

4. MATAVIMŲ TIKSLUMO ANALIZĖ ANALYSIS OF THE ACCURACY OF MEASUREMENTS

4.1. Pastovių apskaitos barelių identifikavimas pagal kosminio vaizdo žemėlapi ir ortofotoplaną *Identification of permanent sample plots according to satellite maps and orthophotomaps*

1998–2002 metais, užbaigus pirmąjį nacionalinės miškų inventorizacijos apskaitos penkmetį, buvo išskirta 5600 pastovių apskaitos barelių 2069 traktuose. 1998 metais, planuojant inventorizacijos darbus, pastovių apskaitos barelių pirminei atrankai vykdyti buvo panaudota Lietuvos miško išteklių GIS duomenų bazė (LMŽ 50 000), suformuota kosminio vaizdo žemėlapio pagrindu. Naudojantis šios bazės duomenimis buvo planuojami traktai ir bareliai, kurie turėtų patekti į mišką (matuoti) ar šalia esančias žemės naudmenas, kuriose miškas gali susiformuoti savaime (tikrinti). Taip visoje Lietuvoje atrinkti 5558 matuoti ir 246 tikrinti bareliai (4.1 lent.). Likusieji bareliai buvo tikrinami papildomai, panaudojant ortofotoplanus M1:10 000. Tikrintinų barelių sąrašas išanalizavus ortofotoplanus buvo papildytas 802 tikrintiniais bareliais t. y. 12% visų atrinktų barelių. Kasmet panaudojant vis naujus ortofotoplanus, papildomai tikrintinų barelių skaičius išaugo nuo 4% 1998 metais iki 16–17% 2001–2002 metais visų atrinktų barelių. Galima teigti, kad 2001 ir 2002 metais, kai papildomai atrankai buvo panaudoti ortofotoplanai, dengiantys beveik visą Lietuvos teritoriją, patikrinti natūroje ir matuoti buvo atrinkti beveik visi bareliai, kuriuose galima tikėtis rasti miško žemės naudmenų.

In 1998-2002, having finished the first five-year period of national forest inventory, 5600 permanent sample plots were allocated in 2069 tracts. In 1998, planning the work of sampling forest inventory, for the pilot sampling of permanent sample plots. GIS data base LMŽ 50 000 of Lithuanian forest resources based on satellite image maps was applied. Using the data of this database, plots and tracts occurring on forest land (measurable) or land on which forest could regenerate itself (checkable) were planned. In this way, a total of 5558 measurable and 246 checkable plots were allocated (Table 4.1). The rest plots were checked additionally, using orthophotomaps S1:10 000. The list of checkable plots, following analysis of orthophotomaps, was supplemented by 802 plots, i.e. 12% of all selected plots. From year to year, using new orthophotomaps the number of additional checkable plots has increased from 4% in 1998 to 16-17% of all selected plots in 2001-2002. It can be said, that in 2001 and 2002, when additional selection of plots was based on orthophotomaps, covering almost all the territory of Lithuania, approximately all plots found on forest land were selected for checking and measurement in nature.

Therefore, in 1998-2002 under field conditions and

4.1 lentelė
table

Pastovių apskaitos vienetų suvestinė
Summary of permanent plots and tracts

Kategorija Category		Metai Year					Iš viso Total
		1998	1999	2000	2001	2002	
Matuoti bareliai pagal LMŽ 50 000 <i>Plots for measuring</i>	Planuoti <i>Planned</i>	1103	1115	1124	1123	1093	5558
	Matuoti <i>Measured</i>	1050	1020	1046	1030	1006	5152
	Nerasti <i>Not detected</i>	53	95	78	93	87	406
Tikrintini bareliai pagal LMŽ 50 000 <i>Plots for checking</i>	Planuoti <i>Planned</i>	44	60	48	38	56	246
	Matuoti <i>Measured</i>	14	20	20	11	16	81
	Nerasti <i>Not detected</i>	30	40	28	27	40	165
Tikrintini bareliai pagal ortofotoplaną <i>Plots for checking</i>	Planuoti <i>Planned</i>	54	108	182	226	232	802
	Matuoti <i>Measured</i>	35	44	73	89	88	329
	Nerasti <i>Not detected</i>	19	64	109	137	144	473
Neplanuoti bareliai <i>Not planned plots</i>	Matuoti <i>Measured</i>	19	12	5	1	1	38
Iš viso <i>Total</i>	Planuoti <i>Planned</i>	1201	1283	1354	1387	1381	6606
	Matuoti <i>Measured</i>	1118	1096	1144	1131	1111	5600
	Nerasti <i>Not detected</i>	102	199	215	257	271	1044
Traktai <i>Tracts</i>	Planuoti <i>Planned</i>	418	474	494	503	511	2400
	Matuoti <i>Measured</i>	396	402	423	423	425	2069
	Nerasti <i>Not detected</i>	22	72	71	80	86	331

Taigi 1998–2002 metais lauko sąlygomis pagal sudarytą 2400 traktų sąrašą (4.1 lent.) buvo patikrinta 59% visų 16 275 į Lietuvos teritoriją patenkančių apskaitos barelių. Didžioji dalis barelių (matuotini arba tikrintini) – 40,6% aplankyti planuotai, likusi dalis – 18,4% – neplanuotai, t. y. tuose pačiuose traktuose išdėstyti apskaitos bareliai. Aplankius neplanuotus barelius, papildomai išskirti ir apmatuoti 38 apskaitos bareliai, kas sudaro 0,7% bendro barelių skaičiaus. Net 31 iš 38 neplanuotų apskaitos barelių išskirti 1998–1999 metais, kai patikimai identifikuoti tikrinamų apskaitos barelių nebuvo galima dėl ortofotoplanų trūkumo. 2001–2002 metais išskirti tik 2 neplanuoti apskaitos bareliai, kas sudaro tik 0,04% išskirtų ir apmatuotų apskaitos barelių skaičiaus. Atsižvelgiant į išskirtų ir apmatuotų neplanuotų barelių dalį (0,7%) ir ypač jų sumažėjimą pastaraisiais metais, galima teigti, kad tarp Lietuvos teritorijoje esamų 6675 nepatikrintų barelių yra labai maža tikimybė rasti naujų, apaugusių mišku, barelių.

