



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Rajmundas Czaplis

**GEOMAGNETINIO LAUKO PARAMETRŲ IR JŲ AMŽIAUS
VARIACIJŲ TYRIMAS**

**RESEARCH ON GEOMAGNETIC FIELDS PARAMETERS AND IT'S
SECULAR VARIATIONS**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Geografinės informacinės sistemos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

Rajmundas Czaplis

**GEOMAGNETINIO LAUKO PARAMETRŲ IR JŲ AMŽIAUS
VARIACIJŲ TYRIMAS**

**RESEARCH ON GEOMAGNETIC FIELDS PARAMETERS AND IT'S
SECULAR VARIATIONS**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Geografinių informacinių sistemų specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Romuald Obuchovski
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

lekt. Regina Žukienė
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis
kodas 621H14003

Geografinių informacinių sistemų specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

Nr. _____

Vilnius

Studentui (ei) Rajmundui Czaplis
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Geomagnetinio lauko parametrų ir jų amžiaus variacijų tyrimas

patvirtinta 2014 m. lapkričio 8 d. dekanų potvarkiu Nr. 349ap.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2014 m. birželio 1 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Išanalizuoti geomagnetinio lauko parametrus bei sužinoti jų kitimo priežastis. Apžvelgti matavimo procedūras bei matavimams naudojamus prietaisus. Išmatuoti geomagnetinio lauko parametrus Žiežmarių amžių variacijų tyrimo punkte, atlikti duomenų apdorojimą ir redukavimą. Gautų rezultatų pagrindu įvertinti amžių variacijas. Sukurti kompiuterinę programą geomagnetinio lauko parametrų apdorojimui.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: _____

Vadovas

doc. dr. Romuald Obuchovski

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Užduotį gavau

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Geodezijos ir kadastro katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Geodezijos ir kartografijos** programos magistro baigiamasis darbas 4
(geografinės informacinės sistemos)

Pavadinimas **Geomagnetinio lauko parametrų ir jų amžiaus variacijų tyrimas**
Autorius **Rajmundas Czaplis**
Vadovas **doc. dr. Romuald Obuchovski**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Biagamajame magistro darbe išanalizuoti geomagnetinio lauko parametrai bei apžvelgtos jų kitimo priežastys. Aprašyti parametrų nustatymo būdai, metodika bei matavimų įranga. Nemagnetinio teodolito su Fluxgate davikliu ir protoninio magnetometro pagalba išmatuoti geomagnetinio lauko parametrai Žiežmarių amžių variacijų tyrimo punkte. Matavimo duomenys apdoroti ir redukuoti kaimyninių observatorijų atžvilgiu. Įvertintas ilgalaikis geomagnetinio lauko parametrų kitimas Žiežmarių punkte bei Belsko, Helio, Nurmijarvi bei Uppsala observatorijose. Sukurtos kompiuterinės procedūros magnetinės deklinacijos ir inklinacijos apdorojimui, bei jų redukavimui observatorijų atžvilgiu.

Darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, išvados, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis: 63 p. teksto be priedų, 44 ilustr., 22 lent., 29 bibliografiniai šaltiniai

Prasminiai žodžiai: geomagnetinio lauko parametrai, deklinacija, inklinacija, geomagnetinė indukcija, amžių variacija, geomagnetinės observatorijos

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Geodesy and Cadastre

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Geodesy and Cartography** study programme Master Graduation Thesis 4
(Geographic Information Systems)

Title **Research on Geomagnetic Fields Parameters and it's Secular Variations**
Author **Rajmundas Czaplis**
Academic supervisor **Assoc Prof Dr Romuald Obuchovski**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

This master thesis contains analysis of geomagnetic field and its fluctuations. One can find here the parameters of detection method, methodology used and details of the measurement equipment. Using the Fluxgate device attached to non-magnetic theodolite and proton magnetometer measured variations of the geomagnetic field in Žiežmariai – secular variation point. Measurement data were processed and reduced using annual values from nearby observatories. Long-term geomagnetic field variations were estimated from Žiežmariai, Belskas, Helis, Nurmijarvi, Upssala observation points simultaneously. There were computerised procedures developed in here for processing and reduction in magnetic declination and inclination data and its reduction with the data from nearby observatories.

The work consists introduction, four chapters, conclusions, list of references

The work includes: 63 pages of text, 44 figures, 22 tables, 29 references

Keywords: geomagnetic field parameters, declination, inclination, intensity, secular variations, geomagnetic observatories

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Rajmundas Czaplis, 20083868

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Geodezija ir kartografija, GISmf-12

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2014 m. gegužės 24 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Geomagnetinio lauko parametrų ir jų amžiaus variacijų tyrimas“ patvirtintas 2012 m. lapkričio 8 d. dekanų potvarkiu Nr. 349ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas doc. dr. Romuald Obuchovski.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

Rajmundas Czaplis

(Vardas ir pavardė)

(the document of Declaration of Authorship in the Final Degree Paper)

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Rajmundas Czaplis, 20083868

(Student's given name, family name, certificate number)

Faculty of Environmental Engineering

(Faculty)

Geodesy and Cartography, GISmf-12

(Study programme, academic group no.)

**DECLARATION OF AUTHORSHIP
IN THE FINAL DEGREE PAPER**

May 24, 2014

I declare that my Final Degree Paper entitled „Research on Geomagnetic Fields Parameters and it's Secular Variations“ is entirely my own work. The title was confirmed on November 8, 2012 by Faculty Dean's order No. 349ap. I have clearly signalled the presence of quoted or paraphrased material and referenced all sources.

The academic supervisor of my Final Degree Paper is Assoc Prof Dr Romuald Obuchovski.
No contribution of any other person was obtained, nor did I buy my Final Degree Paper.

(Signature)

Rajmundas Czaplis

(Given name, family name)

TURINYS

ĮVADAS	12
1. ŽEMĖS MAGNETINIS LAUKAS IR JO SVARBA	14
1.1 LITERATŪROS ŠALTINIŲ APŽVALGA	14
1.2 GEOMAGNETINIS LAUKAS IR JO PARAMETRAI.....	16
1.3 GEOMAGNETINIO LAUKO VARIACIJOS	21
1.4 GEOMAGNETINIO LAUKO MATAVIMUI NAUDOJAMI PRIETAISAI IR MATAVIMŲ PROCEDŪRA.....	23
2. MATAVIMO DUOMENŲ KITIMO PUNKTE IR KAIMYNINĖSE OBSERVATORIJOSE TYRIMAS	31
3. GEOMAGNETINIO LAUKO AMŽIŲ VARIACIJŲ NUSTATYMAS IR ANALIZĖ AMŽIŲ VARIACIJŲ TYRIMŲ PUNKTE ŽIEŽMARIAI	47
4. MATAVIMO DUOMENŲ REDUKAVIMAS PANAUDOJUS KOMPIUTERINES PROCEDŪRAS.....	52
IŠVADOS	60
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	61
PRIEDAI	64
PRIEDAS NR. 1. PRANEŠIMAS RESPUBLIKINĖJE KONFERENCIJOJE „MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS“ „CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA“.....	65
PRIEDAS NR. 2. DEKLINACIJOS MATAVIMŲ ŽURNALAS	66
PRIEDAS NR. 3. INKLINACIJOS MATAVIMŲ ŽURNALAS	68
PRIEDAS NR.4. PROGRAMOS „DEKLINACIJOS SKAIČIAVIMAS“ TEKSTAS.....	70
PRIEDAS NR.5. PROGRAMOS „INKLINACIJOS SKAIČIAVIMAS“ TEKSTAS.....	76

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1 lentelė.** Protoninio magnetometro Envi Pro techninė charakteristika
- 2.1 lentelė.** Krypčių į vizavimo objektus astronominis azimutas (2014 m.)
- 2.2 lentelė.** Deklinacijos reikšmės punkte ir observatorijose tuo pačiu laiko momentu
- 2.3 lentelė.** Žiežmarių punkto 2014 m. deklinacijos matavimų redukavimas
- 2.4 lentelė.** 2014 m. deklinacijos vidutinės kvadratinės paklaidos gautos pagal atskiras observatorijas
- 2.5 lentelė.** Inklinacijos reikšmės punkte ir observatorijose tuo pačiu laiko momentu
- 2.6 lentelė.** Žiežmarių punkto 2014 m. inklinacijos matavimų redukavimas
- 2.7 lentelė.** 2014 m. inklinacijos vidutinės kvadratinės paklaidos gautos pagal atskiras observatorijas
- 2.8 lentelė.** Koreliacijos koeficientų reikšmės
- 2.9 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės prognozavimas Belsko observatorijoje
- 2.10 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės prognozavimas Helio observatorijoje
- 2.11 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės prognozavimas Nurmijarvi observatorijoje
- 2.12 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės prognozavimas Uppsala observatorijoje
- 2.13 lentelė.** Skirtumai tarp deklinacijos vidutinių metinių reikšmių observatorijose
- 2.14 lentelė.** Skirtumai tarp inklinacijos vidutinių metinių reikšmių observatorijose
- 2.15 lentelė.** Skirtumai tarp geomagnetinio intensyvumo vidutinių metinių reikšmių observatorijose
- 2.16 lentelė.** Prognozuojamos 2014.5 epochos geomagnetinio lauko parametrų vertės Žiežmarių punkte
- 3.1 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų verčių skirtumai
- 3.2 lentelė.** Vidutinės metinės parametrų vertės Belsko observatorijoje
- 3.3 lentelė.** Vidutinės metinės parametrų vertės amžių variacijų tyrimų punkte Žiežmariai
- 3.4 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijos punkte Žiežmariai
- 3.5 lentelė.** Geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijos observatorijoje Belske

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1 pav.** Schematiškai pavaizduotos Žemės magnetinio lauko linijos
- 1.2 pav.** Parametrai apibrėžiantys Žemės magnetinį lauką
- 1.3 pav.** Geomagnetinės inklinacijos izolinijų žemėlapis
- 1.4 pav.** Ryšys tarp tikrojo (astronominio) ir magnetinio azimutų
- 1.5 pav.** Vakarinė magnetinė deklinacija
- 1.6 pav.** Rytinė magnetinė deklinacija
- 1.7 pav.** Geomagnetinio lauko deklinacijos žemėlapis
- 1.8 pav.** Geomagnetinio lauko indukcijos žemėlapis
- 1.9 pav.** Saulės vėjas ir Žemės magnetosfera
- 1.10 pav.** Geomagnetinių observatorijų žemėlapis
- 1.11 pav.** Nemagnetinis teodolitas su Fluxgate davikliu
- 1.12 pav.** Fluxgate daviklio imtuvas
- 1.13 pav.** Protoninis EnviPro magnetometras
- 1.14 pav.** Teodolito žiūrono padėtys deklinacijos matavimo metu
- 1.15 pav.** Teodolito žiūrono padėtys inklinacijos matavimo metu
- 1.16 pav.** Geomagnetinio intensyvumo nukrautų duomenų *.prn formatu pavyzdys
- 2.1 pav.** Astronominio azimuto matavimų žurnalas
- 2.2 pav.** Krypties į šiaurę horizontaliojo limbo atskaitos skaičiavimas
- 2.3 pav.** Deklinacijos matavimų žurnalo pavyzdys
- 2.4 pav.** Inklinacijos matavimų žurnalo pavyzdys
- 2.5 pav.** Deklinacijos kitimas laiko momente t
- 2.6 pav.** Deklinacijos skirtumai tarp punkto ir observatorijų
- 2.7 pav.** Inklinacijos kitimas laiko momente t
- 2.8 pav.** Inklinacijos skirtumai tarp punkto ir observatorijų
- 2.9 pav.** Geomagnetinės indukcijos kitimas punkte Žiežmariuose bei observatorijose
- 2.10 pav.** Skirtumas ΔF tarp punkto ir pasirinktų observatorijų
- 2.11 pav.** Deklinacijos vidutinių metinių verčių skirtumų kitimas observatorijose
- 2.12 pav.** Inklinacijos vidutinių metinių verčių skirtumų kitimas observatorijose
- 2.13 pav.** Geomagnetinio intensyvumo vidutinių metinių verčių skirtumų kitimas observatorijose
- 3.1 pav.** Deklinacijos verčių skirtumai
- 3.2 pav.** Inklinacijos verčių skirtumai
- 3.3 pav.** Geomagnetinės indukcijos verčių skirtumai

- 3.4 pav.** Deklinacijos variacijos
- 3.5 pav.** Inklinacijos variacijos
- 3.6 pav.** Geomagnetinės indukcijos variacijos
- 4.1 pav.** Internetinio puslapio langas geomagnetinės observatorijos duomenis parsisiųsti
- 4.2 pav.** Duomenų bylos *.txt formatu pavyzdys
- 4.3 pav.** Deklinacijos matavimo duomenų įvedimas
- 4.4 pav.** Inklinacijos matavimo duomenų įvedimas
- 4.5 pav.** Deklinacijos rezultatų langas
- 4.6 pav.** Inklinacijos rezultatų langas
- 4.7 pav.** Observatorijos duomenų pasirinkimo langas
- 4.8 pav.** Deklinacijos skaičiavimo rezultatų langas
- 4.9 pav.** Inklinacijos skaičiavimo rezultatų langas

IVADAS

Darbo aktualumas. Geomagnetinis laukas egzistuoja milijonus metų, tačiau jo tyrimas vis dar vyksta. Taip yra, nes Žemės magnetinis laukas nėra pastovus, jis nuolat kinta dėl Žemės plutos ir jos viršutinių sluoksnių charakteristikų pokyčio, Žemės gelmėse vykstančių procesų. Pokyčiams įvertinti atliekami tikslūs periodiniai matavimai. Vienuose Žemės paviršiaus taškuose kitimas būna didesnis, kituose mažesnis. Geomagnetinio lauko parametrai nuolat matuojami geomagnetinėse observatorijose, o taip pat amžių variacijų tyrimo punktuose. Matavimus punktuose tikslinga atlikti kas 2 metai. Norint nustatyti tam tikros epochos geomagnetinio lauko parametrus, būtina detali informacija apie geomagnetinį lauką ir jo kitimą.

