøksflate V0386 i 2021, ved totalalder 103 år, sett mot vindfelt område og sitkagran nedanfor.

Foto: Hans Nyeggen.

Sitkagrana i flate V0189 hadde fall i løpande tilvekst og ingen auke i ståande volum i siste periode i den eine avdelinga, men framleis høg tilvekst og aukande volum i den andre. Båe ruter fekk nokre vindfall i siste periode (Figur 7), men det har påverka tilveksten lite i ruta med det høgaste volumet. Flata ligg ut mot den same hogstkanten i sør som har ført til vindfall i kanten av engelmansgrana og i det meste av edelgranforsøket. Flybiletet viser at sitkagrana står best i storm av desse treslaga (Figur 2). For dei fire andre sitkagranforsøka som framleis er operative, var det ingen av bestanda som nærma seg kulminasjon. Av sitkagranflatene hadde flate V0389 tydeleg lågare produksjon enn dei fire andre. Boniteten er middels i denne flata, medan dei andre viser høg bonitet. Bonitetskilnadane kan skuldast fleire forhold; proveniens, eksposisjon eller jordbotn, og kva for faktor som er viktigast er vanskeleg å

vite sikkert. VO389 ligg høgast av alle sitkagranflatene, ca. 300 m o.h., og kan derfor vera noko meir eksponert for vind enn dei andre. Samanlikna med dei to forsøka i vanleg gran, låg flate VO389 mellom dei to granflatene i produksjon. Middeltilveksten for sitkagranflatene (7-15 m³/ha/år) ved om lag 100 års alder er noko lågare enn produksjonsevna for sitkagran (13,2-21,7 m³/ha/år) på same bonitet (Øyen 2008). Årsaka til det er truleg veksthemming. Dei tre forsøka med proveniens Bella Coola, British Colombia, viser alle høg produksjon (Tabell 3 og 4, Figur 8), sjølv om frøet kjem lenger sørfrå enn proveniensar tilrådd for bruk på Vestlandet med omsyn til risiko for frostskeidar (Hagem 1931, Magnesen 2001).



Figur 7. Forsøksflate VO189 i sitkagran i 2021 med grupper av vindfelte tre, ved totalalder 103 år. Proveniens Hooniah.
Foto: Hans Nyeggen.



Figur 8. Forsøksflate V0191 i sitkagran i 2021, ved totalalder 121 år. Proveniensen Bella Coola.

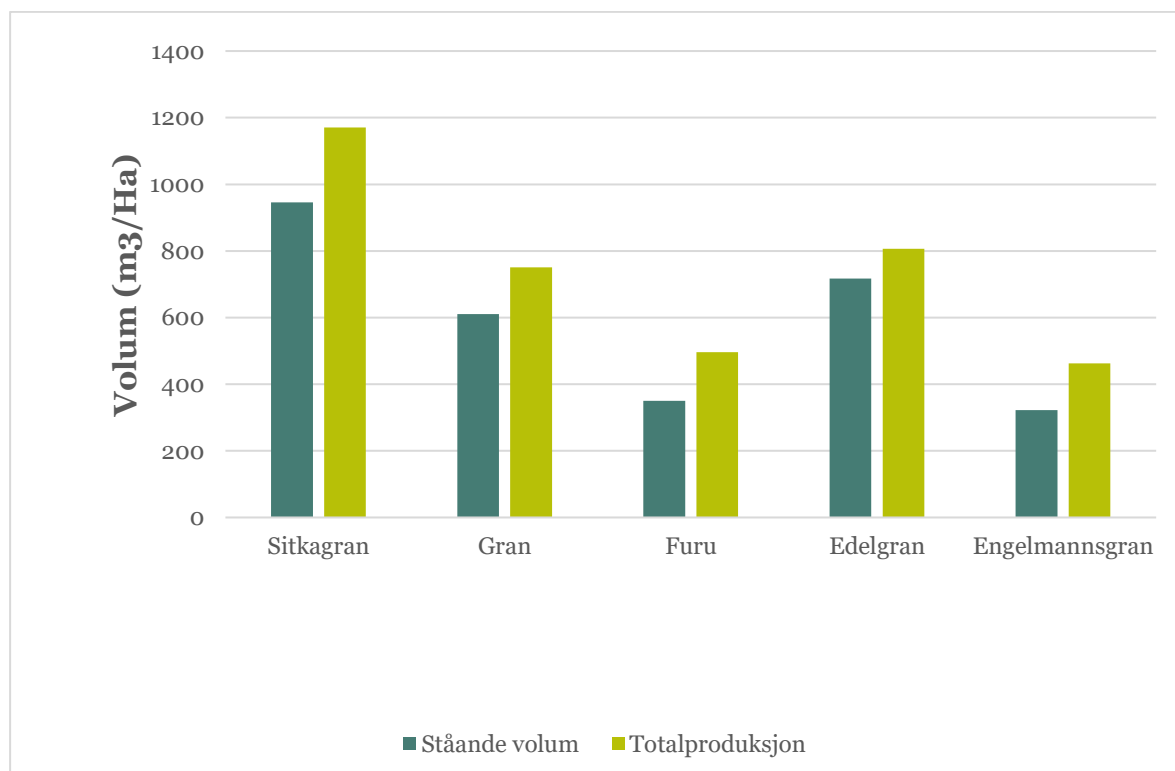
Foto: Hans Nyeggen.