Pastovių apskaitos barelių išskyrimo metu buvo patikrinti ir atmesti 1044 planuoti matuoti ar patikrinti bareliai (4.1 lent.). Beveik trečdalis barelių (32,8%) identifikuota pamiškės naudmenose, iš jų net 19 barelių 1998 metais identifikuoti pamiškėse, dėl deklinacijos išėjus iš miško (naudota barelių suradimo metodika su kompasu). Kitas trečdalis barelių (31,4%) buvo identifikuotas pievose, pelkėse, krūmynuose pagal planinėje medžiagoje užfiksuotas nepakankamo tikslumo miško ribas. Net 11,3% tikrintų barelių identifikuoti žemės ūkio naudmenose besiformuojančiame miške, kurio skalsumas, amžius ar plotas (miško juostos plotis) dar netenkina miško žemei fiksuoti keliamų reikalavimų. 8,0% (84) barelių patikrinta durpynuose, karjeruose ir smėlynuose, t. y. naudmenose, kuriose pasibaigus eksploatacijai paprastai susiformuoja miškas. Kiti bareliai identifikuoti: naudmenose su pavieniais medžiais (6,4%), soduose, parkuose (2,3%); vandens objektuose – upėse, kanaluose, ežeruose, tvenkiniuose (1,6%); užstatytose teritorijose (1,4%) ir kitur.

Vietoje apžiūrėjus suplanuotus matuoti ar tikrinti pagal kosminio vaizdo žemėlapi 5804 barelius, miško žemė buvo identifikuota tik 5233 bareliuose arba 90,2% visų tikrintų vietų. Panaudojant ortofotoplanus bei apžiūrint vietovę, papildomai miško žemė buvo identifikuota 367 bareliuose arba 6,6% nuo bendro išskirtų barelių skaičiaus. Tai rodo, jog 9,8% visų atvejų miško žemė buvo identifikuota kosminio vaizdo žemėlapyje iš tiesų jos nesant vietovėje ir 6,6% atvejų miško žemė, esanti vietovėje, nebuvo identifikuota kosminio vaizdo žemėlapyje. Taigi miško žemės išskyrimas pagal kosminio vaizdo žemėlapi nėra didelio tikslumo, nes gaunamos ne mažesnės kaip 7% paklaidos.

Iš 5600 miško žemėje išskirtų apskaitos barelių 3623 yra pilni. Visi kiti, t. y. 1977 bareliai arba 35,3% visų barelių išskirti ant sklypų ribos ir suskirstyti į 4699 sektorius (4.2 lent.).

according to the list of 2400 tracts (Table 4.1) 59% of all 16 275 sample plots within Lithuania's territory were checked.

Most of the plots (measurable or checkable) – 40.6% were visited due to planning in advance, the rest portion – 18.4% – without planning, i.e. they were visited as located in the same tracts. Having visited unplanned plots, additionally 38 sample plots were found out in the forest and measured. It comprises 0.7% from the total number of sample plots. Even 31 from 38 unplanned sample plots were established in 1998-1999, when a reliable identification of sample plots was impossible due to the lack of orthophotomaps. In 2001-2002, on the contrary, only 2 unplanned sample plots were established, comprising only 0.04% from the number of established and measured sample plots. Taking into account the small share (0.7%) of established and measured unplanned sample plots, and especially its decrease, it may be said, that it is almost impossible to find among the 6675 unchecked plots on Lithuanian territory new ones overgrown with forest.

During allocation of permanent sample plots, 1044 planned, measured or checked plots were identified on non-forest land and eliminated from measurements (Table 4.1). Almost one third of these plots (32.8%) were identified at forest edges, from them even 19 plots in 1998 were identified at forest edges due to declination (compass was used to find plots). Another one third of plots (31.4%) was identified in meadows, peatlands and brushes due to insufficiently precisely recorded boundaries in maps. Even 11.3% of the checked plots were identified in forest which is being formed on agricultural land, but the stocking level, age or area of which (width of forest belt) fail to satisfy the requirements raised for forest land. 8.0% (84) of plots were checked in peatlands, quarries and sandy soils, i.e. on land which following its exploitation usually overgrows with forest. Other plots were identified on: land with scattered individual trees (6.4%), gardens, parks (2.3%); water objects - rivers, channels, lakes, ponds (1.6%); built (1.4%) and other areas.

Having visited the planned for measuring or checking according to satellite image map 5804 plots, forest land was identified only in 5233 plots or 90.2% of all checked places. Based on orthophotomaps and visits, additionally forest land was identified in 367 plots or 6.6% from the total number of allocated plots. It shows, that in 9.8% of all cases forest land was identified in the satellite image map, though really it didn't exist, and in 6.6% of all cases existing forest land was not identified in satellite image map. Thus, forest land identification based on satellite image maps is not of a very high precision, because not less than 7% of deviations occur.

Out of 5600 sample plots allocated on forest land 3623 plots are complete. All the others, i.e. 1977 plots or 35.3% of all plots are allocated on site boundaries and divided into 4699 sectors (Table 4.2).

