

ISSN 1608-3687

Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar
Nr. 11
apríl 2002

Hæðarvaxtarföll fyrir rússalerki (*L. sukaczewii* Dylis)

Höfundur:

Lárus Heiðarsson

Netfang: larus.heidarsson@skogur.is

Ritnefnd Rits Mógilsár skipa:

Aðalsteinn Sigurgeirsson

Ólafur Eggertsson

Haukur Ragnarsson

Ritstjóri: Hreinn Óskarsson

Ábyrgðarmaður: Aðalsteinn Sigurgeirsson

1 SAMANTEKT

*Lárus Heiðarsson 2001. Hæðarvaxtarföll fyrir rússalerki (*L. sukaczewii* Dylis) á Fljótsdalshéraði. Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar nr. 11./2002. 27 s.*

Tilgangur rannsóknarinnar var að búa til hæðarvaxtarföll fyrir rússalerki (*L. sukaczewii* Dylis) sem nota mætti við gróskuflokkun rússalerkiskóga á Fljótsdalshéraði. Í rannsókninni voru mæld 34 tré, valin af handahófi í lerkiteigum á Hallormsstað og í Mjóanesi á Fljótsdalshéraði. Hjá þessum trjám var ferill hæðarvaxtar rakinn með áhringjagreiningu (á sænsku: stamanalys). Í rannsókninni var notuð hrein meðalhæð og notagildi fallanna takmarkast við innanvert Fljótsdalshérað.

Það fall sem best lýsti ferli meðalhæðarinnar styðst við lífaldur og meðalhæð við 100 ára aldur (H_{100}). Fallið er ólínuleg aðhvarfsgreining þar sem stikarnir eru reiknaðir út með ítrun (e. iteration process). Sloboda (1971) hefur skrifað tvö FORTRAN forrit þar sem þetta er gert með hjálp stigulsaðferð (e. gradient method) sem fylgir reglum um minnstu tvíveldasummu (e. least sum of squares).

Niðurstöður rannsóknarinnar sýna að lerkiskógar á Hallormsstað ættu að geta náð 25 metra meðalhæð við góð vaxtarskilyrði á 100 árum og 17 metra meðalhæð á sama tíma við lakari skilyrði.

Lykilorð: Hæðarvaxtarfall, rússalerki.

2 SUMMARY

*Heiðarsson, L. 2001. Site index curves for larch (*L. sukaczewii* Dylis) in Fljótsdalshérað. IFRS report, 11/2002. 27 pp.*

The object of this study is to produce site index curves for the development of mean height in pure stands of Larch (*L. sukaczewii* Dylis). The sample was obtained from 34 random circular sample plots of 100 m² in Hallormsstadur and Mjóanes eastern Iceland. The development of the arithmetic mean height of stands has been reconstructed by stem analysis of felled trees. The scope of application of these site index curves is limited to the district of inner Fljótsdalsherað in East Iceland.

The function gives the mean height development of the stand based on biological age and site index (H_{100}). The function has been developed by means of non-linear regression analyses based on the steepest descent method. In this approximative method the criterion of the best solution is the least sum of squares for the function. The calculation program used has been developed by Sloboda (1971).

The conclusions are that larch plantations in Hallormsstaður are estimated to reach 25 meters mean height on the most fertile sites in 100 years and 17 meters on the poorest sites.

Key words: Site index, larch, Iceland.

EFNISYFIRLIT

1	SAMANTEKT.....	2
2	SUMMARY.....	3
3	INNGANGUR.....	5
4	EFNI OG AÐFERÐIR.....	7
	4.1 TILRAUNALÝSING.....	7
	4.2 VAL Á TEIGUM OG KVÆMUM.....	7
	4.3 VAL OG GAGNASÖFNUN Á MÆLIFLÖTUM.....	7
	4.4 TRJÁMÆLINGAR OG VAL Á TRJÁM TIL	
	ÁRHRINGJAGREININGAR.....	8
	4.5 MÆLINGAR Á ÚRTAKSTRJÁM.....	9
5	ÚRVINNSLA GAGNA.....	10
	5.1 ALMENNT.....	10
	5.2 GERÐ HÆÐARVAXTARFALLA.....	10
	5.3 AÐFERÐIR OG LÍKÖN.....	12
	5.4 VAL Á LÍKANI.....	13
6	NIÐURSTÖÐUR.....	13
	6.1 HÆÐARVAXTARFÖLL FYRIR ÞRJÁ GRÓSKUFLOKKA LERKIS....	15
	6.2 ÁREIÐANLEIKI HÆÐARVAXTARFALLANNA.....	17
7	ÁLYKTANIR.....	21
8	ÞAKKIR.....	22
9	HEIMILDIR.....	23
10	VIÐAUKI.....	25

3 INNGANGUR

Skógrækt á Íslandi á sér 100 ára sögu og erlendar trjategundir hafa skipað þar veglegan sess, og hafa sumar þeirra sýnt meiri vaxtargetu og nýtingarmöguleika en íslenska birkið.

Á þessum 100 árum, sem ekki er langur tími í skógrækt, hafa menn einbeitt sér að því að leita uppi tegundir og kvæmi sem vaxið geta eðlilega við veðurskilyrði á Íslandi. Það er fyrst núna á seinni árum að skógarteigar eru að verða nægilega gamlir og margir til að hægt sé að stunda á þeim vaxtarmælingar sem gefa marktækar vísbendingar um vöxt þeirra, þó vissulega hafi verið fylgst með vexti einstakra teiga.

Megintilgangurinn með trjámælingum er að safna upplýsingum um ástand og vaxtargetu skóganna sem síðan eru notaðar við skipulagningu á umhirðu og arðsemisútreikninga.