Vanleg furu viste ved sluttrevisjonen ein middeltilvekst litt under flate V0385 i gran. Produksjonen er på høgde med andre planta furuforsøk i Rogaland på tilsvarande mark og bonitet, men om lag 30 % høgare enn produksjonsevna (4,1 m³/ha/år) for furu på same bonitet (Øyen & Nes 1997, Øyen 2008). At det er planta i tett forband, har sannsynlegvis bidrege til større volum i forhold til produksjonstabellen, der naturleg forynga furuskog i større grad inngår i grunnmaterialet. Det er meldt om luseangrep tidleg i forsøksperioden, men ingen større skadar seinare. Trea hadde likevel ein del krok og svartkvist, slik det er vanleg for kystfuru på Vestlandet (Figur 9).



Figur 9. Forsøksflate V0259 i furu i 2015, ved totalalder 94 år. Proveniens Kinn. Foto: Hans Nyeggen.

Slår ein saman resultatata frå rutene til gjennomsnitt for kvart treslag, er produksjonen for sitkagran høgast av alle treslaga (Figur 10). Nest høgast kjem europeisk edelgran, sjølv om siste revisjon var 6 vekstsesongar tidlegare enn granartane og 4 år tidlegare enn furu. Vanleg gran har produsert meir enn både furu og engelmansgran, som ligg lågast.



Figur 10. Gjennomsnittleg ståande volum og totalvolum (ståande volum + tynning og sjølvtytning) ved siste revisjonsår (vekstsesong) 2011-2017 for treslaga sitkagran (5 forsøk, 2017), gran (2 forsøk, 2017), furu (2015), europeisk edelgran (2011) og engelmansgran (2017).

2.2 Proveniensenforsøk og plantingar utan forsøk

Våren 2021 vart to proveniensenforsøk og sju planteruter utan produksjonsforsøk undersøkt. Plantingar som av ulike årsaker ikkje har vorte følgde med forsøk, kan etter lang tid likevel gje ein god del informasjon om potensialet for vekst og utvikling. Alle rutene ligg på sørsida av Selsåna. Registreringa var lagt opp som synfaring med fotografering og høgdebonitetsmåling i utvalde treslag og ruter (Tabell 5). Bonitet blei bestemt ved å måle eitt overhøgdetre (det grovaste treet pr. 100 m²) i kvar rute. I tillegg til planterutene med bartre, vart eit areal med sjølvforynga bjørk bonitert.

Tabell 5. Oversikt over planteruter utan produksjonsforsøk, i 2021. Nummer på planteruter viser til romartal i kartskissa i Figur 1. BC = British Columbia.

Plante- rute / lokali- tet	Treslag	Proveniens	Frø sådd år	Plante- år	Bryst- høgde- alder (år)	Over- høgd (m)	H40- boni- tet *	Ekspo- sisjon	Tilstand
IX	Blågran	Ukjent		1922	65	14,5	8,8 **	Vest	Dårleg, få levande tre
X	Furu	Voss, 1919 (Hi)		1922	87	20,6	12,9	Vest	God, jamt bestand, men svartkvist og krok
Tidleg- are XIII	Hemlokk	Ketchikan, Alaska, USA, og Masset, B. C., Canada	1960 og 1961	1965	44	21,1	19,7 **	Nord / nord- aust	God i nordre del, ujamt og stor avgang i aust
XIV	Bergfuru	Pyreneene, Frankrike	1922	1924			Ikkje boni- tert	Nord- aust	Dårleg, få levande tre
XV	Furu	Skottland		1924	82	20,3	13,3	Nord- aust	Dårleg, ujamt og glissent, svartkvist og krok
XVI	Sitkagran	Hooniah, Chichagof, Alaska, USA	1918	1922			Ikkje boni- tert	Nord- aust	Sett på avstand: God vekst i øvre del av ruta, ukjent status i nedre del
XVII	Furu	Kinn (ly)	1922	1924	79	19,0	12,8	Nord- aust	Middels god, noko ujamt bestand, svartkvist og krok
	Vrifuru	1077, Kamloops, B.C., Canada	1931	1933	64	19,9	14,3 ***	Aust	Middels god, ein del svartkvist og gankvist, noko rotvelt
	Vrifuru	1078, Cypress Hills, Alberta, Canada	1931	1933			Ikkje boni- tert	Nord	Dårleg, få levande tre
Tidleg- are IV	Douglas	Canada (prov.: 13 innlands- og 1 kystform)	1985	1987	25	10,6	14,6 **	Vest	God, men noko brekk og rotvelt pga. snø og vind
Aust for veg frå sør	Bjørk	Lokal	Ukjent		33	10,2	11,1	Nord- aust	God. Lite, smalt bestand langs veg

*) Boniteringsfunksjonar for gran Vestlandet (Orlund 2001), furu (Tveite & Braastad 1981) og bjørk (Braastad 1977). **) Bonitert som gran Vestlandet (Orlund 2001). ***) Bonitert som furu (Tveite & Braastad 1981).