Pastovių apskaitos vienetų suvestinė
Summary of permanent sample plots

Metai Year	Barelių skaičius miško žemėje Number of plots in forest land		Bareliai suskirstyti į sektorius Plots splitted into sectors							Iš viso pilnų barelių ir sektorių miško žemėje Total complete plots and sectors in forest land		Bendras pilnų barelių ir sektorių skaičius Total number of plots and sectors
			Miško žemėje In forest land			Ne miško žemėje In non forest land			Iš viso Total			
	Iš viso Total	Iš jų pilni From them complete	Barelių skaičius Number of plots	Sektorių skaičius Number of sectors	Sektorių dalių suma The sum of share of sectors	Barelių skaičius Number of plots	Sektorių skaičius Number of sectors	Sektorių dalių suma The sum of share of sectors	Sektorių skaičius Number of sectors	Skaičius Number	Dalių suma The sum of shares	
1998	1113	775	338	639	286	135	170	52	809	1414	1061	1584
1999	1091	687	404	724	336	178	225	68	949	1411	1023	1636
2000	1139	760	379	675	304	177	234	75	909	1435	1064	1669
2001	1124	688	436	763	337	229	290	98	1053	1451	1025	1741
2002	1111	707	404	702	317	183	242	87	944	1409	1024	1651
SP*	22	6	16	19	7	14	16	9	35	25	13	41
Iš viso Total	5600	3623	1977	3522	1587	916	1177	389	4699	7145	5211	8322

* Sunkiai prieinami bareliai – įprastinėmis priemonėmis nepasiekiami apskaitos bareliai; jų matavimai atlikti 2002 metais.
Heavily accessible sample plots – sample plots, which are heavily accessible using ordinary means; these plots were measured in 2002 year.

Kiekvienas barelis vidutiniškai yra suskirstytas į 2,4 sektorius. Esant vidutiniam Lietuvos miškų sklypo plotui 1,5–2,0 ha ir ribinės zonos pločiui 7–10 m, medynų ribinės zonos plotas sudaro 20–30% medynų ploto. Tokiu būdu panaudota atrankos schema pakankamai reprezentuoja tiek pačius medynus, tiek ir jų ribines zonas.

Each plot is divided on an average into 2.4 sectors. Average area of a Lithuanian forest site being 15-20 ha and the boundary zone being 7-10 m wide, the area of boundary zone in stands comprises 20-30% of the area of stands. Thus, the applied sampling design represents sufficiently both the stands themselves and their boundary zones.

4.2 Kontrolės darbų rezultatai Results of the control measurements

4.2.1 Pagrindiniai darbų kontrolės reikalavimai, apimtys Basic requirements for the control measurements and extent of operations

Pagrindinis lauko darbų kontrolės tikslas yra suvienodinti skirtingų vykdytojų darbo taisyklių interpretavimą ir mažinti matavimų paklaidas. Mėnesiui pasibaigus kontroliuojami kiekvieno mėnesio matavimai. Kontrolinių matavimų metu, kas mėnesį, visiškai permatuojama vidutiniškai po 10–12, t. y. 5–7% visų išmatuotų tą mėnesį barelių. Kontrolės objektai parenkami atsitiktinai. Matavimai kontroliuojamame objekte iš pradžių atliekami nesinaudojant pirmine medžiaga. Šie duomenys naudojami klaidų priežastims išsiaiškinti. Baigus matavimus, kontrolės duomenys lyginami su pradiniais duomenimis. Neleistino nukrypimo atveju kontroliniai matavimai kartojami, o patikrinus nustatytus nukrypimus, fiksuojami pataisyti duomenys.

The aim of fieldwork control measurements is to unify interpretation of the manual by different surveyors and minimize measurement errors. Measurements of each month are controlled at the end of the month. During control measurements, every month on an average 10-12, i.e. 5-7% of all measured per month plots are fully remeasured. Control objects are chosen randomly. Measurements in the control object are done at first without referring to the primary data. These data are used then to find out the causes of errors. After remeasurement, control data is compared to the primary data. In the case of unallowable deviation, control measurement is repeated and corrected data are recorded.

Per kontrolinį matavimą nustatyti nukrypimai analizuojami, apibendrinami, pateikiami pasiūlymai jų išvengti ateityje. Jie panaudojami operatyviam grupės narių instruktavimui, apmokymui, tikslinamos darbo taisyklės ir metodikos.

1998–2002 metais kontrolės metu buvo permatuoti 312 pastovių barelių 7858 medžiai (4.3 lent.). Be to, permatuoti 1143 medžiai šalia pastovių barelių išskirtuose kampinio matavimo bareliuose. Pastoviuose bareliuose nustatyti praleisti 25 ir nepagrįstai paimti 6 medžiai.

Deviations ascertained during control measurement are analysed, generalized and suggestions to eliminate them in the future are provided. They are used for efficient instruction of the group members, training, improvement of the manual and methodics.

During the control in 1998-2002, a total of 7858 trees in 312 permanent plots (Table 4.3) were remeasured. Besides, 1143 trees in angle count plots, allocated close to permanent plots, were remeasured. In permanent plots 25 overlooked and 6 baselessly included trees were ascertained.

4.3 lentelė
table

Kontrolinių matavimų 1998–2002 metais apimtys
Extent of control measurements in 1998-2002

Apskaitos metai Year	Patikrinta Checked		Medžių skaičius Number of trees					
			Permatuotų Remeasured		Praleistų Missed		Nepagrįstai paimtų į apskaitą Baselessly measured	
	Traktų Tracts	Barelių Plots	Pastoviam barelyje On the permanent plot	KMB*	vnt.	%	vnt.	%
1998	23	68	1742	258	6	0,3	2	0,1
1999	24	60	1275	235	4	0,3	1	0,1
2000	26	60	1508	196	6	0,4	2	0,1
2001	28	60	1558	234	4	0,3	0	0,0
2002	29	64	1775	220	5	0,3	1	0,1
Iš viso Total	130	312	7858	1143	25	0,3	6	0,1

* Kampinio matavimo barelis

* Angle count plot

4.2.2 Paklaidų įvertinimo metodika Methods for the estimation of deviations

Matavimo paklaidos įvertinamos lyginant lauko darbų grupės ir kontrolės grupės matavimų rezultatus.