Með gróskuflokkun er átt við flokkun skóga eftir vaxtargetu þeirra, og er þá venjulega notaður rúmmálsvöxtur á hektara á ári sem mælikvarði á vaxtargetu (Hägglund 1974). Í löndum þar sem skógrækt hefur efnahagslega þýðingu hafa rannsóknir beinst að því að finna aðferðir þar sem á einfaldan hátt er hægt að ákvarða grósku ákveðins skógar. Í dag eru aðallega tvær aðferðir notaðar við gróskuflokkun. Þær eru; 1) mælingar á sjálfum skóginum og 2) athuganir á gróðurlendi því sem skógurinn vex á. Ef notaðar eru mælingar á skóginum er það venjulega hæðin sem er mæld, en hún er í mun minna mæli háð þéttleika skógarins en bolrúmmál. Hæð skógarins við ákveðinn aldur lýsir þá grósku staðarins (Hägglund 1972). Ef gróðurlendið er notað sem mælikvarði á grósku skógarins þá eru það yfirleitt gróðursamfélög í skógarbotninum sem notuð eru sem mælikvarði (Cajander 1909).

Markmiðið með þessari rannsókn, sem upphaflega var skrifuð sem lokaritgerð við Ekenas Forstinstitut í Finnlandi 1998 (Heiðarsson 1998), var að búa til hæðarvaxtarföll fyrir rússalerki sem nota mætti við gróskuflokkun lerkiskóga á innanverðu Fljótsdalshéraði.

Allt frá því að innflutningur á erlendum trjategundum hófst á Íslandi hefur rússalerki verið gróðursett í töluverðum mæli á innanverðu Fljótsdalshéraði. Frá stofnun Héraðsskóga 1990 hefur lerkíð einnig

gegnt þýðingarmiklu hlutverki og er í dag sú trjátegund sem mest hefur verið gróðursett á Fljótsdalshéraði.

SKILGREININGAR

Skógfræðileg tákni – Stand symbols

$I_{\bar{H}}$	meðal árlegur hæðarvöxtur – mean annual height increment
T	lífræðilegur lífaldur hjá meðaltrénu – biological age of the mean tree
$t(1,3)$	árafjöldi fyrir meðaltré að ná hæðinni 1,3 metrar – time for the mean tree to reach breast-height (1,3 meters) in years
\bar{H}	meðalhæðin í skógarteig – mean height of the stand
H_{100}	gróskutala: meðalhæðin í skógarteig við 100 ára aldur – site-index: mean height of the stand at the biological age of 100 years, in meters

Stærðfræðitákni – Mathematical symbols

$\exp(f(x))$	$e^{f(x)}$
$\ln(x)$	náttúrulegur lógaritmi – natural logarithm
$\lim f(x)$	Markgildi fyrir fall – limit approached for a function

4 EFNI OG AÐFERÐIR

4.1 TILRAUNALÝSING

Áætlun um hvaða upplýsingum skildi safnað var gerð í Finnlandi ásamt leiðbeinanda mínum Peter Melen. Upplýsingum um hæðarvöxt var safnað á Hallormsstað, þar sem lerki var gróðursett í birkiskóg og í Mjóanesi þar sem gróðursett var á berangri. Í rannsókninni var það vöxtur meðalhæðar sem var skoðaður. Aðferðin sem notuð var við greiningu á meðalhæðarvexti trjáanna var svokölluð áhringjagreining (stamanalys). Hún fól í sér að trjábólir úrtakstrjáa voru bútaðir niður og með ákveðnu millibili voru sagaðar af sneiðar. Þær voru síðan notaðar við að endurskapa hæðarvöxtin hjá trénu með því að telja áhringi í hverri sneið. Safnað var sýnum af trjám úr 11 teigum, samtals 34 trjám.

4.2 Val á teigum og kvæmum

Val á lerkiteigum og kvæmum var gert í samráði við Þór Þorfinnsson skógarvörð á Hallormsstað og Sigurð Blöndal fyrrverandi skógræktarstjóra og skógarvörð á Hallormsstað. Þessir menn hafa besta yfirsýn yfir lerkirækt í Hallormsstaðaskógi og nágrenni. Sett var sem skilyrði að reitirnir hefðu vaxið eðlilega, án verulegra áfalla og að viðkomandi kvæmi hefðu verið gróðursett í einhverjum mæli á Hallormsstað. Arnór Snorrasson (1986) hefur sýnt fram á að ekki er tölfærðilegur munur á hæðarvexti rússalerkis og siberíulerkikvæmisins Hakaskoja og voru tekin tvö úrtakstré af því kvæmi. Reynt var að hafa allar elstu gróðursetningarnar með í rannsókninni því að við endurgerð á hæðarvextinum lýsa eldri tré lengri atburðarás og gefa því betri mynd af hæðarvextinum yfir lengri tíma.

4.3 Val og gagnasöfnun á mæliflötum

Þegar búið var að velja teiga og kvæmi voru mælifletir valdir eftir gróðurhverfum og þeir hafðir eins einsleitir og mögulegt var. Reynt var að fá sem flesta mælifleti innan hvers gróðurhverfis. Við gróðurhverfagreiningu var notuð gróðurhverfalyfing Hauks Ragnarssonar og Steindórs Steindórssonar (1963).

Til að minnka hugsanleg jaðaráhrif voru mælifletirnir staðsettir að minnsta kosti 5 metra frá jaðri teiganna. Stærð og lögun mæliflatanna var 100m² hringflötur. Á hverjum mæliflöt var safnað upplýsingum um botngróður, halla lands og hallaátt, jarðvegsdýpt og þykkt húmusar. Hæð var mæld á grennsta og sverasta trénu innan mæliflatarins.

4.4 Trjámælingar og val á trjám til áhringjagreiningar

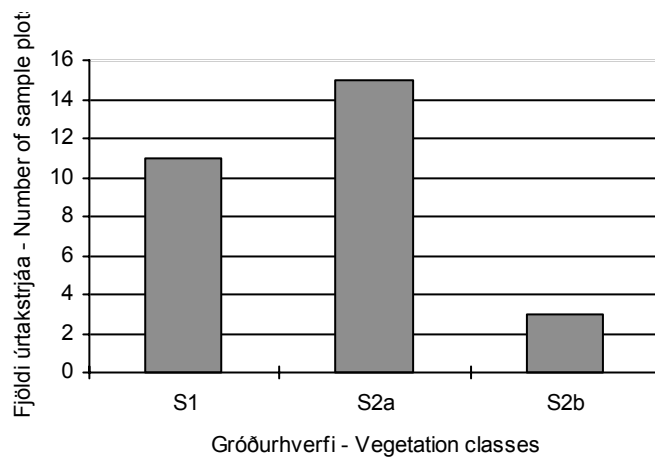
Á mæliflötunum voru öll tré krossþvermálsmæld (tvær mælingar, þvert á hvor aðra) í brjósthæð ($d_{1,3}$). Það tré sem var valið til áhringjagreiningar var það tré sem var með þvermál næst meðalþvermáli allra trjáa á mælifletinum. Notað var hreint meðtal (á ensku arithmetic mean), sem er summa allra mæligilda deilt með fjölda þeirra.