Blågrana viste tidleg svært dårleg vekst, og det var derfor ikkje aktuelt å leggje ut produksjonsforsøk i denne ruta. I 2021 var det berre nokre få levande tre att. Andre treslagsforsøk på Vestlandet har vist svake resultat for blågran, både i fjellskog på Voss (Øyen 2007a) og i ytre strok ved Stad i Nordfjord (Bauger & Smitt 1960), båe plassar med same proveniens som på Auestad, medan vel 100 år gamle blågranplantingar av ukjent proveniens har gjeve brukbar tømmerkog ved Fløien i Bergen. Juletrefforsøk med blågran på Vestlandet har vist varierende overleving og vekst både mellom proveniensar og lokalitetar (Nyeggen m.fl. 2008).

Ruta med sitkagran viste god vekst i øvre del, men i det meste av ruta elles var det sterk veksthemming og stor avgang av planter dei første åra (interne rapportar 1927-1932). Eit flybilette frå 1971 stadfestar det svært ujamne resultatet. Flybiletet frå 2019 (Figur 2) viser framleis eit skilje mellom øvre del og resten, men med eit mye jamnare bestand i heile ruta. I synfaringa i 2021 vart ikkje ruta nærmare undersøkt.

I bergfururuta var nesten alle trea daude i 2021. Det var meldt om ujamn vekst og noko avgang i ruta i 1928 (intern rapport), men bra tilstand i 1932. Forholda har likevel vore dårlegare i denne planteruta enn i ruta med forsøksflate V0262. Humuslaget var her vesentleg tjukkare og gav vanskelegare vekstforhold enn i forsøksflata, og i tillegg kan den nordaustvende hellinga ha vore ugunstig. Desse to planterutene viser elles at bergfuru kan vekse bra i nokre tiår, men at ho seinare ikkje klarer seg like godt som vanleg furu.

Vrifuru var planta i to ruter med kvar sin proveniens av innlandsforma (Tabell 5). Plasseringa for dei to rutene er noko forskyvd mot nordaust på kartskissa (Figur 1 og 2). Proveniensen frå Kamloops viste i 1966 dårleg vekst og var skada av vindsviing, og forholda på feltet vart skildra som vassjukt og verhardt (Brekken 1968). Eit flybilette frå 1971 viser få synlege tre og svært ujamn storleik på trea. I 2021 var trea store, men hadde mykje gankvist og svartkvist, og nokre tre var vindfelt (Figur 11). Ruta med proveniensen frå Cypress Hills er ikkje nemnt i 1966, men flybiletet frå 1971 viser godt tilslag i det meste av ruta. I 2021 var dei fleste trea daude. Frosttørke vinteren 2014, med vind frå aust i fleire veker, som førte til skadar på granskog i landsdelen, kan ha vore medverkande, men flybilette frå 2013 og 2015 gir ikkje noko tydeleg teikn på redusert kronedekking i 2015. At den andre vrifururuta ser ut til å ha unngått same skade, kan skuldast proveniensforskjellar, men det kan òg ha samanheng med ulik eksposisjon i periodar med til dømes langvarig, uttørkande vind. Cypress Hills ligg i søraustlege Alberta (49° 37'N), og Kamloops ligg sør i British Columbia (50° 40'N). Overleving av vrifuru i vestlandsforsøk er elles funne å ha samanheng med aukande breiddegrad for proveniensen (Magnesen 1993). Truleg har ei flytting ca. 9° mot nord og til eit oseanisk klima virka mindre heldig for båe desse proveniensane på Auestad. Innlandsforma av vrifuru er ikkje tilrådd brukt i ytre og midtre strok av Vestlandet (Magnesen m.fl. 1976, Magnesen 2001). Der gir kystforma (*P. contorta* var. *contorta*) best resultat, sjølv om kvaliteten til tømmeret ofte blir mindre god samanlikna med innlandsforma.



Figur 11. Planterute med innlandsform av vrifuru i 2021, ved totalalder 90 år. Proveniens Kamploops.

Foto: Hans Nyeggen.

Ein del av proveniensforsøket med hemlokk var lagt til planteruta med douglasgran (proveniens River Fraser Valley, British Columbia) i tidlegare rute Xlll. Douglasgrana fekk mykje avgang og dårlege, glisne tre (interne rapportar frå 1928 og 1932). Både kyst- og innlandsform av douglasgran kan vera utsett for soppskadar (Magnesen 1992, Østgård 2013), men vi veit ikkje om dette gjaldt forsøket på Auestad. Etter 40 år vart ruta planta til med to proveniensar av hemlokk (Tabell 5). Denne plantinga viste i 2021 godt tilslag og god vekst. I den austre delen av hemlokkforsøket, nærmare Tjetlandsvatnet, har det vore stor avgang, og bestandet er ujamnt og holete, med lågare høgder og truleg svakare bonitet enn i den vestre delen. Forsøket viste ved siste revisjon i 1972 langt svakare overleving for proveniensen frå Masset i Canada enn proveniensen frå Ketchikan i Alaska. Planteskuleforsøk har òg vist best overleving for alaskaproveniensen av hemlokk (Hagem 1931).