Išmatuotus geomagnetinio lauko parametrų duomenis būtina apdoroti bei atlikti redukavimą. Galutinis matavimų rezultatas panaudojamas kuriant aeronavigacinius žemėlapius, geofizikoje, naudingųjų iškasenų paieškoje. Visiems šiems darbams būtini atnaujinti duomenys apie geomagnetinio lauko parametrus bei jų amžių variacijas.

Lietuvos teritorijoje nėra geomagnetinės observatorijos, tai išmatuotus duomenis būtina redukuoti pagal kaimynines observatorijas. Tikslinga ištirti, kurios observatorijos labiausiai atitinka geomagnetinio lauko kitimą Lietuvoje.

Darbo tikslas. Nustatyti geomagnetinio lauko parametrus ir jų kitimą amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai.

Darbo uždaviniai:

- išmatuoti geomagnetinio lauko parametrus amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai;
- redukuoti gautus duomenis į vidutinės metinės vertes pagal skirtingas geomagnetines observatorijas;
- atlikti periodinių geomagnetinio lauko variacijų tyrimą;
- deklinacijos ir inklinacijos matavimo duomenų apdorojimui parašyti kompiuterinę programą.

Tyrimų objektas. Lietuvos amžių variacijų tyrimo punktas Žiežmariai.

Tyrimų metodika. Teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai. Panaudoti antžeminius metodus išmatuoti geomagnetinio lauko parametrai amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai 1999-2014 metais ir ištaisai matuojami duomenys iš geomagnetinių observatorių.

Mokslinis naujumas. Amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai nustatyti geomagnetinio lauko parametrus epochai 2014,5, įvertinti amžių variacijas tam punktui.

Praktinė mokslinio darbo svarba, jo pritaikomumas. Sudaryta kompiuterinė programa greitam duomenų redukavimui.

Baigiamojo darbo tematika skelbtos publikacijos ir pranešimai konferencijose. Darbo tema skaitytas pranešimas mokslinėje konferencijoje „Civilinė inžinerija ir geodezija 2013“. Pranešimo tema „Geomagnetinis laukas ir jo kitimas“ (Priedas Nr. 1).

Darbo apimtis ir struktūra. Baigiamąjį darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, išvados, literatūros šaltinių sąrašas ir priedai. Bendra darbo apimtis – 63 puslapiai, 44 iliustracijos, 22 lentelės, 5 priedai.

1. ŽEMĖS MAGNETINIS LAUKAS IR JO SVARBA

Skyriuje analizuoti literatūros šaltiniai, susiję su geomagnetinio lauko parametrų ir jų amžių variacijų nustatymo problemomis. Išnagrinėtos geomagnetinio lauko susidarymo bei kitimo priežastys. Darbe aptartos geomagnetinio lauko variacijų rūšys bei atsiradimo priežastys. Detaliau aprašyti geomagnetinio lauko parametrų matavimai geomagnetinėse observatorijose ir amžių variacijų tyrimo punktuose.

1.1 LITERATŪROS ŠALTINIŲ APŽVALGA

Norint pažinti geomagnetinio lauko atsiradimo priežastis, aptarti jį aprašančius parametrus bei įvertinti amžių variacijų tyrimo būtinumą, atlikta literatūros šaltinių analizė. Apžvelgti moksliniai straipsniai, knygos bei kita naudinga literatūra.

Geomagnetinis laukas nėra pastovus ir kinta visuose žemės taškuose nevienodai, todėl jo nustatymas reikalauja atlikti sudėtingus geofizinius, geodezinius, geodinaminius ir geologinius tyrimus. Mokslui vystantis atsiranda vis daugiau galimybių jį tirti, analizuoti, įvertinti jo kitimą visame pasaulyje. Amžių variacijų kitimas yra lėtas procesas, reikalaujantis kokybiškų periodinių matavimų.

Geomagnetinio lauko tyrimo ištakos siejamos su 2000 metais prieš Kristų, Kinija (Wahler 1999). Kinai išrado kompasą ir atrado deklinacijos sąvoką, kuri reiškia - kampas tarp geografinės ir magnetinės šiaurės. 1634 metais Gellibrandas kelis kartus matuodamas Grinvičą pastebėjo, kad geomagnetinis laukas pastoviai kinta laikui bėgant. Šį pokytį jis pavadino amžių variacijomis. Dauguma tyrinėtojų ankstesniais metais matavo deklinaciją, o netrukus ir inklinacijos (kampas tarp laisvai pakibusio magneto ir horizonto) matavimai tapo norma. Autorius mini taip pat, kad 1820 m. Gausas išrado metodą kaip išmatuoti geomagnetinę indukciją.

Geomagnetinių reiškinių susidarymo priežastis nagrinėja Jankowski B.M. (Jankowski 1958). Autorius tyrinėja, kas sukelia magnetinius reiškinius. Nustatė, kad geomagnetinio lauko kitimas priklauso nuo geomagnetinio lauko kilmės. Tuo norima pasakyti, kad Žemė nėra paprastas magnetas, tačiau elektromagnetas – elektros srovės plaukiančios jos metaliniame branduolyje sukuria magnetinį lauką.

Daugelis tyrėjų nagrinėja geomagnetinio lauko parametrų matavimo metodus panaudojus šiuolaikinius prietaisus (Welker 2014). Autorė nagrinėja geomagnetinio lauko ypatumus, teigdama, kad jie suteikia galimybę orientuotis erdvėje. Welker savo knygoje iškelia amžių

variacijų tyrimo punktų klausimą, pabrėždama tinkamą punktų išsidėstymą. Tam tikslui autorė pateikia tyrimo punktų įrengimo procedūras, pradedant planavimu, baigiant matavimais punkte ir duomenų apdorojimu. Apžvelgti matavimams naudojami prietaisai, matavimo procedūros bei metodika. Rezultate atlikti geomagnetinio lauko parametrų matavimai ir prieita išvados, kad redukuojant duomenis gautus iš punktų nutolusių 200-300 km nuo observatorijos galima tiesiogiai panaudoti magnetometrą iš observatorijos ir tai neiškraipys parametro reikšmių punkte.

Dabartinius geomagnetinio lauko tyrimus Lietuvos teritorijoje nagrinėja VGTU Geodezijos Institutas (Obuchovski et al 2008). Darbe apžvelgiamas tyrimų atlikimo svarbumas, duomenų panaudojimas, bei tikslas, kuriuo buvo 1999 m. įrengti Lietuvos teritorijoje šeši amžių variacijų tyrimo punktai. Aprašomi tyrimuose naudoti prietaisai bei matavimų specifika panaudoti 1999, 2001 bei 2004 metais. Nustatytos deklinacijos reikšmės tyrimą atliktais metais, bei prieita išvados, kad tinkamiausia rezultatus redukuoti pagal Belsko observatoriją.

Magnetinės deklinacijos nustatymui būtina žinoti astronominį azimutą (Petroškevičius et al. 2006). Dienovidinio krypčiai gauti nagrinėjamas astronominio azimuto nustatymas pagal valandinį kampą metodas. Darbo autoriai nagrinėja šio metodo galimybes, kai krypties astronominį azimutą siekiama nustatyti 10'' ar didesniu tikslumu. Remiantis gautais tyrimų rezultatais galima pasirinkti tinkamiausią laiką krypties astronominiam azimutui, o kartu ir astronominio dienovidinio krypčiai nustatyti, atsižvelgiant į žinomas parametrų paklaidas, punkto platumą ir metų laiką.

Geomagnetinio lauko parametrai: geomagnetinė indukcija ir jos dedamosios stačiakampėje koordinačių sistemoje yra tiriamos laike ir erdvėje (Skeivalas et al. 2008). Panaudojus Belsko ir Helio magnetinių observatorių Lenkijoje duomenis atliktas geomagnetinio lauko parametrų koreliacijos nustatymas. Laiko ir erdvės veiksniai buvo panaudoti, kad įvertintai kaip geomagnetinio lauko parametrų kovariacijos įtakoja geomagnetinio intensyvumo kovariacijos pokyčius. Autoriai priėjo išvados, kad magnetinio lauko parametrų reikšmės labai stipriai priklauso nuo geomagnetinio lauko sūkurių ir matavimo klaidų.

Geomagnetinių observatorių situaciją Europoje bei amžių variacijų tyrimo punktuose Lietuvoje savo straipsnyje nagrinėja Būga A. ir kt. (Būga et al. 2004). Autorius nagrinėja priežastis, dėl kurių yra sudaromi/atnaujinami magnetiniai žemėlapiai. Gauti rezultatai panaudoti Lietuvos magnetiniams žemėlapiams atnaujinti. Prieita išvados, kad neužtenka tirti deklinacijos vienam punkte, o reikia tai daryti keliuose, daryti tai periodiškai, kaupti duomenis, juos analizuoti.

Geomagnetinio lauko parametrų kitimas ir to kitimo priežastys tai labai svarbi ir aktuali tema (Obuchovski 2006). Daktaro disertacijoje įvertintos geomagnetinio lauko rodiklių amžių

variacijos Lietuvos teorijoje esančiuose tyrimo punktuose. Apdorojus gautus duomenis ir atlikus jų analizę priimta išvada, kad tinkamiausia geomagnetinė observatorija jiems redukuoti yra Belsko. Naudojant kaimyninių observatorių duomenis atnaujintas deklinacijos žemėlapis. Atnaujinto žemėlapio deklinacijos paklaidos amžių variacijų tyrimo punktuose neviršija 1° .

1.2 GEOMAGNETINIS LAUKAS IR JO PARAMETRAI

Problemomis, susijusiomis su Žemės magnetinio lauko tyrimu bei rezultatų panaudojimu praktiniuose uždaviniuose nagrinėja geofizikai, geologai bei geodezininkai. Geofizikai bei geologai tyrimų duomenis panaudoja Žemės sandaros pažinimui, tiriant geofizinius reiškinius, vykstančius Žemės viduje, taip pat naudingųjų iškasenų paieškose. Geodezininkai tiria geomagnetinį lauką labiau orientuotą navigaciniams tikslams. Žemės magnetinio lauko parametrai naudojami orientuojantis erdvėje, taip pat civilinėje ir karinėje topografijoje, oro ir vandens navigacijoje ir kt. (Welker 1993).

Tiriant geomagnetinį lauką, atestuojant bei kalibruojant įvairius magnetinius prietaisus, naudojamos procedūros, kuriose atsižvelgiama į to lauko savybes bei parametrus. Žemės rutulį galima prilyginti dideliui magnetui su dviem poliais (šiaurės ir pietų), kuriančiam magnetinį lauką, kurio formą vaizduoja to lauko jėgos linijos. Magnetinis laukas tęsiasi net iki keliasdešimt tūkstančių kilometrų virš Žemės paviršiaus, o plotas, kuriame jis yra, vadinamas žemės magnetosfera (Welker 2013).