Yra nustatomos:

vidutinė aritmetinė paklaida

Measurement errors are estimated comparing measurement results of fieldwork and control groups.

The following are ascertained:

mean arithmetical error

$$A_x = \frac{\sum_{i=1}^n |Xm_i - Xk_i|}{n}, \quad (4.1)$$

sisteminė paklaida

systematic error

$$S_x = \frac{\sum_{i=1}^n (Xm_i - Xk_i)}{n}, \quad (4.2)$$

vidutinė kvadratinė paklaida

mean square error

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xm_i - Xk_i)^2}{n}}; \quad (4.3)$$

čia Xm_i – i -ojo objekto parametro X lauko darbų grupės matavimo rezultatas,

Xk_i – i -ojo objekto parametro X galutinis kontrolės grupės matavimo rezultatas,
 n – matavimų skaičius.

where: Xm_i – measurement result by fieldwork group of X parameter in i object,

Xk_i – final measurement result by the control group of X parameter in i object,
 n – number of measurements.

Matavimų įvertinimo pagal vidutinę kvadratinę paklaidą normatyvas
Standard deviation of measurement according to mean square error

Matavimo objektas <i>Indices</i>	Normatyvas <i>Standard</i>	Įvertinimas <i>Estimation</i>			
		Labai gerai <i>Very good</i>	Gerai <i>Good</i>	Patenkinamai <i>Satisfactory</i>	Blogai <i>Bad</i>
		Nukrypimo reikšmė <i>Deviation</i>			
Praleisti ar nepagrįstai paimti į apskaitą medžiai <i>Missed and baseless by measured trees</i>			Netoleruojami <i>Untolerated</i>		
Medžio skersmuo 1,3 m aukštyje, cm <i>Diameter at breast height</i>	0,5	< 0,4	0,4–0,5	0,6–0,7	> 0,7
Skersmuo šaknies kaklelyje, cm <i>Stump diameter</i>	1,5	< 1,0	1,0–1,5	1,6–2,0	> 2,0
Medžio aukštis, m <i>Height</i>	1,0	< 0,8	0,8–1,1	1,2–1,4	> 1,4
Aukštis iki lajos pradžios, m <i>Height to live crown base</i>	1,0	< 0,8	0,8–1,1	1,2–1,4	> 1,4
Atstumas iki medžio (išskyrus ribinius), cm <i>Distance from the centre to tree</i>	15	< 12	12–15	16–19	> 20
Azimutas matuojant nuo barelio centro, ° <i>Azimuth from plot center to tree</i>	1,0	< 0,8	0,8–1,1	1,2–1,4	> 1,4
Skerspločių suma KMB, %* <i>Sum of basal area</i>	6	< 5	5–7	8–9	> 9
Rievių skaičius, vnt <i>Age at breast height</i>	3	< 2	2–4	5–6	> 6
Medžio radialinis prieaugis per 5 m., mm** <i>Radial increment of tree per 5 years</i>	0,6	< 0,5	0,5–0,7	0,8–1,0	> 1,0
Radialinis prieaugis per 10 m., mm** <i>Radial increment per 10 years</i>	0,8	< 0,7	0,7–0,9	1,0–1,2	> 1,2

* Skerspločių sumos KMB vidutinė kvadratinė paklaida vertinama santykiniais dydžiais – % nuo kontrolinių matavimų skerspločių sumos.

Standard error of basal area in ACP estimated in percent from control measurements of basal area.

** Medžių radialinių prieaugių matavimo vidutinė kvadratinė paklaida vertinama pagal lauko darbų grupės atliktus gręžinius.
Standard error of tree radial increment estimated according to bore cores of fieldwork group

4.2.3 Matavimo paklaidų normatyvai Standards of measurement deviations

Atsižvelgiant į matavimo objekto ypatumus, jo kintamumą, matavimo sąlygas bei naudojamų prietaisų tikslumą yra nustatyti matavimo paklaidų normatyviniai dydžiai. Tikrinimo metu gauti rezultatai vertinami pagal nukrypimo nuo normatyvinių paklaidų dydžio laipsnį (4.4 lent.)

Praleisti ar nepagrįstai paimti į apskaitą medžiai netoleruojami. Praleistų ar nepagrįstai paimtų į apskaitą medžių skaičius nustatomas atsižvelgiant į naudojamų matavimo priemonių tikslumą (atstumas iki ribinių medžių matuojamas matavimo juosta su 1 cm tikslumu, azimutas – kompasu SILVA-54 su 1° tikslumu) ir matavimo sąlygas (stovo pastatymo atitikimą, medžio centro 1,3 m aukštyje padėties nustatymo atitikimą ir kitas specifines sąlygas). Dėl šių priežasčių medžiai nepagrįstai paimtais ar praleistais nelaikomi, kai faktinis atstumas iki medžio skiriasi nuo ribinio ne daugiau 2 cm, išmatuotas azimutas ne daugiau 1° ir kontroliuojamo medžio skersmens 1,3 aukštyje matavimo reikšmė

Considering the peculiarities of measurement object, its variation, measurement conditions and precision of measurement devices, standard values of measurement errors have been ascertained. Results obtained during measurement are estimated according to the deviation degree from standard errors (Table 4.4).

Overlooked or baselessly measured trees are intolerable. The number of overlooked or baselessly measured trees is defined taking into consideration the precision of measurement devices (distance to boundary trees is measured using measuring tape with 1 cm accuracy, azimuth - using compass "Silva-54" with 1° accuracy) and measurement conditions (correct positioning of the tripod, finding of tree centre at 1.3 m height and other specific conditions). Due to these reasons trees are not considered to be baselessly measured or missed when the actual distance to tree differs from the marginal distance not more than by 2 cm, measured azimuth not more than by 1° and the value

patenka į intervalus – 6,0–6,2 cm 100 m² barelyje ir 14,0–14,2 cm 500 m² barelyje.