Táknað:
$$d_a = \frac{\sum d_i}{n}$$

d_a = meðalþvermál

d_i = þvermál trés i

n = fjöldi mælinga



1. Mynd/Fig 1. Fjöldi úrtakstrjáa eftir gróðurhverfum/Number of sample plots by vegetation classes

Fjöldi úrtakstrjáa er ekki jafn eftir gróðurhverfum (1.mynd). Gróðurhverfið S2a, sem er meðalfrjósemisflokkur, er algengast í eldri skógarteigum á Hallormsstað og því eru flest úrtakstrén úr þeim flokki. Gróðurhverfið S1, sem er frjósamari en S2a, hefur aðeins færri tré. Gróðurhverfið S2b, sem er rýrari flokkur en S2a, hefur aðeins 3 úrtakstré því ekki fundust fleiri teigar innan þess gróðurhverfis sem uppfylltu önnur skilyrði rannsóknarinnar.

4.5 Mælingar á úrtakstrjám

Brjósthæð var merkt á trén áður en þau voru felld, og var sú merking notuð sem útgangspunktur á lengdarmælingum. Þetta er gert því erfitt er að saga tré alveg niður við jörðu. Á felldum trjám var hæð lifandi krónu mæld ásamt hæðarvexti síðustu 5 ára. Síðan var tréð kvistað og lengd (hæð) þess mæld. Úr trénu voru síðan sagaðar sneiðar við 5% af trjálengdinni fyrir neðan 1,3 metra hæð og við 10% af trjálengdinni fyrir ofan 1,3 metra ásamt sneið í 1,3 metra hæð.

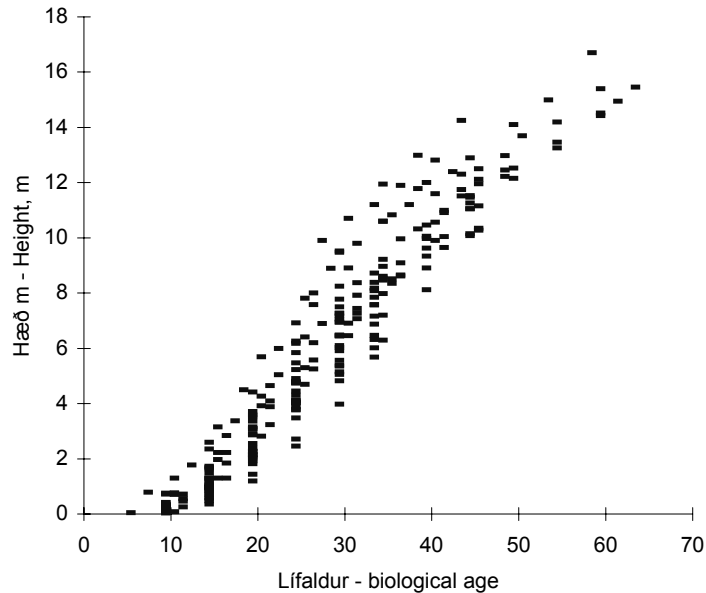
Ákveðið var að nota lífaldur þ.e. aldur frá sáningu frekar en aldur frá gróðursetningu vegna þess hve breytilegur hann var, en hann var allt frá því að vera 2 til 7 ára.

1. Tafla/ Table 1. Úrtakstré/ Selected sample trees.

Reitur <i>Compartment</i>	Gróðursetningarár <i>Planting year</i>	Tegund <i>Species</i>	Kvæmi provenance	Fjöldi úrtakstrjáa <i>Number of sample trees</i>
405-8	1956	<i>L.sukaczewii</i>	Raivola	4
710-6	1937	<i>L.sukaczewii</i>	Arkangelsk	1
724-5	1939	<i>L.sukaczewii</i>	Arkangelsk	1
505-5	1966	<i>L.sukaczewii</i>	Raivola	11
707-2	1962	<i>L.sukaczewii</i>	Arkangelsk	3
714-3	1957	<i>L.sukaczewii</i>	Raivola	3
704-16	1956	<i>L.sibirica</i>	Hakaskoja	2
195-1	1966	<i>L.sukaczewii</i>	Arkangelsk	1
195-4	1967	<i>L.sukaczewii</i>	Arkangelsk	3
703-1	1952	<i>L.sukaczewii</i>	Arkangelsk	3
606-1	1964	<i>L.sukaczewii</i>	Senkursk	2
samtals/sum				34

2. Tafla/ Table 2. Aldursdreifing, mesta og minnsta meðalhæðin, mesti og minnsti 5 ára hæðarvöxtur hjá úrtakstrjánnum og meðaltöl í svigum /The range and means (in parentheses) of age, height and 5 years height growth of sample trees.

Aldur <i>Age</i>	Meðalhæð (metrar) <i>Mean height (m)</i>	Hæðarvöxtur síðustu 5 ára (metrar) <i>Height increment last 5 years. (m)</i>
29-59 (35)	6,02-16,70 (10,0)	0,98-2,59 (1,80)



2. Mynd/Fig 2. Aldur og hæð úrtakstrjáa/The variation of age and height of the sample trees.

5 ÚRVINNSLA GAGNA

5.1 Almenn

Árhringirnir á sneiðunum sem teknar voru úr felldum trjám voru taldir og fjöldi þeirra síðan dreginn frá lífaldri trésins. Sú tala segir til um aldur trésins þegar það náði þeirri hæð sem sneiðin var tekin í.