Magnetinį lauką, kurio ašis pakrypusi į Žemės sukimosi ašį apie $11,5^\circ$ kampą, manoma, kad sukuria judantys elektros krūviai arba magnetiniai dipoliai. Dėl šio pokrypio geomagnetiniai poliai nesutampa su geografiniais ašigaliais. Žemei sukantis aplink savo ašį, jos mantija su kietąja pluta, slysdamos išorinio branduolio skystuoju sluoksniu, sukasi šiek tiek greičiau negu vidinis branduolys, todėl branduolio elektronai juda mantijos ir plutos elektronų atžvilgiu. Šis elektronų judėjimas sukuria gamtinį srovės generatorių, kuris ir sukuria magnetinį lauką. Žemės paviršiaus ir magnetinio lauko ašies susikirtimo taškai vadinami geomagnetiniais poliais (Wienert 1970). Yra du Žemės magnetiniai poliai: šiaurės ir pietų. Geomagnetinio lauko jėgų linijos eina skleistine iš pietinio magnetinio poliaus ir sueina į šiaurinį magnetinį polį. Geomagnetinio lauko jėgų linijos pavaizduotos 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Schematiškai pavaizduotos Žemės magnetinio lauko linijos (<http://www.school-for-champions.com> 2009)

Šiaurės magnetinis polius – tai taškas, kuriame Žemės magnetinis polius sudaro su jos plokštuma 90° kampą. Magnetinė šiaurė – tai kryptis, kurią rodo magnetinis kompasas. Pietų magnetinis polius yra taškas, kuriame geomagnetinio lauko linijos vertikalčiai kerta Žemės paviršių (<http://en.wikipedia.org> 2014).

Pietų magnetinis polius – tai taškas pietiniame Žemės pusrutulyje, kuriame geomagnetinio lauko linijos nukreiptos vertikalčiai aukštyn (<http://en.wikipedia.org> 2014).

Geomagnetinio lauko kilmė nėra visiškai ištirta ir patvirtinta. Analizuojant įvairių mokslininkų prielaidas, manoma, kad lauką sudaro:

- Branduolinis laukas, susidaręs išoriniame branduolio sluoksnyje, kurio didumas tarp 30000 nT ekvatoriuje ir iki 65000 nT poliuose;
- Litosferinis laukas, kurį sukuria magnetinės uolienos. Didumas siekia nuo dešimčių iki kelių šimtų nT, anomalinėse vietose pasiekia kelis tūkstančius nT;
- Išorinis laukas, kurį sudaro magnetosfera ir jonosfera. Laukas kinta nuo nT dalelės iki kelių tūkstančių nT, esant didelėms magnetinėms audroms;
- Elektromagnetškai sukeltas laukas, kurį sukuria srovės sukeltos plutoje ir viršutinėje mantijoje, dėl išorinio lauko kitimo laike (Mandea *et al.* 2004/2005).

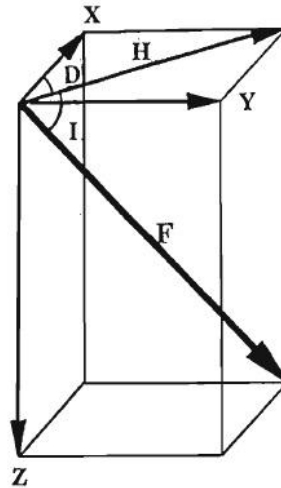
Siekiant pilnai išmatuoti geomagnetinį lauką, galima išmatuoti bent kuriuos tris parametrus, likusieji randami panaudojant ryšio formules. Matavimo metodo parinkimas priklauso nuo turimos matavimo įrangos. Galima matuoti geomagnetinio lauko intensyvumą ir du krypties kampus arba tris ortogonalios komponentus: X , Y , Z . Dažniausiai matuojama:

- deklinacija – dvisienis kampas D , tarp magnetinio ir astronominio dienovidinių. Magnetinio dienovidinio plokštuma eina per stebėjimo vietos Žemės paviršiuje vertikalę ir lygiagrečiai linijai jungiančiai Žemės magnetinius polius;

- Inklinacija – kampas, kurį sudaro magnetinės indukcijos vektorius su horizontaliaja plokštuma.

Ortogonalūs komponentai tai: X – šiaurinė dedamoji, Y – rytinė dedamoji ir Z – vertikali dedamoji. Geomagnetinio lauko intensyvumo matavimo vienetas SI sistemoje yra niutonas amperui metrui – $N/(A \cdot m)$ ir vadinamas tesla (T). Dar galima išreikšti Gausais ($1 \text{ Gauss} = 100,000 \text{ nT} = 100,000 \gamma$).

Geomagnetinį lauką aprašantys parametrai pateikti 1.2 paveiksle.



1.2 pav. Parametrai apibūdinantys Žemės magnetinį lauką

čia: X – vektoriaus F šiaurinė dedamoji; Y – vektoriaus F rytinė dedamoji; Z – vertikali vektoriaus F dedamoji; H – horizontalioji vektoriaus F dedamoji; D – magnetinė deklinacija; I – magnetinė inklinacija; F – geomagnetinė indukcija.

Ryšys tarp visų dedamųjų nusakomas šiomis formulėmis (<http://geomag.nrcan.gc.ca> 2014):

$$F^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = H^2 + Z^2 \quad (1.1)$$

$$H^2 = X^2 + Y^2 \quad (1.2)$$

$$X = H \cos D \quad (1.3)$$

$$Y = H \sin D = X \tan D \quad (1.4)$$

$$Z = F \sin I = H \tan I \quad (1.5)$$

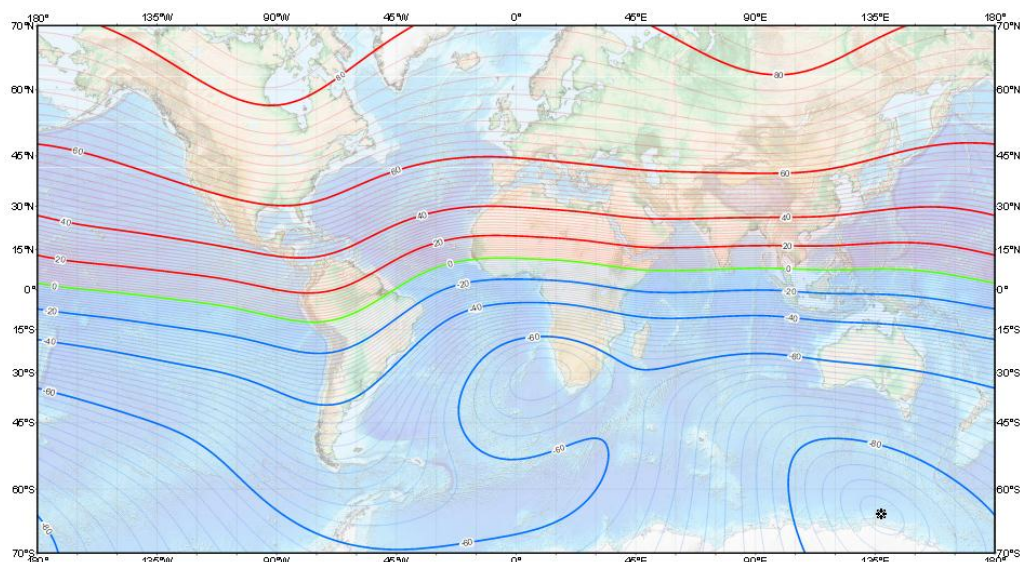
$$D = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (1.6)$$

$$I = \arctan\left(\frac{Z}{H}\right) \quad (1.7)$$

Inklinacija – tai kampas, kuris gali kisti 90° ribose į šiaurę ir į pietus. Artėjant prie magnetinio poliaus viena iš kompas rodyklių bus nukreipta žemyn. Tarp magnetinių polių yra vieta, vadinama magnetiniu pusiauju, kuriame inklinacijos kampas lygus nuliui; magnetinio

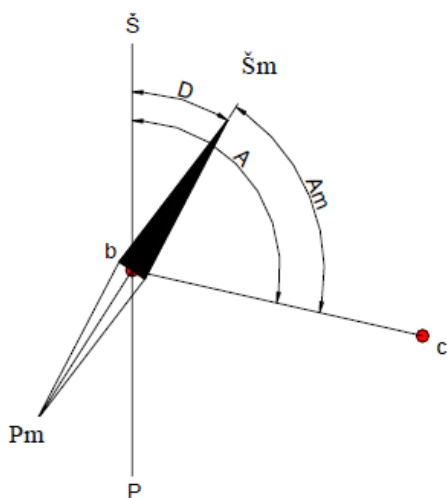
lauko vektorius neturi toje vietoje vertikaliosios dedamosios Z . Į šiaurę nuo magnetinio pusiaujo inlinacija I ir dedamoji Z yra teigiamos, į pietus, abi neigiamos. (Janowski 1958).

Inklinacija gali būti matuojama su inklinometru ir nemagnetiniu teodolitu su Fluxgate davikliu. 1.3 paveiksle pateiktas žemėlapis, kuriame izoklinomis vaizduojamos geomagnetinio lauko inklinacijos didumas 2010 m.



1.3 pav. Geomagnetinės inklinacijos izolinijų žemėlapis (<http://www.ngdc.noaa.gov>, 2014)

Magnetinė šiaurė ir tikroji šiaurė nesutampa (1.4 pav.). Skirtumas tarp tikrosios šiaurės ir magnetinės šiaurės yra skirtingas kiekviename Žemės taške. Geomagnetinis laukas pastoviai kinta, dėl to, magnetinis šiaurės ašigalis keičia savo padėtį. Kampas tarp tikrosios ir magnetinės šiaurės yra vadinamas deklinacijos kampu. Deklinacijos kampas yra neigiamas, jei magnetinė šiaurė yra į vakarus nuo tikrosios šiaurės, o teigiama, jei magnetinė šiaurė yra į rytus nuo magnetinės šiaurės (1.5–1.6 pav.).



1.4 pav. Ryšys tarp tikrojo(astronominio) ir magnetinio azimutų

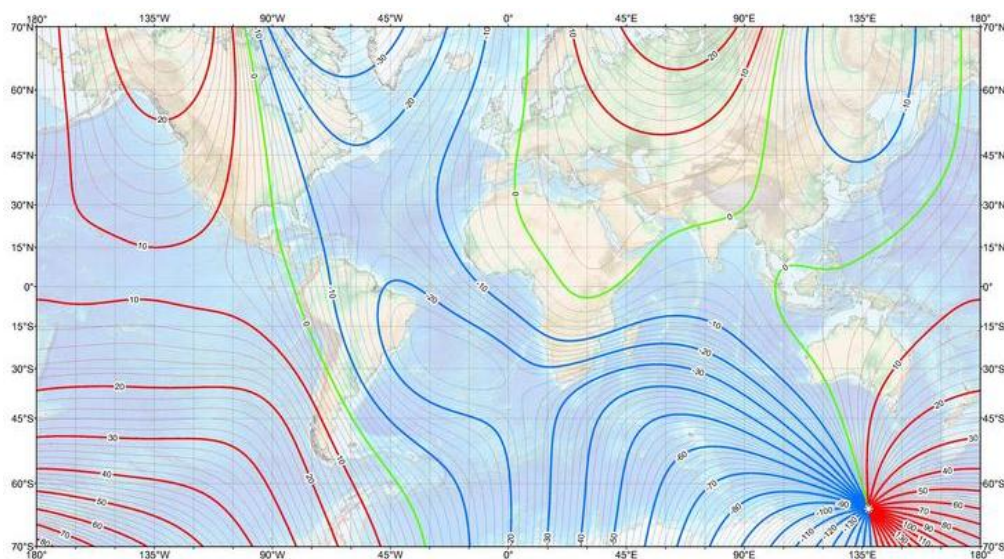


1.5 pav. Vakarinė magnetinė deklinacija



1.6 pav. Rytinė magnetinė deklinacija

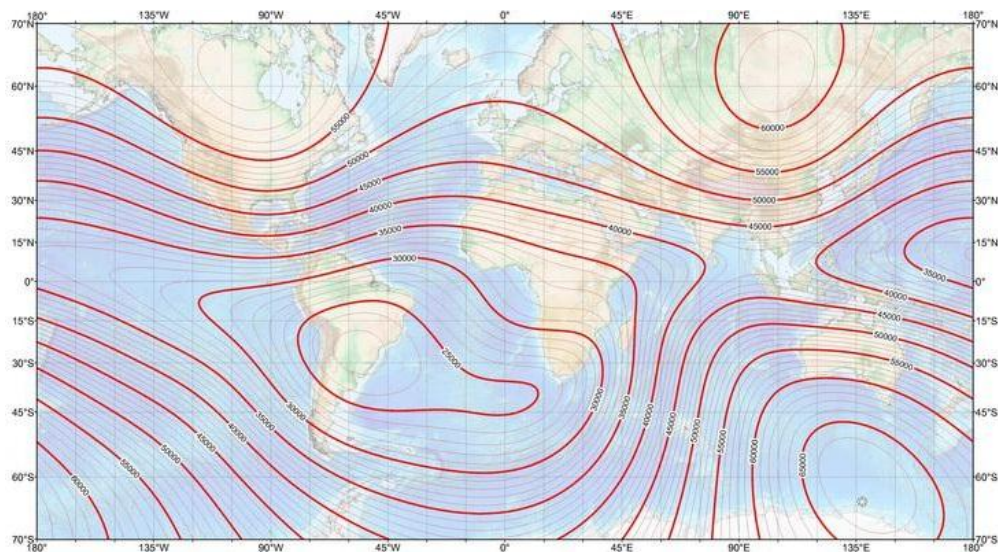
Informacija apie deklinaciją tam tikrame regione pateikiama žemėlapiuose. Deklinacija vaizduojama izogonomis (kontūras linijų, kuriame kiekviena linija atvaizduoja tam tikrą deklinacijos reikšmę). 1.7 paveiksle pateikta deklinacijos linijų išsidėstymas 2010 m.