Proveniensforsøket med douglasgran var planta i det nedlagte lerkeforsøket V0146, med 12 proveniensar av grå innlandsform frå det nordlegaste utbreiingsområdet (53-54°N). To proveniensar, ein grå innlandsform og ein kystform, var vanleg handelsfrø som var med i tillegg som kontrollar. Forsøket viste ved siste måling etter 12 år i 1999 god overleving, men kulturen hadde mykje skadar av hjortevilt (Østgård 2012). I 2021 var veksten god og dei fleste skadane frå 1990-talet mindre synlege, men bestandet hadde fått snø- og vindskadar i ein del av forsøket (Figur 12).



Figur 12. Proveniensforsøk (V0261P) med douglasgran i 2021, ved totalalder 36 år, med tre bøyde eller knekte av snø og vind.

Foto: Hans Nyeggen.

Av dei tre planterutene med furu, hadde ruta med proveniens frå Voss (Figur 13) det jamnaste bestandet og gjennomgående best tømmerkvalitet, men likevel ein del svartkvist og krok. Ruta med den skotske proveniens var den mest glisne og ujamne i tresetting, og hadde dårlegast kvalitet med omsyn til krok og svartkvist. Denne ruta vart våren 1928 skada av vindsviing frå aust. Kystproveniens frå Kinn viste tettare og jamnare tresetting enn den skotske, men hadde om lag like mykje krok og svartkvist. Samanlikna med furuforsøk VO259 med same proveniens frå Kinn på nordsida av elva, er det visuelle inntrykket at denne ruta har noko dårlegare kvalitet enn forsøksruta hadde, samstundes som ho har noko betre høgdevekst. Furubestanda på Auestad viser at både proveniens frå Voss og frå Kinn kan gje brukbart resultat under liknande forhold i midtre, høgareliggjande strok i Rogaland. Andre forsøk og røynsler med flytting av furu, seier likevel at det helst bør brukast frø av lokal proveniens så langt det er mogleg (Magnesen 2001).



Figur 13. Planterute X med furuproveniens frå Voss, i 2021, 99 år etter planting.

Foto: Hans Nyeggen.

Det meste av lauvskogen, hovudsakleg bjørk, finst på austsida av Orrenfjellet (Figur 14). Dette er mest striper og grupper av bjørk, og lite samanhengande bestand av særleg storleik. I planterutene med furuarartar er det spreidde lauvtre, og gjerne meir grupper av lauv i ruter der furu og andre treslag har hatt stor avgang. Boniteten er undersøkt berre ein plass, og var der B11, tilsvarende ei produksjonsevne på om lag 2,5 m³/ha/år (Øyen 2008). Dette føreset nokolunde tette og jamne bestand. I nokon av dei framleis opne areala i bjørkeskogområdet mellom plantefelta og Orrenfjellet er det planta gran i seinare år.



Figur 14. Utsikt frå Orrenfjellet mot Tjetland i 2021. Spreidd og glissen bjørkeskog fremst. BAKANFOR, frå venstre bildekant, skimtaast hemlokk, tørr bergfuru (rute XIV), furu (rute XV, framfor sitkagran), sitkagran (rute XVI), furu (rute XVI), hemlokk og lengst til høgre skada og tørr vrifuru.

Foto: Hans Nyeggen.

Oppsummert for alle planteruter med og utan forsøk, har blågran og nutkasypress vore dei minst vellykka treslaga. Europeisk lerk og bergfuru viste lovande resultat dei første tiåra, men fekk seinare stor avgang på grunn av soppskadar. Douglasgran og innlandsform av vrifuru har vist stor avgang og ein del snø- og vindskadar, og bør derfor brukast med varsemd. Hemlokk har vist lovande resultat på god mark, men bør helst vera av nordleg proveniens. Furu har vist varierande resultat, med proveniensane frå Voss og Kinn som dei beste og den skotske som den dårlegaste. Furu, vanleg gran og sitkagran er dei bartreslaga som er best å bruke på Høg-Jæren, målt etter overleving, vekst, produksjon og skadar. Resultata frå Auestad er i store trekk samanfallande med røymsler og resultat etter utprøving av treslag elles på Vestlandet (Magnesen 2001, Øyen 2008).

2.3 CO₂-opptak og litt om andre verdiar

Høgt opptak av karbon i skogen kan vera eit godt og effektivt klimatiltak om det karbonet som blir bunde i biomassen ikkje slepp ut att i atmosfæren utan å mogleggjere reduksjon av andre karbonutslepp, i ei «grøn» omstilling. I samband med å finne erstatning for til dømes stål og betong og dessutan for lagring i treverk, er det avgjerande om trebruken kjem i staden for eller i tillegg til bruk av annan energi og andre produkt. Tiltak der ein «kjøper seg tid» gjennom arealeffektiv binding og lagring i 50 til 150 år, er derfor viktige å undersøke. Den langsiktige bindinga av karbon i biomasse og jord kan ein få gode tal på i auestadfelta, der ein har målt utviklinga systematisk i nærmare 100 år. Ved å bruke biomassefunksjonar eller ekspansjonsfaktorar, kan ein rekne ut kor mykje karbon som i løpet

av desse åra er akkumulert i biomassen over og under bakken. Ein liten del av produksjonen i felta er teken ut i tynning, og noko av biomassen i stammar og greiner har vorte sjølvtyinna og ligg att som daudved. Om ein nyttar ståande volum som grunnlag, dvs. ikkje inkluderer biomasseuttaka frå tynning eller sjølvtytning i tala for samla binding (Tabell 6), gjev det eit konservativt estimat for bindinga.