Medžių skersmenys 1,3 m aukštyje ir šaknies kaklelyje matuojami 50 ir 65 cm ilgio žerglėmis. Žerglių matavimo tikslumas – 1 mm. Normatyvinė matavimo paklaida matuojant skersmenį 1,3 m aukštyje nustatyta 0,5 cm, o šaknies kaklelyje – 1,5 cm. Skersmenų matavimo tikslumą mažina šaknies kaklelio identifikavimo sudėtingumas (ypač pelkinėse, užmirkusiose ar šlaitinėse augavietėse), netaisyklinga medžių kamieno skerspjūvio forma, artimesnė elipsei negu skrituliui, grubi kai kurių medžių žievė (grubiausia žievė – beržų, vyresnių nei brandos amžiaus ąžuolų, pušų). Be to, skersmens 1,3 m aukštyje matavimų tikslumą mažina dėl pažeidimų ar šakų įtakos iškreipta medžių kamienų forma, įvairūs nestandartiniai matavimo atvejai.

Medžių aukščiai ir aukščiai iki lajos matuojami aukštimačiu SILVA CM-2015 DEG A. Instrumento matavimo tikslumas – 0,5–1,0 m. Normatyvinė matavimo paklaida – 1,0 m. Medžių aukščio matavimų tikslumą mažina netaisyklinga arba neryški medžio viršūnė, stiebo ar jo viršūnės nukrypimai nuo vertikalios padėties, vietovės polinkis, ypač sutampantis su stiebo polinkiu, blogas viršūnės matomumas.

Aukščio iki lajos matavimo tikslumą mažina ir blogas žemutinės lajos dalies matomumas, daug negyvų šakų, trukdančių nustatyti žemiausią gyvą lajos šaką, lajos netaisyklingumas, vilkaūglių buvimas.

Atstumo iki medžių matavimas vykdomas ultragarsiniu atstumo matuokliu DME. Ribiniai medžiai tikrinami matavimo juosta. Atstumai iki kitų medžių matuojami naudojant ultragarsinį matuoklį DME. Matavimų tikslumą mažina ultragarso sklidimo kelyje pasitaikančios kliūtys, blogos oro sąlygos – stiprus vėjas, lietus, dažnai kintanti oro temperatūra.

Medžių azimuto matavimų tikslumą mažina stovo pastatymo netikslumai, medžio kamieno 1,3 m aukštyje kreivumas, sumažėjęs jo matomumas dėl vizavimo kryptimi pasitaikančių krūmų, medžių, vietovės nelygumų.

Skerspločių sumos matavimas KMB barelyje vykdomas medžių kampinio matavimo prietaisu – MICKSI su vizavimo dioptro ir atstumo santykiu 1:35,355, perskaičiavimo koeficientu $K = 2$. Ribinių medžių patekimas į barelį tikrinimas matavimo juosta ir žerglėmis. Normatyvinė matavimo paklaida – 6% skerspločių sumos. Skerspločių sumos nustatymo tikslumą mažina didelis ribinių medžių skaičius, gausus pomiškis, trakas, aukšta žolinė augmenija, antras medyno ardai su žemai nusileidžiančiomis medžių lajomis, didelis medžių tankumas, medžių išsidėstymas grupėmis. Matavimo tikslumas ypač mažėja dirbant šlaituose ar nelygiose vietovėse.

Medžių rėvių skaičius nustatomas lauko sąlygomis jas tiksliai suskaičiuojant rėviės tikslumu. Rėvių

of tree diameter measurement at 1.3 m height falls within 6.0-6.2 cm range for a 100 m² size plot, and within 14.0-14.2 cm range for a 500 m² size plot.

Tree diameters at 1,3 m height and diameter at root collar are measured using 50 and 65 cm wide callipers. The accuracy of measurement with callipers is 1 mm. Standard measurement error measuring diameter at 1.3 m height was found to be 0.5, while for diameter at root collar measurements – 1.5 cm. The accuracy of diameter measurement is reduced by complicated identification of the place for diameter at root collar measurement (especially on peatland, overmoistured areas or slopes), irregular crosssectional shape of root collar, being closer to ellipsis than circle, rough bark of some trees (especially that of birch, overmature oak and pine trees). Besides, accuracy of diameter measurements at 1.3 m height is less due to irregular stem form at 1.3 m height caused by damages or the impact of branches and various non-standard measurement cases.

Tree heights and heights to the crown base are measured by SILVA CM-2015 DEG A altimeter. The precision of this instrument is 0.5-1.0 m. Standard measurement error is 1.0 m. The accuracy of height measurement of trees is reduced by irregular or indistinct top of a tree, deviations of the stem or its top from vertical position, inclination of the terrain, especially the one which coincides with the stem inclination, poor visibility of the top.

Accuracy of height to crown base measurement is reduced by poor visibility of the lower crown portion, many dead branches hindering the ascertainment of the lowest live branch in the crown, irregularity of the crown, presence of wolf shoots.

Measuring of the distance to trees is done using an ultrasound distance measurer DME. Marginal trees are measured using measuring tape. Distances to other trees are measured by DME with 15 cm accuracy. Measurement accuracy is reduced by obstacles occurring on the way of ultrasound, unfavourable weather conditions, i.e. strong wind, rain, frequent air temperature changes.

Precision of tree azimuth measurement is reduced by inaccuracies in support positioning, crookedness of the stem at 1.3 m height, reduced visibility due to brush and trees occurring in the direction of observation as well as unevenness of the terrain.

Measurement of basal area in ACP is performed with the help of "MICKSI" angle measurement device with the ratio of dioptr and distance 1:35.355, the coefficient of recalculation $K = 2$. Occurrence of marginal trees in a plot is measured with the aid of measuring tape and callipers. Standard measurement error – 6% of the basal area. Precision of basal area ascertainment is diminished by a great number of marginal trees, abundant understorey, underbrush, high grassy vegetation, second storey with low-lying crowns, high density and group distribution of trees. Measurement

skaičiavimo tikslumą mažina tos pačios priežastys kaip ir matuojant medžių radialinį prieaugį. Normatyvinė paklaida – 3 medžio metinės rievės.