5.2 Gerð hæðarvaxtarfalla

Fjölmargar rannsóknir hafa verið gerðar um hæðarvöxt skógarteiga (Strand 1964, Assmann 1970, Sloboda 1971, Hægglund 1972, Franz et al. 1974). Í þessum rannsóknum hafa verið skoðuð ýmis stærðfræðiföll og settar fram kröfur á þau til að hægt sé að nota þau við að lýsa raunverulegum aðstæðum. Einkennandi fyrir fall sem lýsir hæðarvexti trjáa er að það er eins og útdregið S í laginu. Til þess að hægt sé að nota hæðarvaxtarföll við gróskuflokkun verða þau að uppfylla eftirtalin skilyrði:

1a. Byrjunarstaða fallanna er í núllpunkti

$$T=0 \Rightarrow F(T, C_1) = (T, C_2), T=0 \Rightarrow \lim F(T, C) = 0, T \rightarrow 0$$

C er óháður stiki sem er fastur (C_1, C_2, \dots) fyrir hvert heildisferli.

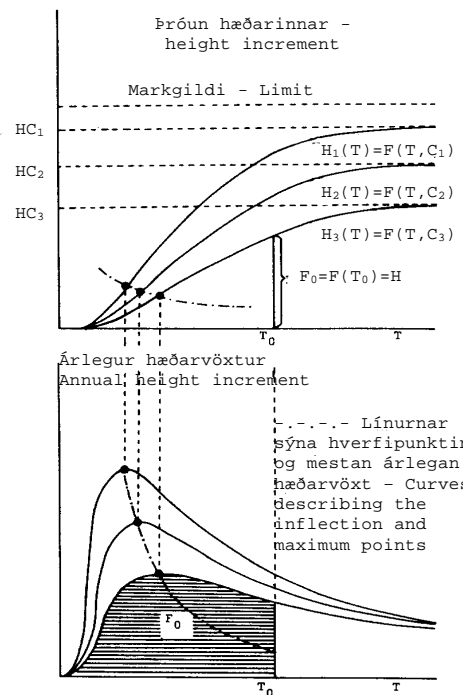
1b. Stefna eða lengdarvöxtur hæðarvaxtarfallanna er núll í byrjun:

$$\lim F(H, T) = 0, T \rightarrow 0$$

Hæðarvaxtarföllin mega ekki skerast annar staðar en í núllpunkti (origo).

2. Eini hverfipunkturinn fyrir hæðarvaxtarföllin er þegar árlegur vöxtur er í hámarki. Mesti hæðarvöxturinn á sér stað á ólíkum tímamarki fyrir mismunandi gróskuflokka (Sloboda 1971). 3. mynd.

3. Hæðarvaxtarföllin nálgast markgildið þegar aldur skógarins vex í áttina að ∞ . Þetta þýðir að fyrir hvern gróskuflokk finnst markgildi fyrir hæðina sem skógurinn getur ekki náð. 3. mynd.



3. Mynd/Fig 3. Fræðileg framsetning á sambandinu á milli hæðar og aldurs og árlegum hæðarvexti (eftir Gustavsen 1980)/Theoretical illustration of connection between height-age curves and yearly height growth

5.3 Aðferðir og líkön

Við úrvinnslu gagnanna voru prófuð þrjú stærðfræðilíkön. Tvö þeirra lýsa árlegum vexti trjáanna en það þriðja sýnir þróun hæðarinnar með auknum aldri. Líkän númer 1 er gert af Hradetzky (1972) og var notað við gerð hæðarvaxtarfalla fyrir lerki í Finnlandi (Vuokila et. al. 1983). Líkön 2 og 3 voru gerð af Sloboda (1971). Líkän 3 er heildislausn af líkani 2 og er bundið við hæðina við 100 ára aldur. Líkönin eru eftirfarandi:

Líkän 1/Model 1.

$$I_{\bar{H}} = f(\bar{H}, T) = a \cdot T^b \cdot \bar{H}^c \cdot e^{(d \cdot \bar{H})}$$

Til þess að hægt sé að nota líkanið verða stikarnir að uppfylla eftirfarandi skilyrði:

$$a > 0, b < -1, c > 1, d > 1$$

Í línulegu formi er fallið leyst með venjulegri aðhvarfsgreiningu

$$\ln(I_{\bar{H}}) = \ln(a) + b \cdot \ln(T) + c \cdot \ln(\bar{H}) + d \cdot \bar{H}$$

Líkän 2/Model 2.

$$I_{\bar{H}} = f(\bar{H}, T) = \frac{b \cdot \bar{H}}{T^a} \ln\left(\frac{d}{\bar{H}}\right)$$

Heildislausnin að líkani 2 er:

$$\bar{H}(T) = F(T, C) = d \cdot e^{\left[\frac{b}{(-c) \cdot e^{(a)} \cdot T^a} \right]}$$

Þegar stikarnir í þessu falli eru $a > 0$, $d > 0$, $b > 0$ þá fyllir diffurfallið þær kröfur sem gerðar eru.

Líkan 3/Model 3.

$$\bar{H}(T) = b \cdot \left[\left(\frac{H_{100}}{b} \right) e^{\left(\frac{d}{T^a} - \frac{d}{100^a} \right)} \right]$$

Í líkönum 2 og 3, sem eru ekki línuleg, eru stikarnir reiknaðir út með ítrun (iteration process). Sloboda hefur skrifað tvö FORTRAN forrit þar sem það er gert með stigulaðferð (gradient method) sem fylgir reglum um minnstu tvíveldissummu (Stiefel 1961). Ef notað er líkan númer 3 verður hæð við 100 ára aldur (H_{100}) að vera þekkt eða áætluð fyrir allar mælingarnar.

5.4 Val á líkani

Það líkan sem valið var og lýsti vexti meðalhæðarinnar best er líkan númer 3, ($H(T) = F(H_{100}, T)$). Niðurstaðan úr aðhvarfsgreiningunni af líkani 1 sýndi að stikarnir uppfylltu ekki þær kröfur sem gerðar eru til þess að líkanið væri nothæft. Það sama var að segja um líkan númer 2. Heildilíkanið númer 3 myndar hæðarvaxtarföll sem eru viðunandi út frá þeim gögnum sem safnað var. Við notkunina á líkani númer 3 er þess krafist að rannsóknargögnin séu fyrirfram flokkuð í H_{100} flokka. Í þessari tilraun voru gögnin flokkuð eftir gróðurhverfum, í flokkana S1, S2a og S3 (sjá Ragnarsson og Steindórsson 1963). Vegna þess hve skógurinn var ungur varð að áætla hæðina við 100 ára aldur og ítrunin reiknuð þangað til að hæðarvaxtarföllin féllu að gögnunum sem safnað var.