Tabell 6. Ståande volum, biomasseproduksjon (tonn tørrstoff (t.s.) per ha) og berekna opptak i form av CO₂-ekvivalentar for forsøksflater i fire treslag i Auestad over ca. 100 år. Ekspansjonsfaktor eller biomassefunksjonar etter Øyen & Nygaard (2017).

Treslag	Ståande volum (m ³ per ha)	Biomasse over stubben (tonn t.s. per ha)	Biomasse under bakken (inkl. stubbe) (tonn t.s. per ha)	Samla biomasse (tonn t.s. per ha)	Kumulativ CO ₂ -ekv. (tonn per ha)	Gj.snitt per år CO ₂ -ekv. (tonn per ha (% av gran))
Sitkagran	946	477	167	644	1181	11,81 (164)
Gran	610	307	86	393	721	7,21 (100)
Furu	350	200	50	250	458	4,58 (64)
Edelgran	717	336	94	430	788	7,88 (109)

Vanleg gran har gjeve ei binding som ligg 57 prosentpoeng over furu, medan sitkagran har ei binding som ligg 64 prosentpoeng over vanleg gran. Biomasseforskjellane mellom gran og sitkagran på Auestad er på same nivå som er rapportert av Andreassen (2019) frå langsiktige feltforsøk langs kysten. I furubestanda er det bygd opp 250 tonn tørrstoff tilsvarende 125 tonn karbon per hektar i løpet av ca. 100 år, medan det i gran- og sitkagranbestanda er bygd opp høvesvis 197 og 322 tonn C per hektar. Skoglaus, utvaksen røssllyngmark vil til samanlikning ha om lag 24 tonn C per hektar (Øyen 2008), og etter 100 år med kultur er det for furu-, gran- og sitkagranplantefelta på Auestad bygd opp høvesvis 5, 8 og 13 gonger meir karbon i skogen samanlikna med lyngmarka. I bartrea finst om lag 65 % av overjordisk biomasse som stammeved. Om lag 35, 70 og 80 % av stammebiomassen for høvesvis furu, gran og sitkagran blir skurtømmer som kan nyttast til langsiktig lagring i treprodukt. Resten vil måtte bli massevyrke eller energivyrke med kortare levetid.

Dei jordfysiske- og kjemiske analysane av jordbotn og humus kan òg nyttast til å estimere karbonlageret i humus og jord. Dersom ein tek utgangspunkt i tala frå rundt 1960, var det den gong ca. 18 tonn C i strøsjiktet, 65 tonn i A-sjiktet og 56 tonn i B-sjiktet per hektar. Undersøkingane til Nordvik (2000) indikerer ein forsiktig auke i jordkarbonet på 10-15 % frå 40 til 80 år bestandsalder (0,3 % auke per år). Ein tilsvarende auke i jordkarbon etter skogreising på fastmark er rapportert frå temperert og boreal skog (Guo & Gifford 2002, Gundersen et al. 2014). Britiske studiar i kulturskog med sitkagran viser at det i strø og humus i gjennomsnitt akkumulerast ca. 15 tonn C per år (Greig 2015). Også i Auestadfelta har auken i C vore størst i humussjiktet.

På om lag 12 hektar av det planta arealet har det vakse opp tømmerkog, som no for det meste er eldre produksjonsskog. Reknar ein med eit vektta middel av alle plantefelt på om lag 800 tonn CO₂-ekv. per ha, er det på den skogreiste marka totalt gjennom 100 år bunde om lag 9600 tonn CO₂-ekv. Om ein

nyttar ein bindingsverdi på 2000 kr/tonn¹ CO₂-ekv, blir det ein skyggepris på 19,2 mill. kroner. I tillegg står det, med fråtrekk på om lag 2 ha hogd og vindfelt areal dei siste åra, i dag anslagsvis 5000 kubikkmeter vyrke på forsøksarealet, til ein tømmerverdi på ca. 1,8 mill. kroner, ut frå eit middelvolum på 500 m³ pr. ha og 350 kr pr. m³ i gjennomsnittleg tømmerpris. Justert for hogd og vindfelt areal, gir skyggeprisen frå karbonlageret om lag ni gonger høgare «samfunnsverdi» enn tømmerverdien. Dei samla verdiane skapt frå dei skogreiste areala er store.

Auestadfeltet gjev fleire økosystemtenester, både i form av fellesgode og i form av verdier som kan verdsettast. Her kan nemnast småviltjakt (skogsfugl, rev, rådyr), storviltjakt (hjort) og sopp- og bærplukking. I feltet er det òg bygd traktor- og skogsbilveggar, som m.a. nyttast som turveggar.