Medžių radialinis prieaugis matuojamas su liniuote lauko sąlygomis 0,5 mm tikslumu. Normatyvinė matavimo paklaida matuojant prieaugį per 5 metus (ZR1) – 0,6 mm, per 10 metų (ZR2) – 0,8 mm. Matavimo paklaidas didina gręžimo krypties nestatmenumas metiniams medžio sluoksniams, silpna blogo augimo minkštųjų lapuočių bei sutankėjusių senų medžių metinių rievių skiriamoji geba, blogos apšvietimo sąlygos ūkanotomis dienomis ūksminių medžių rūšių medynuose. Neradus gręžinėlio medis gręžiamas iš naujo. Matavimo paklaidos dėl to gali dar labiau padidėti.

Kontrolės metodika buvo tobulinama atliekant darbus. 1998 metais kontroliuojami bareliai kiekvieno mėnesio pabaigoje buvo parenkami subjektyviai, siekiant išlaikyti tikrinamų barelių įvairovę pagal vyraujančią medžių rūšį ir matavimo sąlygas. Matavimai buvo atliekami iš anksto žinant pirminių matavimų rezultatus. Pradedant 1999 metais metodika buvo patikslinta – bareliai parinkti atsiktiniu būdu, o matavimai vykdomi dviem etapais. Iš pradžių

accuracy especially decreases working on slopes and uneven terrain.

The number of annual rings is ascertained by counting them with the accuracy of one ring. Precision of their counting is reduced by the same factors as measuring radial increment of trees. Standard deviation – 3 annual rings.

Radial tree increment is measured by a ruler with 0.5 mm accuracy. Standard error measuring increment over 5 years (ZR1) is 0.6 mm, over 10 years (ZR2) – 0.8 mm. Measurement deviations increase due to imperpendicularity of the boring direction to annual tree layers, poor ability to distinguish annual rings of badly growing softwood deciduous and too densely growing old trees, bad light conditions on cloudy days and in the stands of shade-preferring species. In case the sample core is lost, the tree is bored anew. Measurement errors because of that may even increase.

The methods of control were being improved in the course of several years. Plots controlled in 1998 were subjectively selected at the end of each month to sustain the diversity of plots according to forest type species and measurement conditions. Measurements were performed knowing the results of primary measurement in advance. Starting with 1999, the methods

4.5 lentelė
table

Matavimų paklaidos
Measurement errors

Rodiklis <i>Index</i>	Matavimų skaičius <i>Number</i>	Matavimo rezultatų paklaidos ir jų intervalai <i>Errors and their limits</i>		
		Vidutinė aritmetinė <i>Mean</i>	Sisteminė <i>Systematical</i>	Vidutinė kvadratinė <i>Standard</i>
Medžių skersmuo 1,3 m aukštyje, cm <i>Diameter at breast height</i>	9001	0,24 (0,22 ÷ 0,27)	0,01 (–0,03 ÷ 0,05)	0,38 (0,32 ÷ 0,41)
Skersmuo šaknies kaklelyje, cm <i>Diameter at root collar</i>	1722	0,75 (0,67 ÷ 0,90)	–0,14 (–0,30 ÷ –0,04)	1,07 (0,96 ÷ 1,26)
Medžių aukštis, m <i>Height</i>	2865	0,50 (0,42 ÷ 0,60)	–0,01 (–0,08 ÷ 0,08)	0,70 (0,55 ÷ 0,87)
Aukštis iki lajos, m <i>Height to live crown base</i>	1722	0,55 (0,41 ÷ 0,90)	0,01 (–0,12 ÷ 0,15)	0,89 (0,72 ÷ 1, 26)
Atstumas iki medžio, cm <i>Distance from the centre to tree</i>	7858	6,3 (5,4 ÷ 7,5)	1,1 (–0,8 ÷ 3,6)	10,0 (7,8 ÷ 11,2)
Medžio azimutas nuo barelio centro, ° <i>Azimuth from plot center to tree</i>	7858	0,8 (0,6 ÷ 1,3)	0,0 (–0,2 ÷ 0,1)	1,3 (1,0 ÷ 2,4)
Skerspločių suma, m ² <i>Sum of basal area</i>	511	4,0 (2,5 ÷ 6,0)	0,5 (–1,2 ÷ 2,2)	7,3 (5,9 ÷ 8,0)
Rievių skaičius, vnt. <i>Age at breast height</i>	1070	1,32 (0,87 ÷ 1,70)	0,12 (–0,34 ÷ 0,53)	2,23 (1,34 ÷ 3,11)
<i>Radialinis prieaugis, mm Radial increment :</i>				
per 5 metus pagal naujus gręžinius <i>over 5 years according to new borings</i>	1095	0,54 (0,45 ÷ 0,67)	0,03 (–0,07 ÷ 1,4)	1,10 (0,77 ÷ 1,32)
per 5 metus pagal senus gręžinius <i>over 5 years according to old borings</i>	980	0,33 (0,29 ÷ 0,38)	0,03 (–0,06 ÷ 0,12)	0,50 (0,42 ÷ 0,61)
per 10 metų pagal naujus gręžinius <i>over 10 years according to new borings</i>	1095	0,94 (0,77 ÷ 1,19)	0,03 (–0,12 ÷ 0,33)	3,87 (1,60 ÷ 10,30)
per 10 metų pagal senus gręžinius <i>over 10 years according to old borings</i>	980	0,46 (0,41 ÷ 0,52)	0,07 (0,01 ÷ 0,15)	0,72 (0,60 ÷ 0,82)

matavimai buvo atliekami nežinant pirminio matavimo rezultatų. Palyginus kontrolinio ir pirminio matavimo duomenis, nustatoma, kuriais atvejais matavimų skirtumai viršija nustatytas paklaidas. Šie matavimai kartojami, kol gaunamas patikimas rezultatas. Tai leido padidinti kontrolinių matavimų objektyvumą bei gaunamų rezultatų patikimumą.

were improved – plots were selected randomly, while measurements were conducted in two stages. In the beginning measurements were conducted not knowing the results of primary measurements. Having compared the data of the control and primary measurement, repeated measurements are conducted for the measurements exceeding predefined deviations until a valid result is obtained. This has led to greater objectiveness of control measurements and higher validity of results.