6 NIÐURSTÖÐUR

Í 3 töflu eru sýndir stikarnir sem fengust við ítrunina í FORTRAN forritinu sem Sloboda hefur gert. Fyrir hvert hæðarvaxtarfall voru reiknaðir út stikar til þess að fá betri nálgun við gögnin.

Þróun meðalhæðarinnar er eins og sýnt var í 5. kafla og er:

Líkan 3/Model 3. $\bar{H}(T) = F(H_{100}, T)$

$$\bar{H}(T) = b \cdot \left[\left(\frac{H_{100}}{b} \right) e^{\left(\frac{d}{T^a} - \frac{d}{100^a} \right)} \right]$$

3. Tafla/Table 3. Stikarnir í hæðarþróunarfallinu eru/Parameters in the function

H ₁₀₀ flokkur	b	a	d
H25	146,00	0,4343	4,7107
H21	186,99	0,5013	4,7471
H17	310,75	0,5503	4,8173

Ef gróskuflokkur skógarins er þekktur (H₁₀₀) er hægt með hjálp stikanna að reikna meðalhæðarvöxt eftir aldri. Jöfnurnar gefa einnig möguleika á að reikna út meðalhæð við 100 ára aldur. Þá eru gróskuflokkarnir skilgreindir með eftirfarandi falli:

1. Fall/Function 1.

$$H_{100} = b \cdot \exp \left[\frac{\ln(\bar{H}) - \ln(b)}{\exp\left(\frac{d}{T^a} - \frac{d}{100^a}\right)} \right]$$

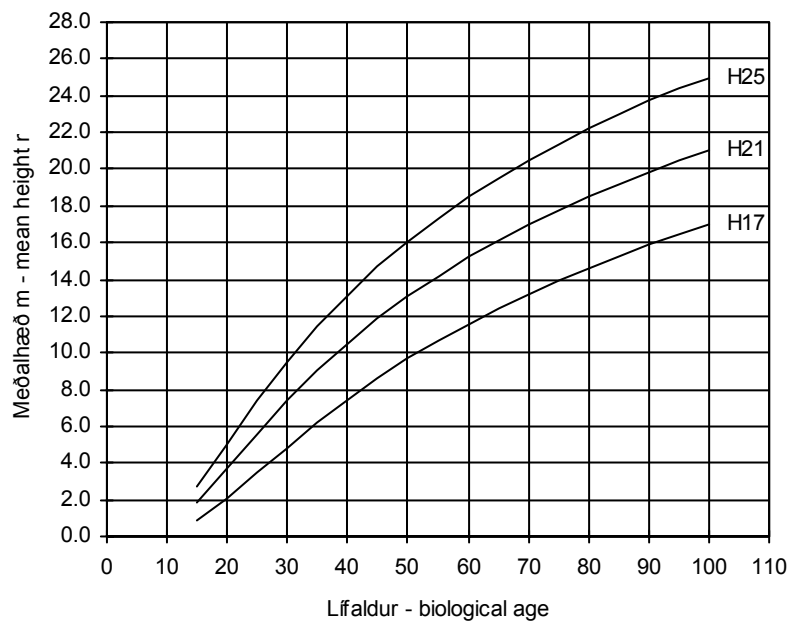
Við grófa ákvörðun á árlegum meðalhæðarvexti skógar nýtist eftirfarandi fall, sem er afleiðan af 1. falli:

2. Fall/Function 2.

$$I_{\bar{H}} = \bar{H} \cdot \ln\left(\frac{H_{100}}{b}\right) \cdot \exp\left(\frac{d}{T^a} - \frac{d}{100^a}\right) \cdot \left(\frac{-d \cdot a}{T^{a+1}}\right)$$

Skilyrðin fyrir því að nota fallið fyrir árlegan meðalhæðarvöxt (2. fall) er að áður hafi hæðin við 100 ár verið ákvörðuð.

6.1 Hæðarvaxtarföll fyrir þrjá gróskuflokka lerkis



4. Mynd/Fig 4. Hæðarvaxtarlínurit/Site-index curves

H_{100}	H25	H21	H17
$t(1,3)$	9	11	15

4. Tafla/Table 4. $t(1,3)$, fjöldi ára sem það tekur viðkomandi gróskuflokk að ná brjóst hæðaraldri (1,3m)/Time required for each siteclass to reach the breast height (1,3m), years.

Gróskutalan á hæðarvaxtarföllumunum H_{100} sýnir meðalhæðarvöxtin til 100 ára lífaldurs. Hæðarvaxtarföllin sýna $H_{100} = H_{25}, H_{21}, H_{17}$. Við 100 ára aldur hafa þessir gróskuflokkar breidd upp á 4 metra. Þeir eru:

H ₁₀₀ , m	23-27	19-23	15-19
Fall	H25	H21	H17

Ef nota á föllin við gróskuflokkun á lerkiskógum verður fyrst að mæla meðalhæðina og fá uppgefinn lífaldur skógarins til að reikna út hæðina við 100 ára aldur (H₁₀₀).

Við gróskuflokkun lerkiskóga er hægt að nota eftirtaldar aðferðir:
Hæðarvaxtarlínurit (4. mynd, 1. viðauki)
Töflur (2 og 3 viðauki)
Föll (1. fall)