2.4 Økonomi og rente

Auestadfeltet og nøkkeltal derfrå kan nyttas for å sjå nærmare på kva for forrenting ein har oppnådd ved skogreising. Vi kjenner kjøpsverdien av snaumarka i 1921, og ut frå oppgåver over utlegg i tilsvarende skogreisingsfelt, kan vi rekne oss fram til kor mykje som i åra 1921 til 1933 vart investert i skogkultur. Vidare kan vi estimere skogbestanda sine tømmerverdier ved hogst i dag, etter omløp på nærmare 100 år. Vi har gode tal over uttaket i tynningane, men sidan dette har vore forsøk og det mellom anna er gjort tremålingar, er driftsnetto i tynningane ikkje kjent. Vi har rekna at desse har gått opp i opp med kostnader til ungsogpleie, planlegging og administrasjon.

I 1921 vart alt snaumarksarealet kjøpt inn for 4000 kr, eller 11,6 kr/daa. Justert for pris- og kostnadsveksten (KPI) i perioden 1921 til 2021 utgjer det i 2021-kroner eit beløp på 264 kr/daa. Vidare vart det dei etterfølgjande åra investert i planter, plantearbeid og inngjerding. Vi har rekna at det i gjennomsnitt vart sett ut 550 planter per daa. Pris for etablering av kulturfelta inklusiv inngjerding er berekna til 22,1 kr/daa, uavhengig av kva for treslag som vart planta. I tabell 7 har vi nytta tala frå auestadfeltet og reknar 1926 som utplantingsår og starttid for investeringa. Vidare simulerer vi ein hogst i 2021, med dagens tømmerpris og driftskostnader.

¹ En kvotepris på 2000 kr per tonn CO₂ er brukt i Klimameldinga 2021.

Tabell 7. Kostnader og inntekter for grunn og kulturarbeid for tre av treslaga nytta i auestadfeltet.

			Areal 345 Daa			
Investering			År		2021-verdi	
Snau grunn			(1921)	4000 kr	11,6 kr/daa	264 kr/daa
Skogreising	Plantekjøp	(1922-1933)				
	Plantearbeid					
	Div. arbeid	(1926)	3084 kr	22,1 kr/daa	675 kr/daa	
	Inngjerding					
Sum				33,7 kr/daa	939 kr/daa	

	Skogsvolum m ³ /daa	Salsvolum m ³ /daa	Pris kr/m ³	Skurtømmer/ massevyrke %	Driftspris kr/m ³	Vekta tømmerpris kr/m ³	Vekta bruttopris kr/m ³	Netto kr/daa
Sitkagran	94,6	80,4	450/257	80/20	180	411	231	18572
Gran	61,0	51,9	500/257	70/30	180	427	247	12819
Furu	35,0	28,7	490/252	35/65	180	335	135	3875

Vi har her valt å sette driftsprisen (hogst og utkøyring) lik for treslaga. I røynda er det venta at lågare middeldimensjon og fleire stammar med krok og feil i furubestanda, vil føre til ein driftspris for hogst og køyring som ligg høgare enn driftsprisen for gran og sitkagran.

Om ein diskonterer tømmerverdiene over eit omløp på totalt 100 år med ei rente på 2 %, gjev det en faktor på 0,138 eller eit balansetal på 2563, 1767 og 534 kroner for høvesvis sitkagran, gran og furu. Desse beløpa er øvre grense for kva ein kan leggje ned i skogkultur om ein for feltet har eit langsiktig rentekrav på 2 %. Intern rente i investeringa er den rentefoten som gjer at kapitalverdien av investeringa på 22 kr i 1926 (tilsvarande 675 kr i 2021) blir lik 0. Over eit omløp sett til 100 år er internrenta 3,4 %, 3,0 % og 1,7 % for høvesvis sitkagran, gran og furu.

Om ein legg til grunn ei lik utvikling framover, og at nyplanting i dag kostar mellom 6 og 7 kr per plante, og ein sett ned 200 planter per dekar, er samla investeringskostnad 1200-1400 kr/daa (før tilskot). Ut frå desse prisane på skogkultur og ei forventning om likt produksjonsnivå, driftspris og tømmerpris i komande omløp, ser ein at kultur i furu knapt vil vera lønsamt, sjølv med tilskot på 50 %. Eit aktuelt spørsmål er om kor vidt ein kan rekne med å lykkast med naturleg forynging frå kant. Rik grasvekst er ei utfordring på hogstflater og opningar. Mykje tyder på at utfordringane med veksthemming vil vera langt mindre i andre omløp samanlikna med første, og at omløpstidene berre av den grunn kan ventast å bli kortare. Uansett kan ein ut frå ytinga i forsøksfelte seie at sjølv eit langt omløp med gran eller sitkagran viser rimeleg god forrenting ved kultur. Her kan ein òg sjå for seg bidrag frå naturleg gjenvekst i komande omløp.

Reknar ein inn verdien av karbonbinding og tømmer på heile arealet i dag, og tek med kulturinvesteringa (1921-1933) og kjøp av grunn i 1921, kan ein få fram tal for internrente. Investeringa var i si tid på 939 kr/daa (2021-kr), og verdien av tømmer og karbonlager er på 60870 kr/daa.