4.2.4 Kontrolinių matavimų rezultatų analizė

Analysis of the results of control measurements

Medžių skersmuo 1,3 m aukštyje. 1998–2002 metais kontrolės grupė patikrino 5,3% visų medžių skersmenų pastoviuose ir 3,9% kampinio matavimo bareliuose. Pastoviuose apskaitos bareliuose permatuoti 5979 storesni nei 14 cm medžiai. Nustatyta, kad storesnių nei 14 cm medžių matavimo sąlygos yra sudėtingesnės – šie medžiai matuojami su 0,02 cm didesne paklaida. Skersmens 1,3 m aukštyje matavimo paklaidos išsiskiria tik 1999 metais (0,27 cm). Likusių keturių metų skersmens 1,3 m aukštyje matavimo rezultatai rodo, kad vidutinė aritmetinė paklaida 0,22–0,24 cm yra stabili (4.5 lentelė).

Vykdam pirmojo NMI darbų penkmečio skersmens matavimus 1,3 m aukštyje vidutinė kvadratinė paklaida pastoviuose bareliuose sudarė apie 0,38 cm, t. y. apie 2% medžio skersmens. Sistemingoji paklaida yra nežymi (0,01 cm), atskirais metais ženklas kinta.

Medžių skersmuo šaknies kaklelyje. Patikrinti 5,1% visų medžių skersmenų šaknies kaklelyje. Sudėtingesnės skersmens šaknies kaklelyje matavimo sąlygos nulėmė tris kartus didesnę vidutinę aritmetinę matavimo paklaidą (0,75 cm), lyginant su skersmens matavimu 1,3 m aukštyje. Storesni nei 14 cm skersmens medžiai matuoti su 0,05 cm didesne paklaida nei plonesni. Paskutinius 3 metus nustatyta gana stabili skersmens šaknies kaklelyje vidutinė aritmetinė paklaida 0,70–0,74 cm. Vidutinė kvadratinė paklaida lygi 1,07 cm, t. y. 3,5% matavimo dydžio. Sistemingoji paklaida nedidelė, pastovaus ženklo. Skersmuo šaknies kaklelyje yra 0,1 cm sistemingai mažinamas.

Medžių aukštis. Patikrinti 4,9% medžių aukščių matavimų pastoviuose ir 3,9% kampinio matavimo bareliuose. Pastoviuose apskaitos bareliuose 1498 permatuotų medžių aukštis viršijo 10 m. Aukštesni nei 10 m medžiai matuojami su 0,05 m didesne paklaida. Atskirais metais vidutinė aritmetinė matavimo paklaida kito nuo 0,42 iki 0,60 m, t. y. 2,3–3,2% matuojamo rodiklio dydžio. Vidutinė kvadratinė paklaida lygi 0,70 m, t. y. apie 4% medžio. Sistemingoji paklaida nedidelė (–0,01m), kintamo ženklo.

Medžių aukštis iki lajos. Patikrinta 5,1% visų medžių, kurių matuotas aukštis iki lajos. Vidutinė

Tree diameter at breast height. In 1998-2002 the control group checked 5.3% of all tree diameters in permanent and 3.9 % in angle count plots. In permanent plots were remeasured 5979 trees thicker than 14 cm. It was found, that the conditions for the measurement of thicker than 14 cm trees are more complicated – these trees are measured with 0.02 cm greater deviation. Measurement errors at breast height are distinguishable only in 1999 (0.27 cm). Diameter measurements at 1.3 m height over the rest four years show, that mean arithmetic error of 0.22-0.24 cm is stable (Table 4.5).

Mean square error in permanent plots comprised approximately 0.38 cm, i.e. about 2% of tree diameter. Systematical error is insignificant (0.01 cm), and slightly differs from negative to positive value in each year.

Tree diameter at root collar. Diameters at root collar were checked for 5.1% of all callipered trees. More complicated callipering of the tree diameter at root collar conditions predetermined three times greater mean arithmetical error (0.75 cm), comparing to the tree diameter measurements at breast height. Trees thicker than 14 cm were measured with 0.05 cm greater error than thinner trees. Mean arithmetical error of diameters at root collar has been rather stable over the last three years. It equals to 0.70-0.74 cm. Mean square error equals 1.07 cm, i.e. 3.5% of the measured parameter value. Systematical error is quite small – the diameter at root collar is systematically decreased by approximately 0.1 cm.

Tree height. 4.9% of tree heights were checked in permanent sample plots and 3.9% of tree heights – in angle count plots. The height of 1498 checked trees in permanent sample plots exceed 10 m. Such trees are measured with 0.05 m greater error. Mean arithmetical error of tree height measurements varied from 0.42 to 0.60 m in individual years, i.e. 2.3-3.2% of measured height value. Mean square error equals 0.70 m, i.e. 4% of tree height. Systematical error is small (–0.01 m), and differs insignificantly from negative to positive value.

Tree height to the crown base. Tree heights to the

aritmetinė paklaida nežymiai (0,05 m) viršija medžių aukščio matavimo paklaidą. Tam didžiausią įtaką turi nevienodas lajos pradžios nustatymas. Atskirais metais aukščio iki lajos pradžios matavimo paklaida kito nuo 0,41 iki 0,90 cm, t. y. beveik keturis kartus didesniame diapazone nei medžių aukščio paklaida. Vidutinė kvadratinė paklaida lygi 0,89 m ir atitinka įvertinimą "gerai". Sistemingoji paklaida yra nežymi (0,01 m), kintamo ženkle.