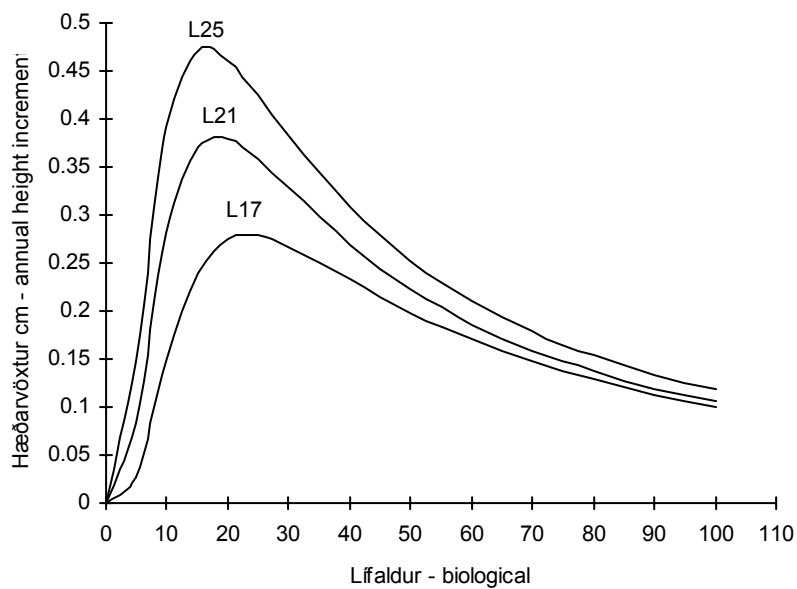
Með hæðarvaxtarlínuritum og töflum er á einfaldan hátt hægt að ákvarða grósku lerkiskóga. Að nota föll er talsvert flóknara og þarfnast tölvu, en í staðinn fást nákvæmari tölur.

Árlegur hæðarvöxtur á ólíkum aldurskeiðum og gróskuflokkum var reiknaður út með því að finna afleiðu 1. falls. Á 5. mynd eru sýndir þeir útreikningar. Í 5. töflu er síðan sýnt á hvaða aldurskeiði árlegur hæðarvöxtur nær hámarki.

5. Tafla/ *Table 5.* Lífaldur þegar árlegur hæðarvöxtur nær hámarki/
Biological age at which current annual height increment is at maximum.

Gróskuflokkur <i>Site class</i>	Aldur við hámarksvöxt <i>Age</i>
L25	19
L21	21
L17	25

Árlegur hæðarvöxtur nær hámarki fyrr og er mestur á frjósömustu stöðunum (Assmann 1970). Við háan aldur er hæðarvöxturinn næstum því sá sami fyrir alla gróskuflokka.



5. Mynd/Fig 5. Árlægur hæðarvöxtur með að afleiða jöfnu 1/Annual height increment

6.2 Áreiðanleiki hæðarvaxtarfallanna

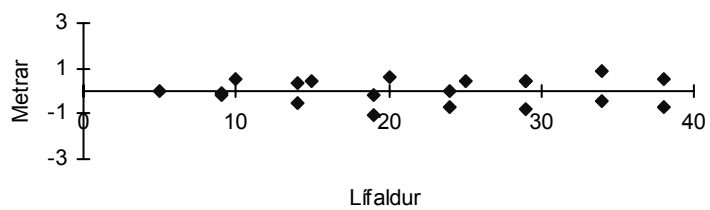
Einn helsti veikleiki útreikninga og niðurstaðna er hinn ungi aldur teiganna sem voru mældir. Elstu trén voru aðeins 59 ára gömul þegar rannsóknin var gerð, því eldri skógarteigar af lerki voru ekki til. Fjöldi úrtakstrjáa eftir gróðurhverfum var ekki jafn og fyrir gróðurhverfið S2b voru einungis 3 úrtakstré. Fyrir það gróðurhverfi getur áreiðanleiki fallanna því verið óviss. Í rannsókninni var, eins og áður sagði, notuð meðalhæð sem stiki, áætluð út frá beinu meðalþvermáli á hverjum mælifleti. Grisjanir geta haft áhrif á meðalhæð, einkum þegar einungis minnstu trén eru felld. Við það hækkar meðalhæðin eitthvað í skógarteigunum og um leið breytist ferill hennar (Assmann 1970). Þessar snögggu breytingar á meðalhæð geta valdið vandræðum við gerð hæðavaxtarfalla. Þetta ætti samt sem áður ekki að vera mikið vandamál í lerkiskógum á Fljótsdalshéraði en þar er horft meira á

viðargæðin en stærð trjáanna þegar verið er að grisja og af þeim sökum eru tré af öllum stærðum grisjuð (Lárus Heiðarsson 1999). Mun algengara er að nota yfirhæð í slíkum útreikningum, það er hæðin á 10 sverustu trjánunum á 1000 m² fleti. Ástæðan fyrir því að meðalhæð var notuð í staðinn fyrir yfirhæð var sú að í þessari frumrannsókn á hæðarvexti lerkis var ekki talið verjandi að fella og fórna sverustu og þ.a.l. hæstu lerkitrjánunum á Íslandi.

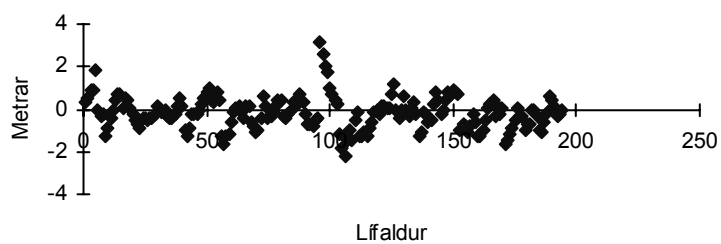
Aftur á móti eru möguleikarnir á að búa til rétt hæðarvaxtarföll að miklu leyti háð gæðum gagnanna sem safnað er. Í þessari rannsókn er mikill hagur af því að nota raunverulegan hæðarvöxt felldu úrtakstrjáanna við gerð hæðarfallanna að því tilskyldu að rétt hæðarvaxtarfall sé notað.

Áreiðanleiki fallanna sem lýsa hæðarvextinum er háður mörgum þáttum eins og fram hefur komið. Eins og áður sagði var ítrunin reiknuð þangað til að hæðarvaxtarföllin pössuðu við gögnin sem safnað var fyrir hvern gróskuflokk. Á myndum 6 a,b,c er dreifing gagnanna sýnd kringum útreiknað hæðarvaxtarfall. Myndirnar gefa ekki til kynna neina kerfisbundna skekkju á fallinu.