IR = 0,0426

Dei langsiktige tiltaka og bruken av areala har over 100 år gjeve ei internrente på 4,26 %. For eksponerte areal på Høg-Jæren, med valt omløpstid på 100 år og med produktivitet som varierer sterkt med treslag, må lønsemda målt som internrente kunne karakteriserast som rimeleg god. For dei mest produktive treslaga (sitkagran og gran), er det indikasjonar på at internrenta ville ha vore litt høgare med omløpstid på 80-90 år, med pris- og kostnadsbiletet i dag. Biletet av forrentinga er likevel ikkje heilskapleg. Ein har mellom anna ikkje lagt vekt på at av om lag halvparten av det innkjøpte arealet, er ein del gjort om til beite (i dag på naboeigedom) og resten ligg urørt og kan eventuelt nyttast som beite, og at inntekter frå jakt og kostnadar til investeringar i vegar er utelatne.

3 Slutning

Konsul Heibergs plantefelt i Auestad vart for 100 år sidan oppretta av skogforskinga for å undersøke potensialet for skogproduksjon og skoetablering med ulike treslag i høgtliggjande snaumarker med lynghoi på Høg-Jæren. Dei langsiktige forsøka har, trass veksthemming, vist stort produksjonspotensiale for treslaga sitkagran, vanleg gran og til dels furu. Mellom kulturfelta har det etablert seg ein god del bjørk og andre lauvtreslag. Sitkagran har oppnådd i gjennomsnitt 56 og 136 prosent høgare totalproduksjon enn høvesvis gran og furu, tilsvarande 64 og 153 prosent høgare CO₂-binding. Vanleg edelgran har gjeve produksjon på høgde med det mestytande granforsøket, men treslaget har både på Auestad og andre stader på Vestlandet vorte råka av stormskadar. Engelmansgran kulminerte i vekst ved om lag 100 års totalalder, og hadde minst produksjon av dei granartane som er testa. Både bergfuru og europeisk lerk fekk soppskadar, men produksjonsresultata i bergfuru er på høgde med vanleg furu.

Bergfuru og innlandsform av vrifuru har hatt stor avgang i seinare år. Den første plantinga med douglasgran fekk stor avgang, og den nyaste har vore utsett for vind- og snøskadar. Dette tyder på at desse treslaga bør brukast med varsemd på Høg-Jæren. Felta med blågran og nutkasypress har vore heilt mislykka. Europeisk lerk vart øydelagt av kreftsopp. Hemlökk har vist lovande resultat på god mark. Det må reknast med veksthemming for fleire bartreslag i første vekstomløp på lynghoi. Dette kan ein unngå med startgjødsling ved planting. Analysar av jorda viser at tilhøva er gode, og det er ikkje venta veksthemming i nye omløp på Auestad. Overslag viser stor verdiproduksjon og at den samla CO₂-bindinga gjennom 100 år i forsøksskogen, etter gjeldande verdsetting av CO₂-kvotar i dag, utgjør ein «samfunnsverdi» som er ni gonger høgare enn førstehandsverdien av tømmeret. Samla verdiproduksjon på areala er høg. Auestadfeltet gjev òg andre økosystemtenester som vi ikkje har forsøkt å verdsette.

Litteratur

- Andreassen, K. 2019. En sammenligning av produksjonen hos vanlig gran og sitkagran i Norge . NIBIO Rapport (5) 90. 32 s.
- Bauger, E. & Smitt, A. 1960. Et treslags- og proveniensforsøk på Stad. Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon, 11(34): 59-121.
- Berg, L.H. 1974. Startgjødsling på veksthemningsmark. Resultat fra nyere forsøk med vanlig gran og sitkagran på vestlandske lyngmarker. Manus, meddelelse NISK 1974, stensiltrykk. 149 s.
- Brekken, P. 1968. Pinus contorta på Vestlandet. Korte skrifter og meldinger fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon nr. 10. Særtrykk av Tidsskrift for skogbruk nr. 4 – 1968. 25 s.
- Braastad, H. 1977. Tilvekstmodellprogram for bjørk. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning, Avdeling for skogbehandling og skogproduksjon, 1/77. 17 s.
- Børtnes, G. 1969. Startgjødsling og andre kulturtiltak på veksthemningsmark. Resultater fra forsøk med sitkagran på vestlandske lyngmarker. Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon nr. 46 (b.13, h.5): 263-352.
- Greig, S. 2015. A long-term carbon account for forestry at Eskdalemuir. Final project report, Confor. 11 s.
- Gundersen, P. et al. (ed.) 2014. Forest soil carbon sink in the Nordic region. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Frederiksberg. 37 s.
- Guo, L.B. og Gifford, R.M. 2002 Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. Global Change Biology 8: 345–360.
- Hagem, O. 1920. Beretning om stationens virksomhet i 1917, 1918, 1919. Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon nr. 3. 26 s.
- Hagem, O. 1926. Schütteskader på furuen (Pinus silvestris). Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon nr. 7 3(2):1-133.
- Hagem, O. 1931. Forsøk med vestamerikanske træsler. Meddelelse fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon nr. 12. 217 s.
- Magnesen, S. 1992. Treslaget og proveniensens betydning for skogskader: En litteraturstudie fra en 100 årig epoke i norsk skogbruk. Rapport fra Skogforsk 7/92. 46 s.
- Magnesen, S. 1993. IUFRO Pinus contorta provenance experiments in West Norway and Vest Agder. Pp. 183-192 in: Lindgren, D. (Ed.). Pinus contorta – from untamed forest to domesticated crop. Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Report 11, 1993. 416 pp.
- Magnesen, S. 1998. Forsøk med granarter i høyereliggende strøk på Vestlandet. Rapport fra skogforskningen 4/98. 20 s.
- Magnesen, S. 1999. To proveniensforsøk med engelmansgran på Vestlandet. Rapport fra skogforskningen 2/99. 11 s.
- Magnesen, S. 2001. Forsøk med ulike bartreslag og provenienser i Vest-Norge. Aktuelt fra skogforskningen 1/2001. 20 s.
- Magnesen, S., Orlund, A. & Arnøy, B. 1976. Pinus contorta på Vestlandet. Oversikt utarbeidet til konferansen om Pinus contorta i Norge, 8. des. 1976. Norsk institutt for skogforskning. 40 s.
- Nedkvitne, K. 1966. Dyrking av edelgran *Abies alba* Mill., i Vest-Norge. Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon nr. 40, s. 136-219.