1.7 pav. Geomagnetinio lauko deklinacijos žemėlapis (<http://www.ngdc.noaa.gov>, 2014)

Geomagnetinės indukcijos vektorius F , dar vadinamas pilnuoju indukcijos vektoriumi, nusako Žemės geomagnetinio lauko intensyvumą. (Wallace 2003). Šis parametras parodo, koks yra magnetinio lauko jėgos dydis bei kokia jo kryptis. Vektorių F galima pavaizduoti grafiškai stačiakampėje koordinatinių sistemoje, kurios pradžia sutapdinama su Žemės paviršiaus tašku O . Ašis X nukreipiama astronominio dienovidinio kryptimi į šiaurę, Y – horizonto plokštumoje į rytus. Trečioji Z ašis sutampa su vertikale ir nukreipta žemyn.

1.8 paveiksle pateikta geomagnetinės indukcijos izolinijų išsidėstymas 2010 metais. Linijos jungiančios vienodus geomagnetinės indukcijos F punktus vadinamos izodinamomis.



1.8 pav. Geomagnetinio lauko indukcijos žemėlapis (<http://www.ngdc.noaa.gov>, 2014)

Trys pagrindiniai geomagnetinio lauko parametrai plačiai naudojami geologijoje, ieškant naftos telkinių, naudingųjų iškasenų klodų (Tsvetkov *et al.* 1996).

Deklinacijos reikšmės reikalingos ir oro navigacijai, o konkrečiai aeronavigaciniuose žemėlapiuose. Magnetinė deklinacija oro uostuose turi būti išmatuota 1° tikslumu (Vaitkevičienė 2003).

Topografiniuose žemėlapiuose dažniausiai pateikiama geomagnetinė deklinacija, t.y. geomagnetinio dienovidinio nuokrypis nuo astronominio dienovidinio.

1.3 GEOMAGNETINIO LAUKO VARIACIJOS

Geomagnetinio lauko matavimai ir geologiniai tyrimai parodo, kad Žemės magnetinis laukas laikui bėgant nuolat keičiasi. Laiko variacijų trukmė gali būti nuo sekundės iki milijonų metų, gali būti periodinės ar atsitiktinės. Žemės magnetinio lauko laiko variacijos skirstomos į dvi pagrindines grupes: trumpalaikes ir ilgalaikes variacijas. Ilgalaikes variacijas sukelia Žemės vidus, tuo tarpu trumpalaikės susidaro dėl išorinio poveikio. Ilgalaikės variacijos 5 metų ar ilgesnio laikotarpio, vadinamos amžių variacijomis (Lanza *et al* 2006).

Ilgalaikės variacijos suteikia daug naudingos informacijos apie dinامينius procesus vykstančius Žemės branduolyje bei apie geomagnetinio lauko kilmę. Vienas iš pagrindinių ilgalaikių variacijų tyrimo tikslų yra patikslinti ir sukurti naują Žemės magnetinio lauko modelį. Taip pat pastovus ilgalaikių variacijų tyrimas užtikrina magnetinių diagramų atnaujinimą. Ilgalaikės variacijos yra gan sudėtingas reiškinys, ne iki galo ištirtas. Priimamos yra keturios atsiradimo priežastys:

- Pirma, tai skirtumas tarp Žemės vidinio branduolio ir mantijos apsisukimo. Pokyčiai atsirandantis dėl šio reiškinio apima visą Žemę ir yra vadinamos ilgalaikių variacijų planetarinėmis komponentėmis;
- Antra, tai konvekciniai sūkuriai viršutinėje branduolio dalyje. Jie įtakoja didelių magnetinių anomalijų atsiradimą. Didelis konvekcinių sūkurių intensyvumas, jų judėjimas ir poslinkis Žemės viduje, sukelia pokyčius, kurie sutampa su planetarinėmis amžių variacijomis ir sukuria amžių variacijų foną žemės paviršiuje. Vienas iš amžių variacijų pavyzdžių, kurį sukėlė šios priežastys yra Žemės magnetinių polių judėjimas;
- Trečia amžių variacijų atsiradimo priežastis, tai pokyčiai, kuriuos sukelia reiškiniai vykstantys žemės plutoje ar tiesiogiai po ja (įmagnetinimo pokyčiai);
- Ketvirta priežastis, tai išorinio magnetinio lauko poveikis. Žemė kai ir viršutiniai jos atmosferos sluoksniai yra gerais elektros laidininkais (Welker 2013).

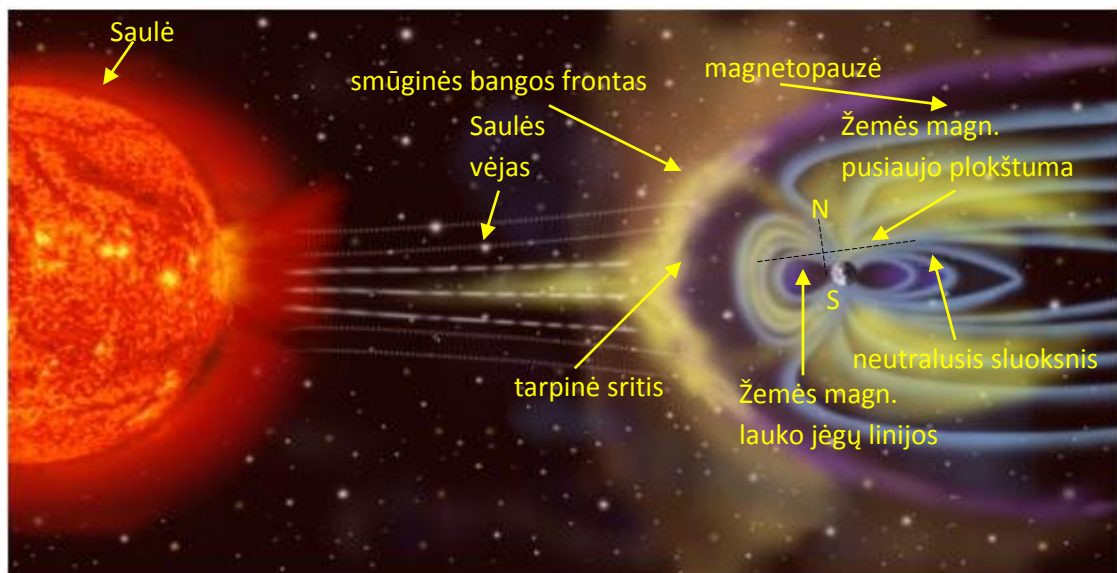
Trumpalaikės variacijos skirstomos į reguliarias variacijas, kurias sukelia orbitų ar dangaus kūnų judėjimas ir įvairias neregulias variacijas. Trumpalaikės variacijos geomagnetiniame lauke susijusios su pokyčiais išoriniame lauke, kur Saulė yra labiausiai įtakojantis faktorius. Trumpalaikės variacijos gali būti sekundės ar ilgesnio laikotarpio, tačiau jų trukmė ne ilgesnė kaip vieneri metai. Jos daugiausiai atsiranda magnetosferoje ir jonosferoje, taip pat ir indukuotų srovių Žemės plutoje ir vandenynuose. Dėl savo intensyvumo trumpalaikės variacijos priimamos kaip labai aiškūs magnetinių observatorijų duomenys. Tuo metu, kai geomagnetinio lauko parametrų kryptis ir intensyvumas nuolat keičiasi, galima sakyti, kad laukas yra magnetiškai aktyvus (Gunnarsdóttir 2012).

Neregulios geomagnetinio lauko variacijos tai sąveika tarp magnetinio lauko, Saulės, vėjo ir magnetosferos. Staigūs ir pasikartojantys pokyčiai magnetosferoje vadinami geomagnetinėmis audromis. Šie sutrikimai gali sukelti nuo 1 nT iki 1000 nT variacijas ir įtakoti visus magnetinio lauko elementus: Z , H , D . Saulė nuolat spinduliuoja jonizuotas dujas, kurios vadinamos saulės vėju. Jis visada nukreiptas nuo Saulės, tačiau dėl kintančio saulės aktyvumo, keičiasi jo greitis. Magnetinės audros atsiranda kai dideli kiekiai energijos yra pernešami iš Saulės vėjo į magnetosferą. Geomagnetinio lauko audrų dažnumas priklauso nuo Saulės aktyvumo (De Michelis 2000).

Saulės vėją sukelia iš saulės transliuojamos elektros dalelės, kurios iškreipia geomagnetinio lauko linijas. Šio geomagnetinio lauko iškreipimo poveikis yra nedidelis netoli žemės paviršiaus ir didėja, didėjant atstumui iki Žemės. Saulės vėjas keliauja iš Saulės ir apgaubia geomagnetinį lauką. Dideli saulės vėjo energijos impulsai keliauja iš Saulės į Žemę su 500 mylių per sekundę greičiu. Impulsai iškreipia geomagnetinį lauką ir sukelia geomagnetines audras, kurios naikina Žemės aplinką (<http://ilwsonline.org> 2014).

Pagal Žemės magnetinio lauko kitimo intensyvumą yra skirstomos „magnetiskai ramios“ ir magnetiskai audringos“ dienos ar kiti laiko tarpai. Magnetinės audros pagal intensyvumą ir dažnumą labiausiai pasireiškia poliarinėse zonose. Magnetinės audros metu visoje Žemėje kinta geomagnetinių parametrų vertės. Tokios audros trunka nuo kelių valandų iki kelių parų (Blagoveshchenskaya *et al.* 1996).

Saulės vėjo poveikis Žemės magnetiniam laukui pavaizduotas 1.9 paveiksle.



1.9 pav. Saulės vėjas ir Žemės magnetosfera (<http://lt.wikipedia.org> 2014)

Reguliarios variacijos, kurios turi įtakos jonizacijai jonosferoje galima suskirstyti į keturias pagrindines klases:

- Dienos – dienos variacijos jonosferoje tai 24 valandų Žemės sukimosi apie savo ašį rezultatas;
- Sezoninės – sezoninės variacijos tai Žemės svyravimo apie Saulę rezultatas;
- Vienuolikos metų saulės ciklas – tai periodinė Saulės aktyvumo (įskaitant saulės radiacijos ir medžiagų išmetimo pokytį) ir išvaizdos (matomi pokyčiai saulės dėmių ir saulės švytėjimo atsiradimo skaičiuje) kaita. Vidutinė saulės ciklo trukmė apie 11 metų. Saulės variacija sukelia pokyčius kosminėje erdvėje ir Žemės klimate;
- Dvidešimt septynių dienų saulės dėmių ciklas – stebimas saulės dėmių skaičius, nustatomas vienų dėmių dingimas ir atsiradimas naujųjų. Saulei juda apie savo ašį, todėl saulės dėmės yra matomos 27 dienų intervale (per tiek laiko saulė vieną kartą pilnai apsisuka apie savo ašį) (Gunnarsdóttir 2012).