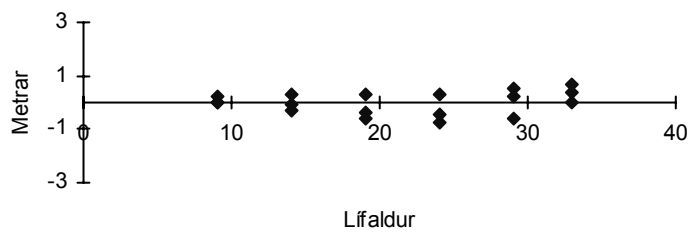
Dreifing gagna kringum línuna H25



Dreifing gagna kringum línuna H21

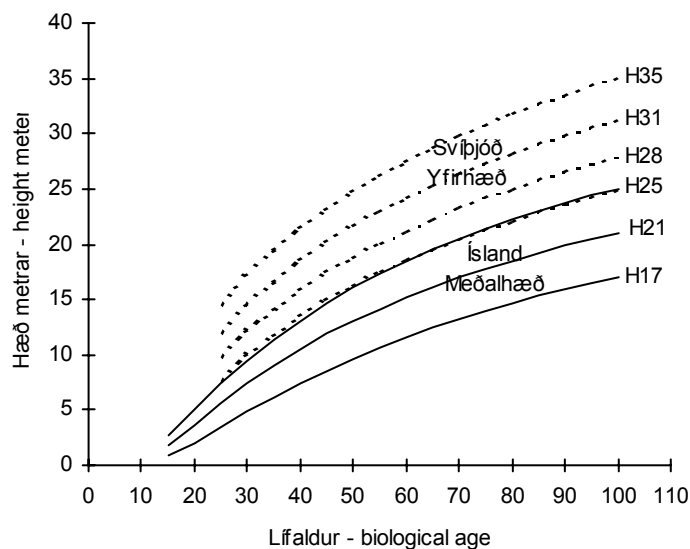


Dreifing gagna kringum línuna H17



6. Mynd a,b,c/ Fig 6 a,b,c. Dreifing mælinga um reiknaða vaxtarlínur/
Distribution of measured points around calculated site index curves.

Hæðarvaxtarföllin voru borin saman við hæðarvaxtarföll fyrir lerki í Norður Svíþjóð gerð af Martinsson (1990). Sænsku hæðarvaxtarföllin lýsa vexti yfirhæðarinnar og við gerð þeirra var notuð sama aðferð og Vuokila (1983) notaði við gerð hæðarvaxtarfalla fyrir lerki í Finnlandi. Eins og sjá má á mynd 7, ber línuritunum fyrir lægstu yfirhæðarlínuna í Norður Svíþjóð og hæstu meðalhæðarlínuna á Hallormsstað mjög vel saman. Föll Martinssons voru gerð eftir gögnum sem safnað var á 20 stöðum í Norður Svíþjóð. Á flestum stöðunum var mældur einn mæliflötur, en á nokkrum tveir. Að línuritunum ber svona vel saman má draga þá ályktun að áreiðanleiki fallanna sé góður.



7. Mynd/Fig 7. Samanburður við hæðarvaxtarföll í Norður Svíþjóð/
Comparison with site-index curves from Northern Sweden.

7 ÁLYKTANIR

Í því skógræktarátaki sem staðið hefur á Fljótsdalshéraði síðan Héraðsskógar tóku til starfa hefur eingöngu verið gróðursett í skóglaut land. Mikið lerkí hefur verið gróðursett í rofið land og mela og hefur sýnt mjög góðan vöxt. Einungis fjórar mælingar voru gerðar á landi sem var skóglaut fyrir gróðursetningu og engar mælingar gerðar í teigum á melum. Arnór Snorrason bar saman hæðarvöxt lerkis sem gróðursett var í skógi og utan skógar á innanverðu Fljótsdalshéraði (Arnór Snorrason 1986). Lítil munur var á og frekar að lerkíð á bersvæði yxi hraðar en lerkí gróðursett í skjóli birkiskógar. Karlsson (1990) sýndi fram á að ekki er tölfræðilegur munur á vexti lerkis gróðursettu í skógi og á bersvæði á innanverður Fljótsdalshéraði. Af þeim sökum ætti að vera hægt að nota föllin á innanverðu Héraði. Hins vegar er óvíst hversu vel jafnan lýsir hæðarvexti lerkis sem gróðursett er í mela. Á síðustu árum hefur áburðargjöf á nýgróðursetningar tíðkast og hefur það flýtt mjög fyrir vexti plantna í byrjun og breytir þess vegna vaxtarferli trjáanna.

Að nota hæðarvöxt sem mælikvarða á vaxtargetu eða grósku skógar er mun betri nálgun en gróðurhverfagreining á bersvæði. Þetta á ekki síst við á Íslandi þar sem mörg hundruð ára beitarálag hefur raskað hinum náttúrulegu gróðursamfélögum sem að öðru leyti geta lýst grósku gróðurlendisins með tilliti til skógræktar.

Ef nota á hæðarvaxtarföllin fást áreiðanlegustu niðurstöðurnar ef:

-skógurinn er hreinn lerkiskógur gróðursettur á innanverðu Héraði

-skógurinn hefur verið grisjaður með frjálstri grisjun og ekki verið gefinn áburður

-skógurinn er jafnaldr

-það tré sem mælt er sem meðaltré hafi ekki orðið fyrir meiriháttar áföllum

-við mælingarnar sé notaður 100m² mæliflötur og meðalhæðartréð notað

8 ÞAKKIR

Ég vil þakka Sigurði Blöndal og Þór Þorfinnssyni fyrir aðstoð á vali á lerkiteigum og kvæmum ásamt allri annari aðstoð við gagnasöfnun. Þröstur Eysteinnsson, Haukur Ragnarsson, Arnór Snorrason, Sigurjón Hauksson og Sigrún Blöndal fá síðan kærar þakkir fyrir yfirlestur og gagnlegar athugasemdir.

9 HEIMILDIR

Assmann, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press.

Cajander, A.K. 1909. Über Waldtypen. Acta For. Fennica 2(3)

Franz, F., Rawat, A.S. 1974. Detailed non-linear asymptotic regression studies on tree and stand growth with particular reference to forest yield research in bavaria (Federal Republic of Germany) and India. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion nr 30, sid. 182-221.

Gustavsen, H.G. 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Folia Forestalia 454.

Haukur Ragnarsson & Steindór Steindórsson 1963. Gróðurrannsóknir í Hallormsstaðaskógi. Ársrit Skógræktarfélags Íslands 1963. S.32-59.

Heiðarsson, L. 1998. Boniteringskurvor för Lärk (Larix sukaczewii D.) på Hallormsstaður Island.