Atstumas iki medžio. Ultragarisiniu atstumo matuokliu FORESTOR DME nustatyta vidutinė atstumo iki medžio paklaida 6,3 cm (0,8% matavimo dydžio). Atskirais metais vidutinė aritmetinė paklaida kito nuo 5,4 iki 7,5 cm. Vidutinė kvadratinė paklaida – 10,0 cm, (1,4% matavimo dydžio). Sistemingoji matavimo paklaida – minimali (1,1 cm). Tokia paklaida visiškai užtikrina medžio padėties identifikavimo barelyje reikalavimus. Ribinių medžių kontrolė vykdyta matavimo juosta.

Linijos, jungiančios barelio centrą ir medį, azimutas. Pakartotinai išmatuoti 7858 barelio centrą ir medį jungiančių linijų azimutai. Kontrolės rezultatai išsiskiria tik 1998 m., vidutinė aritmetinė paklaida – $1,3^\circ$, kol nebuvo nustatytos ir pakeistos kai kurios metalinės stovų dalys. Vėliau nustatyta gana stabili vidutinė aritmetinė azimuto matavimo paklaida – $0,6^\circ$ – $0,8^\circ$. Vidutinė kvadratinė paklaida – $1,3^\circ$. Sistemingoji paklaida lygi nuliui.

Medžių skersplokščių suma. Pakartotinai permatuota 5,8% visų KMB barelių. 1999 ir 2000 metai išsiskiria didesne vidutine paklaida (5,8 ir 6,0%), tačiau vidutinė kvadratinė paklaida atskirais metais kito nedaug (5,9–8,0%). Sistemingoji paklaida nepastovi, mažai reikšminga.

Medžių rievlių skaičius. Pakartotinai perskaičiuota 1070 gręžinėlių. Rievlių skaičiaus vidutinė aritmetinė paklaida lygi 1,32, vidutinė kvadratinė paklaida – 2,23 rievės. Rodiklio matavimo sistemingoji paklaida (0,12) nedidelė ir atskirais metais nepastovaus ženkle.

Medžių radialinis prieaugis. 1998–2002 metais pakartotinai permatuoti 1095 gręžinėliai, suradus senuosius (92%) arba padarius naujus (8%). Patikrinta 3,9% visų matavimų. Vidutinė aritmetinė 5 metų radialinio prieaugio paklaida 0,54 mm (0,33 mm pagal senus gręžinėlius) ir beveik du kartus didesnė 0,94 mm (0,46 mm pagal senus gręžinėlius) – 10 metų radialinio prieaugio paklaida. Radialinio prieaugio paklaidos atskirais metais mažai skiriasi. Vidutinė kvadratinė 5 metų radialinio prieaugio paklaida – 0,50 mm, ir 10 metų prieaugio – 0,72 mm. Sistemingoji paklaida mažai reikšminga, nestabili.

Kontrolinių matavimų rezultatai rodo pakankamą matavimo darbų tikslumą. Pagal sudarytą vertinimo skalę dažniausiai vertinama „gerai“ arba „labai gerai“. Matavimo darbų tikslumas yra pakankamas, kad būtų gaunami patikimi inventorizacijos rezultatai.

crown base were checked for 5.1% of all measured sample trees. Mean square error insignificantly (0.05 m) exceeds the error of tree height measurements. Correct identification of tree crown base has the greatest influence on the increment of mean square error. The error of height to the crown base measurements varied from 0.41 to 0.90 m in individual years, i.e. in four times greater range than the error of tree height measurements. Mean square error equals 0.89 m and according to the evaluation scale is "good" (table 4.4). Systematical error (0.01 m) is insignificant.

The distance to trees. The mean arithmetical error of the distance from sample plot center to a tree, measured with the ultrasound measuring instrument FORESTOR DME, equals 6.3 cm (0.8% of the mean measurement value). Mean arithmetical error varied from 5.4 to 7.5 cm in individual years. Mean square error equals 10.0 cm, (1.4% of the mean measurement value). Systematical error is relatively small (1.1 cm). Such small measurement errors are acceptable for the identification of tree position in sample plot. Marginal trees were measured using measuring tape.

Azimuth to tree at plot centre. Azimuths to tree at plot centre were checked for 7858 trees. The result of the check inventory is distinguished only in 1998. Greater mean arithmetical error (1.3°) was influenced by some tripod construction defects. Later on mean arithmetical error has stabilized (0.6 – 0.8°). Mean square error equals 1.3° and systematical error equals zero.

Tree basal area. 5.8% of all angle count plots were checked. Basal area measurements in years 1999 and 2000 are distinguished by a greater mean arithmetical error (5.8 and 6.0%), but the mean square error varied a little in individual years (5.9–8.0%). Systematical error is insignificant.

The number of annual rings. Annual rings were checked for 1070 core bores. Mean arithmetical error equals 1.32, mean square error – 2.23 of annual ring. Systematical error equals 0.12 and is insignificant in individual years.

The radial increment. In 1998–2002 were remeasured 1095 core samples, having found the old ones (92%) or having bored new core samples (8%). 3.9% of all measurements were checked. Mean arithmetical error of radial increment over 5 years – 0.54 mm (0.33 mm according to old core samples) and almost twice higher 0.94 mm (0.46 mm according to old core samples) error of radial increment over 10 years were ascertained. Radial increment errors in individual years differ insignificantly. Mean square error for radial increment over 5 years – 0.50 mm and for increment over 10 years – 0.72 mm. The systematical error is almost insignificant, unstable.

The results of control measurements reveal a sufficient precision of measurement operations. According to the evaluation scale it is "good" or "very good". The accuracy of measurements is sufficient to obtain reliable results of inventory.