1.4 GEOMAGNETINIO LAUKO MATAVIMUI NAUDOJAMI PRIETAISAI IR MATAVIMŲ PROCEDŪRA

Žemės pagrindinis laukas yra ta lauko dalis, kurios pradžia branduolyje. Pokyčiai pagrindiniame lauke vadinami amžių variacijomis, kurios puikiai apibūdina lėtą variacijų pobūdį.

Amžių variacijų monitoringas yra svarbiausia magnetinių observatorijų užduotis. Tačiau metiniai pokyčiai yra maži, jų išdėstymo tankumas yra nepakankamas tiksliai amžių variacijų

nustatymui. Observatorijų nepakankamumui užpildyti yra įtvirtinami amžių variacijų tyrimo punktai.

Magnetinės observatorijos geomagnetinio lauko parametrus matuoja per ilgą laikotarpį. Geomagnetinė observatorija yra vieta, kurioje Žemės magnetinio lauko visi parametrai fiksuojami ir įrašomi kas viena minutė. Vieta observatorijai turi būti magnetiškai švari ir taip išlikti artimiausioje ateityje (Rasson 2001). Manoma, kad pasaulyje yra apie 180 veikiančių magnetinių observatorijų. Jų pasiskirstymas priklauso nuo gyvenamųjų teritorijų padėties, turimų lėšų, aprūpinimo energija. Šių poreikių rezultate observatorijų pasiskirstymas yra gana netolygus. 1.10 paveiksle matome, kad tankiau observatorijos išsidėstę Europos šalyse, o rečiau likusiuose pasaulio žemynuose.



1.10 pav. Geomagnetinių observatorijų žemėlapis (<http://www.staff.uni-bayreuth.de> 2014)

Observatorijoje daromi absoliutūs geomagnetinio lauko parametrų matavimai. Matavimo duomenys yra naudojami variometrų atskaitymo pagrindui nustatyti. Tokie matavimai yra atliekami observatorijos absoliutinėje stotyje. Absoliutinė stotis ir aplinka turi būti be jokio magnetinio užteršimo. Matavimo metu reikia pasirūpinti, kad nebūtų jokio sąlyčio su magnetiniais objektais. Turi būti išlaikytas saugus atstumas nuo kiekvieno objekto pagal jo poveikį magnetiniams matavimams. Stebėtojas turi patikrinti savo magnetinę švarą kiekvieną kartą prieš pradėdamas matuoti. Jeigu priartėjus prie prietaiso magnetometro duomenys pasikeičia daugiau kaip 2 nT, matuotojas negali vykdyti matavimų ir turi nusiimti nuo savęs

visus magnetiškai aktyvius daiktus, kurie įtakoja matavimo tikslumą. Atstumas, kuriame objektas turi mažesnę įtaką negu 0,2 nT gali būti laikomas saugiu atstumu (Jankowski *et al.* 1996).

Observatorijose esantys variometrai turi būti nuolat eksploatuojami ir teikti duomenis apie žemės magnetinio lauko parametrus su paklaida deklinacijai $\pm 1'$, vertikalijai dedamajai $\pm 0,0001$ Z ir $\pm 0,0001$ H horizontaliajai dedamajai (Jankowski 1958).

Žemės magnetinio lauko parametrų matavimui naudojami dviejų kategorijų instrumentai. Pirmajai kategorijai priskiriami variometrai, su kuriais išmatuojami X, Y ir Z parametrai. Prietaisai matuoja savarankiškai, jų duomenys reikalauja redukavimo priklausomai nuo gautos atskaitos bazės. Antra prietaisų kategorija apima tokius prietaisus, su kuriais galima atlikti žemės magnetinio lauko matavimus.

Plačiausiai naudojamų absoliučiuose geomagnetinio lauko parametrų matavimuose prietaisų komplektą sudaro:

- nemagnetinis teodolitas su *Fluxgate* davikliu (1.11 pav.), kuriuo galima išmatuoti deklinaciją *D*, inklinaciją *I*; Čia pagrindinis matuojamas vienetas yra kampas. *Fluxgate* daviklis, kuris pritvirtintas ant nemagnetinio teodolito žiūrono ir kabeliu sujungtas su imtuvu (1.12 pav.) yra naudojamas žiūrono padėčiai nustatyti kai jis yra statmenas magnetinio lauko linijoms. Atliekant matavimus kampai matuojami prie keturių žiūrono padėčių. Tokiu būdu panaikinama kolimacinės klaidos įtaka. Matuojant atskaitymai daromi esant sveikajai minutei.



1.11 pav. Nemagnetinis teodolitas su Fluxgate davikliu



1.12 pav. Fluxgate daviklio imtuvas (<http://www.mingeo.com/> 2014)

- protoninis magnetometras, kuriuo nustatomas magnetinės indukcijos F dydis (1.13 pav.). Prietaisas susideda iš valdymo konsolės (imtuvas, valdiklis, duomenų kaupiklis), daviklio, GPS imtuvo ir tvirtinimo gairės. Ant gairės pritvirtinami GPS imtuvas ir daviklis, kurie laidais sujungti su valdymo konsole. GPS suteikia galimybę pasirinkti B/L arba UTM koordinatinių sistemas ir tuo pačiu pagal GPS signalą sinchronizuoja laiką prietaise. Prietaiso techninė charakteristika pateikta 1.1 lentelėje.



1.13 pav. Protoninis EnviPro magnetometras

1.1 lentelė. Protoninio magnetometro Envi Pro techninė charakteristika

Matavimo ribos:	23,000-100,000 nT
Stoties absoliutus tikslumas:	± 1 nT
Jautrumas:	0,1 nT esant 2s matavimo režimui
Matavimo periodiškumas:	0,5s; 1s; 2s
“WALKMAG“ režimas:	Nuolatinis skaitymas, nuskaitymas kas 0,5s
Atmintis:	Stoties matavimai: 84,000 įrašų Gradiometriniai matavimai: 67,000 įrašai Bazės matavimai: 500,000 įrašų
Realaus laiko laikrodis:	1 sekundės rezoliucija; ± 1 sekundės stabilumas 12h arba GPS laikas
Maitinimas:	Pakraunama 2,9Ah baterija
Darbinė temperatūra:	-40°C iki 60°C
Matmenys ir svoriai:	Valdymo konsolė: 250mm x 152mm x 55mm / 2.8 kg su pakraunama baterija; Daviklis: 70mm x 175mm / 1 kg; Daviklio tvirtinimo gairė: 25mm x 2m / 0,8 kg.

Geomagnetinio lauko parametrai matuojami taip pat amžių variacijų tyrimų punktuose, atliekant antžeminius matavimus (nuotraukas, profilius) bei iš lėktuvų ar laivų.

Amžių variacijų punktai – tai vietovėje įtvirtinti punktai, kuriuose periodiškai, dažniausiai kas 2–4 metai, dideliu tikslumu išmatuojami geomagnetinio lauko parametrai. Pagrindinis jų tikslas nustatyti branduolio sukeltus magnetinio lauko pokyčius – ilgalaikius parametru pokyčius. Šie duomenys papildo magnetinių observatorijų duomenis apie amžių pokyčius (Obuchovski 2004).

Matavimai punkte pradedami nuo teodolito centravimo ir gulsčiavimo virš punkto. Esant teodolito vertikaliam skrituliui kairėje, *Fluxgate* davikliui viršuje, vizuojama paeiliui į du pasirinktus vizavimo objektus, atskaitomos, bei užrašomos atskaitos horizontaliajame limbe. Verikaliajame limbe nustatoma atskaita lygi 0°00'00". Žiūronas kreipiamas į vakarus ir stebimi magnetometro rodmenys. Horizontalaus skritulio mikrometrinis sraigtas sukamas tol, kol magnetometro rodmenys bus artimi nuliui. Stebimas laikrodis ir esant pilnai minutei fiksuojamas tikslus laikas bei atskaitoma horizontalaus skritulio atskaita. Atskaitymai surašomi į matavimų žurnalą. Žiūronas sukamas į rytus, tikrinama, ar vertikaliojo limbo atskaita nepakito. Pakartotinai stebimi magnetometro parodymai, fiksuojamas laikas bei atskaitoma horizontalaus skritulio atskaita. Žiūronas verčiamas per zenitą (daviklis apačioje, vertikalusis skritulys dešinėje) ir nustatoma vertikaliojo skritulio atskaita lygi 200 gonų. Teodolitas vėl nukreipiamas į rytus ir sukamas tol, kol magnetometro rodmenys bus artimi nuliui, esant pilnai minutei atskaitoma atskaita horizontaliajame limbe ir užrašoma matavimų žurnale. Prietaisas sukamas 180°, tikrinama ar atskaita vertikaliam limbe nepasikeitė, esant magnetometro

rodmenims arti nuliui fiksuojamas laikas, atskaitoma atskaita. Ruožto užbaigimui vizuojama į tuos pačius vizavimo objektus, atskaitomos bei į žurnalą įrašomos atskaitos horizontaliajame limbe. Žiūrono padėtys deklinacijos matavimo metu pateiktos 1.14 paveiksle.

Skaičiuojamas horizontalių atskaitų vidurkis β_v davikliui esant viršuje:

$$\beta_v = \frac{V_v + R_v}{2}; \quad (1.8)$$

čia, V_v – deklinacijos atskaita į vakarus, davikliui esant viršuje; R_v – deklinacijos atskaita į rytus, davikliui esant viršuje.

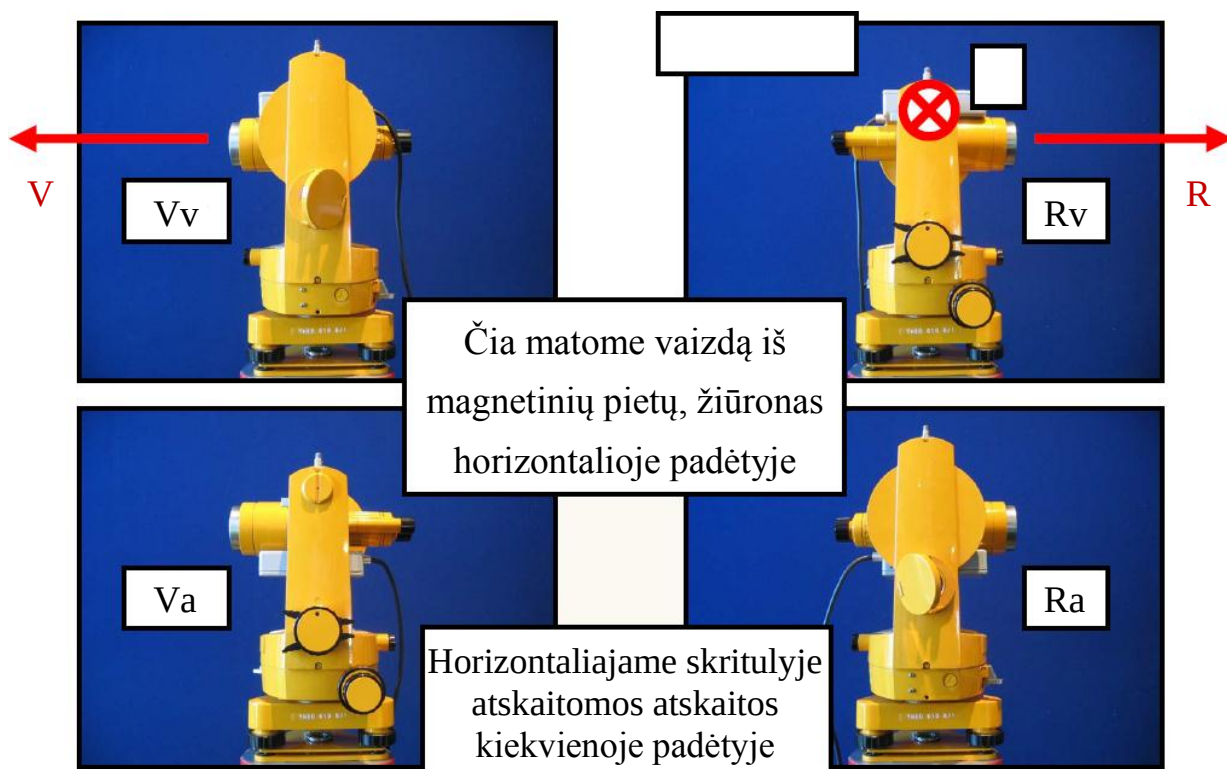
Skaičiuojamas horizontalių atskaitų vidurkis β_a davikliui esant apačioje:

$$\beta_a = \frac{V_a + R_a}{2}; \quad (1.9)$$

čia, V_a – deklinacijos atskaita į vakarus, davikliui esant apačioje; R_a – deklinacijos atskaita į rytus, davikliui esant apačioje.