Hradetzky, J. 1972. Modell eines integrierten ertragstafel-systems in modularer form. Mitt. D.Bad-Wurt. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt 45.

Hägglund, B. 1972. Om övre höjdens utveckling för gran i norra Sverige. Skogshögskolan. Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser nr 21.

Hägglund, B. 1974. Övre höjdens utveckling i tallbestånd. Skogshögskolan. Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser nr 31.

Karlsson, L. 1990. Ståndortsfaktorer som indikatorer på boniteten för Larix sukaczewii och L. Sibirica på Island.

Lárus Heiðarsson 1999. Greinargerð um grisjunartilraun á lerki (Arkangelsk 1967) í Mjóanesi.

Martinsson, O. 1990. Den ryska lärkens höjdtveckling och volymproduktion i norra Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr. 29.

Sloboda, B. 1971. Zur darstellung von wachstumsprozessen mit hilfe von differentialgleichungen erster ordnung. Mitt. D. Bad-Wurt. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt 32.

Stiefel, E. 1961. Einführung in die numerische mathematik. Stuttgart.

Snorrason, A. 1986. Larix i Island. Sammenligning av arter, provenienser og voksesteder. Institutt for skogskjøtsel Norges landbrukshøgskole Hovedhoppave.

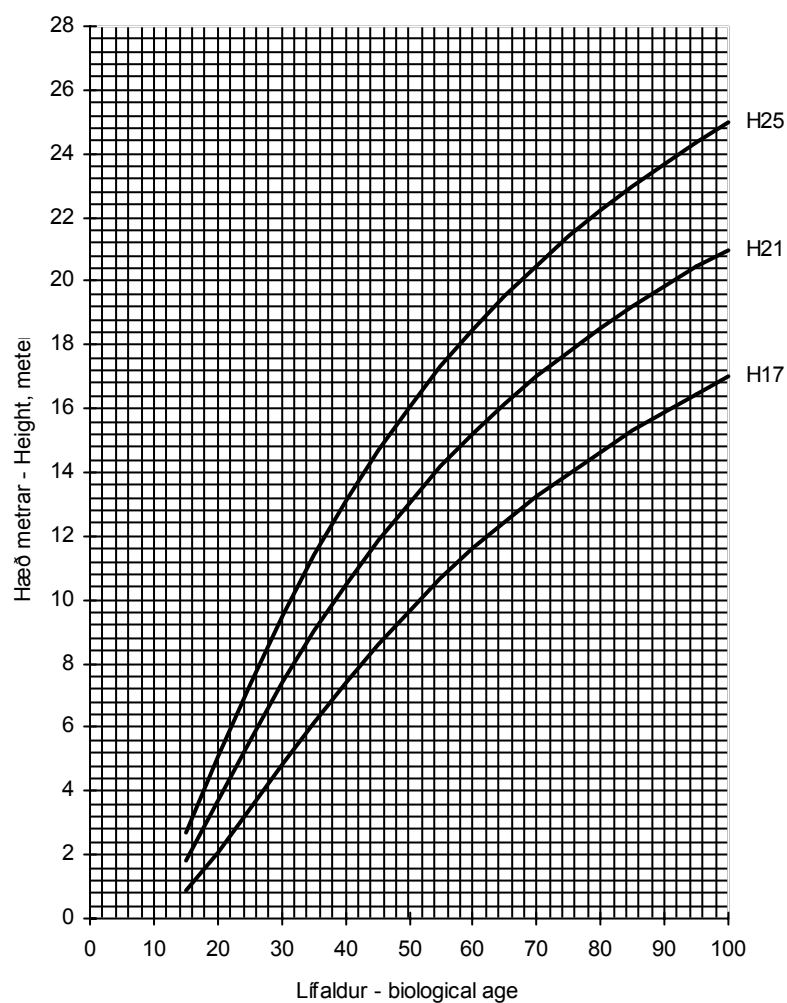
Strand, L. 1964. Numerical construction of site-index curves. For. Sci. 10(4). Sid. 410-414.

Vuokila, Y., Gustavsen, H.G., Luoma, P. 1983. Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit. Folia Forestalia 554.

10 VIÐAUKI

1. Viðauki/Appendix 1. Hæðarvaxtarlínur fyrir lerki á innanverðu Fljótsdalshéraði/Site-index curves for larch in Fljótsdalshérað, east Iceland:

Hæðarvaxtarlínurit fyrir lerki



2. Viðauki/Appendix 2. Tafla sem sýnir hæðarþróun hjá þremur hæðar-gróskuflokkum /The mean values for site classes, based on functions with biological age (T) and site index class (H_{100}) as variables.

Lífaldur/ <i>Biological age</i>	Hæð m/Height m		
	H17	H21	H25
20	2,35	3,35	4,48
25	3,80	5,23	6,81
30	5,23	7,04	8,99
35	6,59	8,71	10,97
40	7,83	10,23	12,76
45	8,98	11,62	14,36
50	10,03	12,87	15,81
55	11,00	14,02	17,12
60	11,88	15,06	18,32
65	12,70	16,02	19,40
70	13,45	16,90	20,40
75	14,15	17,71	21,32
80	14,80	18,47	22,17
85	15,41	19,17	22,95
90	15,97	19,82	23,68
95	16,50	20,43	24,36
100	17,00	21,00	25,00

3. Viðauki/Appendix 3. Árlegur hæðarvöxtur hjá þremur gróskuflokkum /The mean values for mean annual height increment in site classes based on functions with biological age (T), mean height (\bar{h}) and site classes (H_{100}) as variables.

Lífaldur/ <i>Biological age</i>	Árlegur hæðarvöxtur m/Annual height increment m		
	H17	H21	H25
20	0,29	0,38	0,47
25	0,29	0,36	0,44
30	0,27	0,33	0,40
35	0,25	0,30	0,36
40	0,23	0,28	0,32
45	0,21	0,25	0,29
50	0,19	0,23	0,26
55	0,18	0,21	0,24
60	0,16	0,19	0,22
65	0,15	0,18	0,20
70	0,14	0,16	0,18
75	0,13	0,15	0,17
80	0,12	0,14	0,16
85	0,11	0,13	0,15
90	0,11	0,12	0,14
95	0,10	0,11	0,13
100	0,09	0,11	0,12