- Nordvik, K. 2000. Jordsmonn og jordsmonns-enderinger over 40 år i vestnorsk furuskog. Hovedfagsoppgave ved ISF-NLH. 49 s. + vedlegg.
- Nyeggen, H, Skage, J.-O., Østgård, Å. 2008. Juletrekvaliteter i eit utval av fjelltre frå Nord-Amerika og Aust-Asia. Forskning fra Skog og landskap 3/08. 20 s.
- Orlund, A. 2001. Bonitering av gran (*Picea abies* L. Karst.) og sitkagran (*Picea sitchensis* Bong. Carr.) på Vestlandet. Rapport fra skogforskningen 2/2001. 17 s.
- Robak, H. 1966. Vestlandets forstlige forsøksstasjon gjennom 50 år. Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon, 13(41): 1-143.
- Skogdirektøren 1924. Skogplanting i Norge. Kommunale skoganlegg bør fremmes. Annen og endrede utgave. Det Mallingske bogtrykkeri, Kristiania. 51 s.
- Smitt, A. 1933. Utsendte planter i året 1933. Vestlandets forstlige forsøksstasjon. Upublisert notat. 2 s.
- Smitt, A. 1939. Beretning for budgetåret 1938-39. Vestlandets forstlige forsøksstasjon. 9 s.
- Tveite, B. & Braastad, H. 1981. Bonitering i gran furu og bjørk. Norsk Skogbruk. 4:17-22.
- Wielgolaski, F. 1993. Growth studies in plantations of *Larix decidua* (Mill.) and *L. kaempferi* (Carr.) in western Norway. Meddelelser fra Skogforsk, 46.6 1993. 18 s.
- Østgård, Å. 2012. Felt 2.61 Auestad i Rogaland. Douglas. Norsk institutt for skog og landskap. Intern sluttrapport. 4 s.
- Østgård, Å. 2013. Douglas på Vestlandet. Upublisert. 2 s.
- Øyen, B.-H. 1999. Buskfuru og bergfuru – en historie fra kystskogbruket i Norge. Blyttia 57(4): 162-170.
- Øyen, B.-H. 2002. Bestandsutvikling og produksjon i utynnede plantefelt med gran på Vestlandet. I: Skogskjøtsel for bærekraftig ressursbruk. Festskrift til Oddvar Haveraaen. Norges landbrukshøgskole. Rapporter, 1/2002. 42-51.
- Øyen, B.-H. 2007a. Seks bartrærs etablering og utvikling i fjellskog i de indre fjordstrøk vestafjells. Resultater fra ett av de eldste skogkulturforsøk i Norge. Norsk institutt for skog og landskap – regionkontor i Vest-Norge (Intern rapport). 18 s.
- Øyen, B.-H. 2007b. Provenienser, vekst og egenskaper for gran (*P. abies* L. Karst) på Vestlandet. Viten fra Skog og landskap 2/07: 13-22.
- Øyen, B.-H. 2008. Kystskogbruket. Potensial og utfordringer de kommende tiårene. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 1/2008. 80 s.
- Øyen, B.-H. & Nes, K. 1997. Growth patterns of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Norway. Medd. Skogforsk 47(18): 1-24.
- Øyen, B.-H. & Nygaard, P.H. 2017. The biomass potential of some selected native and non-native species for afforestation - a case study from Western Norway. *Forest Res Eng Int J.* 2017;1(3): 91-98. DOI: [10.15406/freij.2017.01.00015](https://doi.org/10.15406/freij.2017.01.00015)
- Øyen, B.-H. & Tveite, B. 1998. En sammenligning av høydebonitet og produksjonsevne mellom ulike treslag på samme voksested i Vest-Norge. Rapport fra skogforskningen 15/98. 32 s.
- Øyen, B.-H. & Øen, S. 2001. Volumtilvekstfunksjoner for bruk i kystskogbruket. Aktuelt fra skogforskningen 3/01: 20-21.
- Øyen, B.-H., Andersen, H.L., Myking, T., Nygaard, P.H. og Stabbetorp, O.E. 2009: Økologiske egenskaper for noen utvalgte introduserte bartreslag i Norge. Viten fra Skog og landskap 01/09. 40 s.

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

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

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

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