Skaičiuojama vidutinė horizontaliojo skritulio atskaita β :

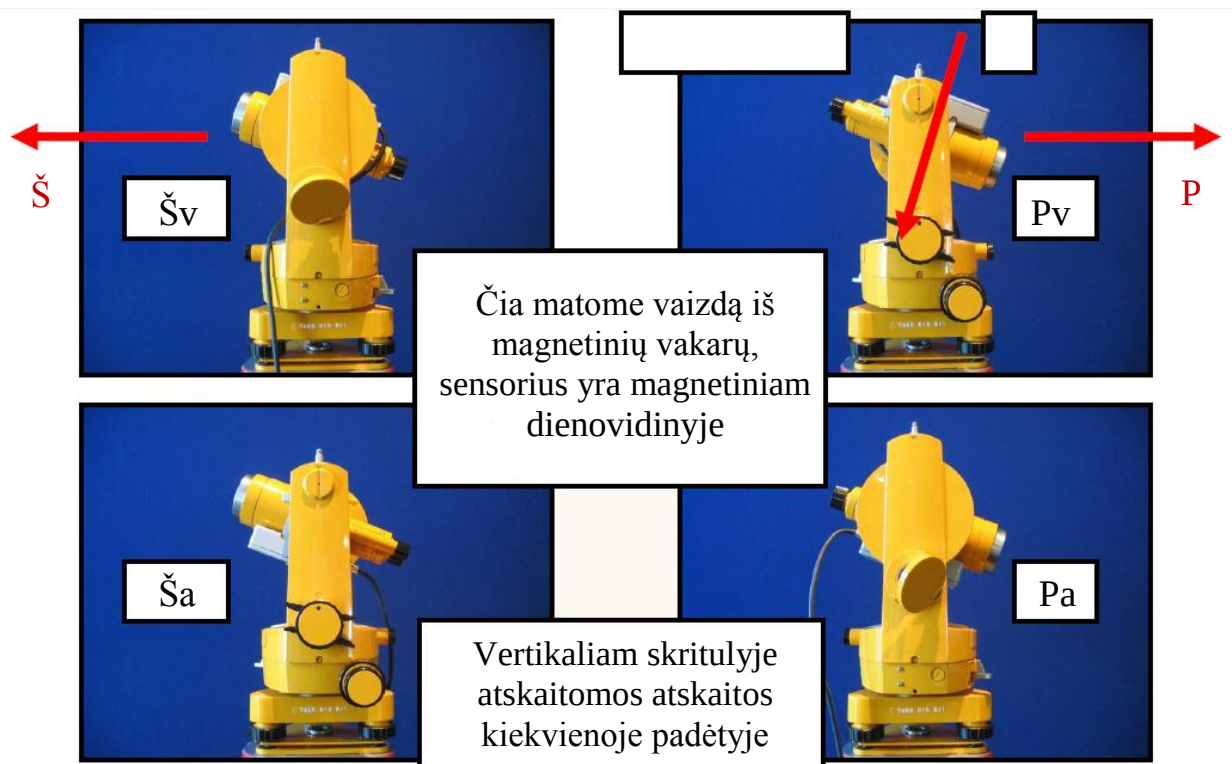
$$\beta = \frac{\beta_a + \beta_v}{2}; \quad (1.10)$$



1.14 pav. Teodolito žiūrono padėtys deklinacijos matavimo metu (<ftp://geosp-server.aquila.infn.it> 2008)

Inklinacijos matavimai pradedami, kai vertikaliojo skritulio pradinė padėtis – žiūrono kairėje, o daviklis viršuje. Nustatoma horizontaliojo skritulio atskaita lygi deklinacijos metu išmatuotai vidutinei horizontaliojo skritulio atskaitai β . Nustačius šią atskaitą, prietaisas suorientuotas į šiaurę. Žiūronas keliamas į viršų ar leidžiamas žemyn, kol magnetometro

parodymai bus artimi nuliui. Suradus tinkamą žiūrono padėtį, atskaitoma atskaita vertikaliojoje limbe, bei fiksuojamas laikas. Žiūronas verčiamas per zenitą – nukreipiamas į pietus (daviklis apačioje). Leidžiant žiūroną žemyn ar keliant į viršų ieškoma padėtis, kai magnetometro parodymai bus artimi nuliui. Su mikrometriniu sraigtu tiksliai privedama prie nulio, o pilnos minutės momentu atskaitoma atskaita, kuri įrašoma į žurnalą. Teodolitas sukamas 180° (daviklis apačioje), kol pasieks atskaitą lygią $\beta+200^\circ$ – žiūronas nukreipiamas į šiaurę. Atliekamos analogiškos žiūrono padėties paieškos, fiksuojamas laikas bei atskaitoma atskaita. Žiūronas sukamas per zenitą (daviklis viršuje) – nukreipiamas į pietus, o matavimo veiksmai kartojami. Visos atskaitos, bei jų atskaitymo laikas surašomi į matavimų žurnalą. Žiūrono padėties inklinacijos matavimo metu pateiktos 1.15 paveiksle.



1.15 pav. Teodolito žiūrono padėties inklinacijos matavimo metu (<ftp://geosp-server.aquila.infn.it> 2008)

Geomagnetinis intensyvumas matuojamas protoniniu magnetometru. Prietaisą sudaro daviklis (sonda), GPS imtuvas, valdiklis. Magnetometras matuoja bei duomenis įrašinėja automatiškai, pakanka tik įvesti matavimo būdą, atskaitymo laiko intervalą. Baigus matuoti atliekamas duomenų nukrovimas pasirinktinu formatu: *.xyz, *.xyz+, *.xyz++, *.prn. 1.16 paveiksle pateiktas nukrautų duomenų *.prn formatu pavyzdys. Viršutinę failiuko dalį sudaro bendra informacija: matavimų data, darbo pavadinimas, operatorius, matavimų intervalas. Apatinę failiuko dalis tai matavimo duomenys: platumas, ilguma, geomagnetinis intensyvumas (F), triukšmas, bei matavimo laikas.

```

/----- S C I N T R E X -----
/! Revision: 1.4
/! Date: 14/05/03
/! Job: 0
/! Operator:
/! Serial: 0
/! GPS_Intl: 1
/! BaseFld: 0
/! Duration: 2.0
/! Mag_Data: Lat/Lon/TotFld/Noise/Time/*=Uncor/Notes
/-----
54.7924004 24.3766842 50990.4 0.14 08:58:29 *
54.7924004 24.3766880 50990.3 0.14 08:58:32 *
54.7924004 24.3766842 50990.3 0.13 08:58:35 *
54.7924004 24.3766842 50990.2 0.13 08:58:38 *
54.7924004 24.3766842 50990.1 0.15 08:58:41 *
54.7924004 24.3766842 50990.3 0.13 08:58:44 *
54.7924004 24.3766842 50990.9 0.13 08:58:47 *
54.7924004 24.3766842 50987.2 0.13 08:58:50 *
54.7923927 24.3766880 50990.8 0.13 08:58:53 *
54.7923813 24.3766556 50989.8 0.13 08:58:56 *
54.7923660 24.3766308 50988.4 0.13 08:58:59 *
54.7923584 24.3766193 50988.6 0.14 08:59:02 *
54.7923584 24.3766232 50988.8 0.15 08:59:05 *
54.7923584 24.3766193 50989.0 0.17 08:59:08 *
54.7923584 24.3765945 50988.4 0.17 08:59:11 *
54.7923584 24.3765869 50987.9 0.17 08:59:14 *
54.7923584 24.3765755 50987.8 0.20 08:59:17 *
54.7923660 24.3765945 50989.5 0.17 08:59:20 *
54.7923584 24.3765793 50988.2 0.19 08:59:23 *
54.7923584 24.3765793 50988.9 0.15 08:59:26 *
54.7923584 24.3765793 50989.3 0.15 08:59:29 *
54.7923584 24.3765793 50989.0 0.14 08:59:32 *

```

1.16 pav. Geomagnetinio intensyvumo nukrautų duomenų *.prn formatu pavyzdys

Baigus matavimus atliekamas išmatuotų duomenų apdorojimas. Apdorojimas susideda iš tokių žingsnių:

- Įvedamos pataisos deklinacijos ir inklinacijos pokyčiui matavimo metu – atskaitų redukavimas į pirmojo stebėjimo momentą;
- Skirtumo tarp magnetinės deklinacijos ir inklinacijos ΔD ir ΔI matavimų punkte ir observatorijos pirmu stebėjimo momentu, skaičiavimas;
- Gavus iš magnetinės observatorijos vidutinės deklinacijos ir inklinacijos metinės reikšmes, atliekamas matavimo duomenų redukavimas į metų vidurį.

2. MATAVIMO DUOMENŲ KITIMO PUNKTE IR KAIMYNNINĖSE OBSERVATORIJOSE TYRIMAS

Geomagnetinis laukas skirtinguose pasaulio taškuose kinta nevienodai. Tam, kad ištirti Žemės magnetinio lauko parametrų reikšmes, būtina atlikti periodinius matavimus amžių variacijų tyrimo punktuose. Matuojami trys pagrindiniai parametrai: deklinacija, inklinacija, indukcija. Likusius elementus galima apskaičiuoti pagal ryšio formules.

Lietuvos teritorijoje 1999 m. įtvirtinti 6 punktai, kuriuose atlikti tikslūs geomagnetinio lauko matavimai ir kurių nustatyta tiksli geografinė padėtis: Dusetos, Parovėja, Šaukotas, Šyliai, Tryškiai ir Žiežmariai (Obuchovski *et al.* 2008). Geomagnetinio lauko parametrų nustatymas šiuose punktuose atliktas 1999 m., 2001 m., 2004 m. ir 2007 m. Naudojant VGTU Geodezijos instituto įrangą 2014 m. gegužės 3 dieną atlikti deklinacijos, inklinacijos ir geomagnetinės indukcijos F matavimai tyrimų punkte Žiežmariai. Punte inklinacija ir deklinacija matuota panaudojus nemagnetinį teodolitą su *Fluxgate* davikliu, geomagnetinė indukcija matuota su protoniniu magnetometru *Envi-Pro*.

Magnetinės deklinacijos skaičiavimams būtina žinoti, nemažesniu kaip 12" tikslumu, krypties į vizavimo objektą astronominį azimutą, kuris nustatomas pagal Saulės valandinį kampą (Sas–Urynowski *et al.* 2003; Petroškevičius 1994). Astronominio azimuto nustatymą, panaudojus tinkamą metodiką, tikslinga atlikti ryte arba vakare (Sas–Urynowski 2001).

Astronominio azimuto nustatymo tvarka amžių variacijų tyrimo punkte:

- esant teodolitui SK padėtyje, vizuota į pirmąjį ir antrąjį vizavimo objektą bei atskaitomos horizontaliojo skritulio atskaitos;
- tris kartus fiksuojama atskaita bei tikslus pasaulinis laikas, kai Saulės kraštas kerta vertikalųjį siūlėlį iš kairės ir tris kartus iš dešinės;
- žiūronas verčiamas per zenitą į SD padėtį;
- tris kartus fiksuojama horizontaliojo limbo atskaita bei tikslus pasaulinis laikas, kai Saulės kraštas kerta vertikalųjį siūlėlį iš kairės ir tris kartus iš dešinės;
- vizuojama pakartotinai į vizavimo objektus bei atskaitomos atskaitos horizontaliajame limbe.

Punkte Žiežmariai astronominio azimuto į vizavimo kryptis nustatymo matavimų žurnalas pateiktas 2.1 paveiksle. Žurnale skaičiuojamos krypties į vizavimo objektus bei krypties į Saulę vidutinės vertės, bei kampas tarp šių krypčių.

Punktas		ŽIEŽMARIAI						Matuotojas			R. Čzaplis				
Data	2014. 05-03		Prietaisas			Theo 010B			Užrašinėtojas			R. Obuchovskis			
Vizavimo objektas	Chronometro atskaitos						Horizontalaus skritulio atskaitos								
	momentiniai			vidutiniai			I			II			vidutinės		
	h	m	s	h	m	s	g	′	″	g	′	″	g	′	″
M I							217°05′50″			179°04′24″			195°20′45″		
1	13 10 17			13 10 52.5			31 27 03			28°08′36″			27 57 53		
	13 11 28						30 47 38			27°47′11″					
2	13 12 39			13 13 06			31 27 54			28°46′40″			28 33 24		
	13 13 33						31 48 38			28°25′02″					
3	13 14 15			13 14 40.5			32 44 28			29°11′55″			28 58 25		
	13 15 06						31 94 34			28°44′57″					
4	13 18 22			13 19 09.5			232 64 34			30°16′45″			30 00 33		
	13 19 57						233 04 34			29°44′21″					
5	13 19 41			13 19 58			234 03 74			30°32′01″			30 22 07		
	13 20 15						232 44 85			30°06′13″					
6	13 21 06			13 21 23			234 44 43			30°59′59″			30 44 23		
	13 21 40						233 86 60			30°28′46″					
M II	218°12′36″						18 9 12 35″						196 19 00		
Temperatūra	14.8 °C			14.9 °C											
Slėgis	721 mmHg			721 mmHg											

Astronominiam azimutui apskaičiuoti pagal 2.2 formulę, reikalinga krypties į šiaurę horizontaliojo limbo atskaita. Panaudojus Varšuvos Geodezijos ir kartografijos instituto specialistų sukurtą *Azymut.exe* programą, apskaičiuota krypties į šiaurę horizontaliojo limbo atskaita bei vidutinė kvadratinė klaida (2.2 pav.).


Wyznaczenie kierunku północy geograficznej

Data pomiaru: 2014-05-03

Nazwa pkt: Ziezmariai

Pozycja geograficzna

ϕ
54° 47' 32.1"

λ
24° 22' 35.4"

Odczyty kąta

Czas UTC

260.4616
261.0003
261.1804
261.4737
262.0440
262.1950

6.37465
6.38435
6.39595
6.4203
6.4319
6.44195

Wyczyszczone

Wyczyszczone

Wczytaj dane z rocznika

Deklinacja

Równanie czasu

ET - UTC = 67 s
UT1 - UTC = 0 s

Oblicz miejsce północy

NAZWA PUNKTU: Ziezmariai
DATA POMIARU: 2014-05-03

MP = 150° 36' 36.4" + 11.5"
MP = 150° 36' 56.5" - 8.7"
MP = 150° 36' 59.1" - 11.2"
MP = 150° 37' 13.1" - 25.2"
MP = 150° 36' 09.6" + 38.3"
MP = 150° 36' 52.5" - 4.6"

MP = 150° 36' 47.9" ± 9.0"

Wyczyszczone

Zapisz

Zakończ

150° 36' 47.9"
Błąd = 9.0"

Amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai nustatyti astronominiai azimutai į tris vizavimo objektus. Atliekant 2014-05-03 astronominio azimuto nustatymą pagal Saulę nebuvo galimybės pasinaudoti dviem vizavimo objektais. Astronominio azimuto kryptiai išmatuoti pasirinktas vienas senas ir vienas naujas objektas. Matavimo metu vizuota į dešinę elektros stulpo kraštą (senasis vizavimo objektas) ir per vidurį antrojo elektros stulpo (naujasis objektas).

Apskaičiavus su *Azymut* programa reikalingą krypties į šiaurę horizontaliojo limbo atskaitą gauti vizavimo objektų M3 ir M4 kryptių azimutai, kurie pateikti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Kryptių į vizavimo objektus astronominis azimutas (2014 m.)

Punktas	α_a M4 M5
Žiežmariai	44°43'47" 45°42'52"

2004 metais išmatuotas astronominis azimutas į senąjį vizavimo objektą. Pagal gautą abrisą, vizuota į kairijį stulpo kraštą ir gauta atskaita: 44°42'56". Priimta, kad astronominis azimutas nustatytas teisingai.

Deklinacija ir inklinacija matuota septyniais ruožtais, o atskaitos surašytos į matavimų žurnalus (2.3 pav., 2.4 pav.). Matavimuose dalyvavo pats darbo autorius. Matavimai atlikti siekiant įvertinti parametų pasikeitimą lyginant juos su matavimų rezultatais, gautais ankstesniais metais.

Data		Numer i nazwa punktu				Obserwator		Protokolant		MAG-01A		DEKLINACJA		Całkowit	
2014.05.03		ŻIEŻMARI				R. Goplis		R. Obuchowski		Nr Teodolitu:				Wektor F	
Sonda	Kierunek	Czas	Odczyt koła pion.			Oblicz. kontrolne średnie				Redukcje momentalne	Odcz. popr.			Obliczenie deklinacji	Data/Czas
			°	'	"	°	'	"	°		'	"			
↑	W	07:12	76	08	21	średni ↑	176	16	29.5					śr.	
	E	07:13	276	24	38		Sred. kier poł.	175°	98"	83"				śr.pom.	158°23'22"
↓	E	07:15	75	68	66		158°	23'	22"					M	195°20'21"
	W	07:16	275	94	08	średni ↓	175	81	37					Am	36°56'59"
														A α	44°43'47"
														Dpom.	7°46'47"
M	KL	217°04'30"			KL	17°04'42"				śr.	217°04'36"=195°20'21"			Dobs.	
M	KL	218°11'64"			KL	18°12'02"				śr.	218°11'83"=196°18'23"			Δ	

2.3 pav. Deklinacijos matavimų žurnalo pavyzdys

Data		Numer i nazwa punktu			Obserwator			Protokółant			MAG-01A		INKLINACJA			
2014.05.03		ŻIEŻMARI			R. Goplis			R. Obuchowski			Nr Teodolitu:					
Son- da	Kolo pion.	Czas	Odczyt koła pion.			Inklinacje pom.			Inklinacje pom. średnia			Redukcje momentalne	Obl. Inklin. zredul.			
			°	'	"	°	'	"	°	'	"		°	'	"	
↑	N	L	07:28	77 ^a	68 ^c	08 ^{cc}	69	54	46	69	51	50				
↓	S	P	07:30	277 ^a	57 ^c	24 ^{cc}	69	48	54							
↓				359	59	60				69	54	48				
	N	P	07:33	322 ^a	25 ^c	84 ^{cc}	69	58	03							
↑	S	L	07:35	179	59	60	69	57	32	69	57	47				
				122 ^a	26 ^c	77 ^{cc}										

2.4 pav. Inklinacijos matavimų žurnalo pavyzdys

Gauti amžių variacijų tyrimo punkte išmatuoti geomagnetinio lauko duomenys turi būti atitinkamai apdoroti. Matavimų rezultatus būtina sulyginti su duomenimis iš geomagnetinės observatorijos bei atlikti jų redukavimą į vidutinę metinę vertę. Tik tai atlikę galėsime įvertinti geomagnetinio lauko ilgalaikį pokytį. Geomagnetinėse observatorijose geomagnetinio lauko parametrai stebimi nuolat ir ištiesai.

Amžių variacijų tyrimo punkte magnetinė deklinacija skaičiuota pagal formulę:

$$D_{ism.} = a_{\alpha} - a_m, \quad (2.1)$$

čia: a_{α} – išmatuotas krypties į vietovės objektą astronominis azimutas;

a_m – išmatuotas krypties į vietovės objektą magnetinis azimutas.

Išmatuotas krypties į vietovės objektą astronominis azimutas a_{α} gaunamas pagal formulę:

$$a_{\alpha} = M - MN \quad (2.2)$$

čia: M – horizontaliojo limbo atskaita žiūroną nukreipus į vizavimo objektą;

MN – krypties į Šiaurę horizontaliojo limbo atskaita.

Išmatuotos krypties į vietovės objektą magnetinis azimutas a_m skaičiuojamas pagal formulę:

$$a_m = M_v - M_m, \quad (2.3)$$

čia: M_v – vienu matavimo ruožtu gauta horizontaliojo skritulio atskaita, vizuojant į vietovės objektą;

M_m – vienu matavimo ruožtu gauta horizontaliojo skritulio atskaita, vizuojant žiūronu magnetinio dienovidinio kryptimi.

Gauta deklinacijos reikšmė turi būti redukuota į magnetinės observatorijos metinį vidurkį. Skaičiuojamas deklinacijos skirtumas ΔD tarp stebėjimo momentų amžių variacijų tyrimo punkte ir observatorijoje:

$$\Delta D = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} (D(x_i, t_k) - D(O, t_k))}{n} \quad (2.4)$$

čia: n – matavimų skaičius;

$D(x_i, t_k)$ – deklinacijos vertė x_i amžių variacijų tyrimo punkte t_k matavimo momentu;

$D(O, t_k)$ – deklinacijos vertė observatorijoje tuo pačiu t_k matavimo momentu.

Observatorijose kiekvienais metais skaičiuojamos metinės vidutinės deklinacijos vertės $D(O, t_{vid.})$. Deklinacijos vertė $D(x_i, t_{vid.})$ metų viduriui punkte bus:

$$D(x_i, t_{vid.}) = D(O, t_{vid.}) + \Delta D \quad (2.5)$$

Amžių tyrimo punktuose išmatuoti inklinacijos duomenys redukuojami taip pat, kaip ir deklinacijos. Skirtumas tarp inklinacijos duomenų punkte ir observatorijoje ΔI skaičiuojamas:

$$\Delta I = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} (I(x_i, t_k) - I(O, t_k))}{n} \quad (2.6)$$

Panaudojant vidutinę metinę inklinacijos reikšmę $I(O, t_{vid.})$ gautą iš magnetinės observatorijos, skaičiuojama inklinacijos reikšmė metų viduriui $I(x_i, t_{vid.})$:

$$I(x_i, t_{vid.}) = I(O, t_{vid.}) + \Delta I \quad (2.7)$$

Geomagnetinės indukcijos vidutinė metinė vertė punkte skaičiuojama analogiškai. Matuojant su *Envi-Pro* protoniniu magnetometru vertė F matuojama kas 0,5, 1 ar 2 sekundės. Geomagnetinėse observatorijose pateikti indukcijos duomenys yra kas 1 minutė. Išmatuoti duomenys apdorojami, skaičiuojant F vertes pilnai minutei, t.y. skaičiuojant vidurkius $F(x_i, t_k)$. Kai matavimo intervalas suvienodintas galima iš geomagnetinės observatorijos paimti duomenis $F(O, t_k)$. Toliau skaičiuojamas vidutinis skirtumas tarp F verčių amžių variacijų tyrimo punkte ir observatorijoje ΔF tuo pačiu laiko momentu:

$$\Delta F = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} (F(x_i, t_k) - F(O, t_k))}{n} \quad (2.8)$$

Pagal apskaičiuotą observatorijos vidutinę metinę geomagnetinės indukcijos vertę $F(O, t_{vid.})$ apskaičiuojama punkto parametro F vertė metų viduriui $F(x_i, t_{vid.})$:

$$F(x_i, t_{vid.}) = F(O, t_{vid.}) + \Delta F \quad (2.9)$$

Duomenų apdorojimas bei redukavimas atliekamas pagal aukščiau pateiktas ir aprašytas formules. Geomagnetinio lauko parametrų redukavimui naudojamos vidutinės metinės vertės gautos iš observatorijos. Lietuvoje nėra magnetinės observatorijos, todėl duomenims redukuoti reikia parinkti vieną iš kaimyninių šalių observatorijų. Šiais metais amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai, gautus duomenis redukuosime pagal Belsko, Helio, Nurmjarvi ir Uppsala observatorijų vidutines metines parametrų vertes. Panaudosime taip pat ankstesniais metais

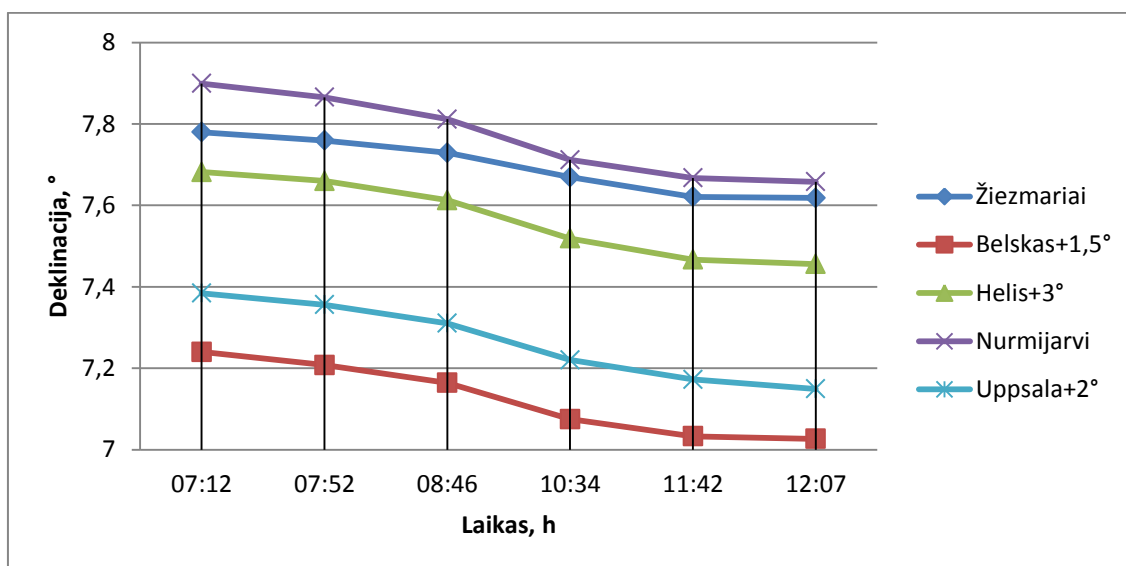
atliktų matavimų duomenis, redukuosime juos pagal tas pačias observatorijos ir atliksime rezultatų analizę.

Amžių variacijų tyrimų punkte Žiežmariai, deklinaciją išmatavome septyniais ruožtais (Priedas Nr. 2). Deklinacija D punkte kito nuo $7^{\circ}46,8'$ pirmam ruožte iki $7^{\circ}37,1'$ septintam. Duomenims palyginti panaudoti duomenys iš magnetinių observatorijų. Gautos deklinacijos reikšmės punkte, bei vertės iš observatorijų tuo pačiu laiko momentu pateiktos 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Deklinacijos reikšmės punkte ir observatorijose tuo pačiu laiko momentu

Ruožto pradžia UTM	Žiežmariai ° '	Observatorija			
		Belskas ° '	Helis ° '	Nurmijarvi ° '	Uppsala ° '
07:12	7 46,8	5 44,4	4 40,9	7 53,9	5 23,1
07:52	7 45,6	5 42,5	4 39,6	7 51,9	5 21,4
08:46	7 43,7	5 39,9	4 36,8	7 48,7	5 18,6
10:34	7 40,2	5 34,5	4 31,1	7 42,7	5 13,2
11:09 (neimta)	7 40,3	5 32,8	4 29,5	7 41,4	5 11,3
11:42	7 37,2	5 32,0	4 28,0	7 40,0	5 10,3
12:07	7 37,1	5 31,6	4 27,4	7 39,5	5 09,0

Deklinacijos reikšmės tiek Žiežmarių punkte, tiek Belsko, Helio, Nurmijarvi ir Uppsala observatorijose kryptingai mažėja. Vertėms suvienodinti deklinacijos variacijų grafike (2.5 pav.) prie Belsko observatorijos verčių pridėti $1,5^{\circ}$, prie Helio 3° , o prie Uppsala 2° .



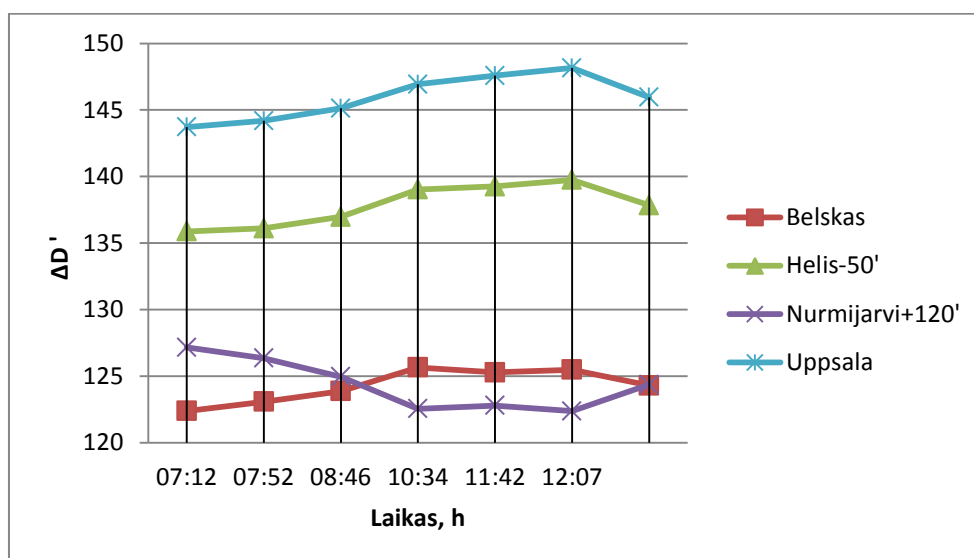
2.5 pav. Deklinacijos kitimas laiko momente t

Grafike matyti, kad deklinacijos kitimas Žiežmarių punkte bei Hel, Belsk, Nurmijarvi ir Uppsala observatorijose yra beveik vienodas.

Redukavimui atlikti skaičiuojamas skirtumas tarp deklinacijos punkte ir pasirinktų observatorių tuo pačiu laiko momentu (2.3 lentelė). Įvertinus rodiklio skirtumus į skaičiavimus neimam penktam ruošte gautų rezultatų, nes jie iškraipo skirtumų tarp punkto ir observatorių tolygų kitimą. Iškraipymai galėjo atsirasti dėl matavimo metu neišlaikytos žiūrono horizontaliosios padėties. Skirtumai tarp deklinacijos verčių punkte ir Belsko, Helio bei Uppsala observatorių didėja. Lyginant deklinacijos skirtumą su Nurmijarvi observatorija, pastebėta, kad stebėjimo metu jis buvo mažėjantis. Didžiausias deklinacijos skirtumų intervalas tarp punkto ir observatorijos yra lyginant su Nurmijarvi geomagnetine observatorija ir matavimų metu kito nuo 7,15' iki 2,37', o mažiausiai Belske, kur kitimo intervalas nuo 122,38' iki 125,48'. Suvienodintos skirtumų vertės, atėmus iš skirtumo tarp punkto ir Helio observatorijos 50' ir pridėjus prie skirtumo tarp punkto ir Nurmijarvi observatorijos 120', pateiktos 2.6 paveiksle. Grafikas puikiai vaizduoja skirtumų kitimą.

2.3 lentelė. Žiežmarių punkto 2014 m. deklinacijos matavimų redukavimas

Ruožto pradžia UTM laiku	$\Delta D_{\text{pkt-Belsk}}$ '	$\Delta D_{\text{pkt-Hel}}$ '	$\Delta D_{\text{pkt-Nurmijarvi}}$ '	$\Delta D_{\text{pkt-Uppsala}}$ '
07:12	122,38	185,87	7,15	143,72
07:52	123,08	186,10	6,35	144,18
08:46	123,87	186,97	4,95	145,12
10:34	125,65	189,03	2,55	146,93
11:09 (neimta)	127,47	190,80	1,08	148,97
11:42	125,27	189,25	2,78	147,58
12:07	125,48	189,75	2,37	148,15
Vidurkis	124,29	187,83	4,36	145,95



2.6 pav. Deklinacijos skirtumai tarp punkto ir observatorių

Atliekamas deklinacijos skirtumų verčių tarp punkto ir observatorijų vidutinių kvadratinų klaidų įvertinamas (2.4 lentelė). Standartiniais nuokrypiais įvertinti skirtumas tarp punkto ir observatorijos parametrų verčių priimtas kaip konstanta. Mažiausi nuokrypiai nuo vidutinės vertės gauti Belsko observatorijoje, o didžiausi Nurmijarvi observatorijoje. Pastebėta, kad trečio ruožto metu, standartiniai nuokrypiai visose observatorijose buvo mažiausi ir nesiekė 1', o didžiausi buvo atliekant matavimus pirmam ruožte.

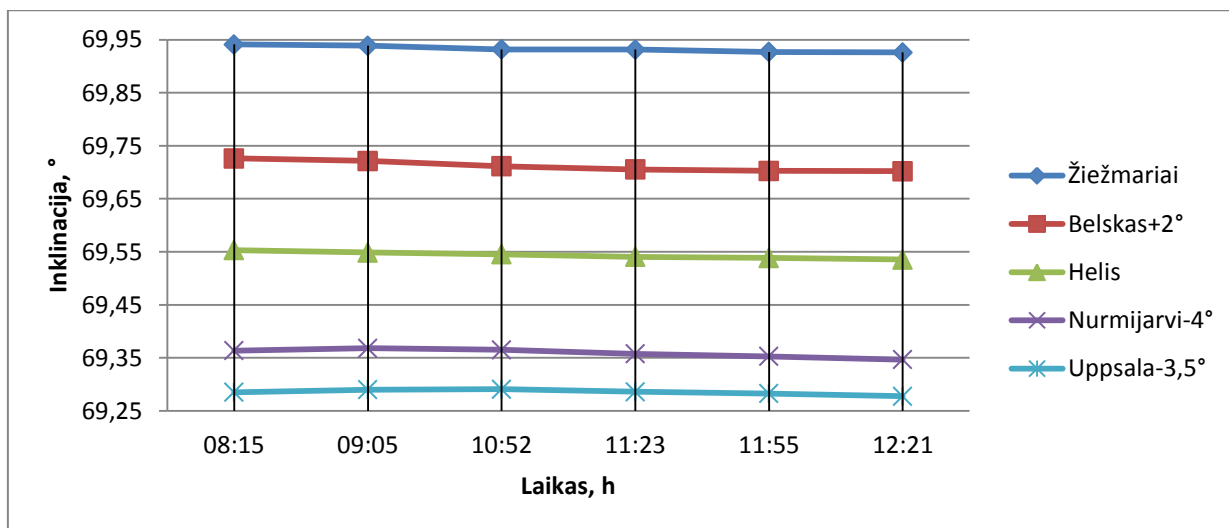
2.4 lentelė. 2014 m. deklinacijos vidutinės kvadratinės paklaidos gautos pagal atskiras observatorijas

Ruožto pradžia UTM laiku	$\Delta D_{\text{pkt-Belsk}}'$	$\Delta D_{\text{pkt-Hel}}'$	$\Delta D_{\text{pkt-Nurmijarvi}}'$	$\Delta D_{\text{pkt-Uppsala}}'$
07:12	1,9	2,0	-2,8	2,2
07:52	1,2	1,7	-2,0	1,8
08:46	0,4	0,9	-1,0	0,8
10:34	-1,4	-1,2	1,8	-1,0
11:42	-1,0	-1,4	1,6	-1,6
12:07	-1,2	-1,9	2,0	-2,2
Vidurkis	0,0	0,0	0,0	0,0

Gauti septynių inklinacijos matavimų ruožtų rezultatai punkte (Priedas Nr. 3), bei vertės tuo pačiu laiko momentu kaimyninėse observatorijose, patalpinti 2.5 lentelėje. Kaip matome, šio parametro vertė artimiausia išmatuotai Helyje, o didžiausias skirtumas su Nurmijarvi parametro duomenimis. Vaizdingesnis duomenų pateikimas pavaizduotas 2.7 paveiksle. Detalesniam inklinacijos vaizdavimui duomenys suvienodinti, pridėjus prie Belsko 2°, bei atėmus iš Nurmijarvi ir Uppsala duomenų atitinkamai 4° ir 3,5°. Grafike pastebėta, kad 1 ruožto metu gauta inklinacijos vertė amžių variacijų tyrimų punkte Žiežmariai neišlaiko tolygaus skirtumo su kitų observatorių duomenimis, kuris akivaizdus kituose ruožtuose. Šie matavimų duomenys nenaudoti tolimesniems skaičiavimams.

2.5 lentelė. Inklinacijos reikšmės punkte ir observatorijose tuo pačiu laiko momentu

Ruožto pradžia UTM	Punktas	Observatorių inklinacija			
	Žiežmariai I ° '	Belskas I ° '	Helis I ° '	Nurmijarvi I ° '	Uppsala I ° '
07:28 (neimta)	69 54,8	67 43,4	69 33,0	73 21,3	72 46,6
08:15	69 56,5	67 43,6	69 33,2	73 21,8	72 47,1
09:05	69 56,3	67 43,3	69 32,9	73 22,1	72 47,4
10:52	69 55,9	67 42,7	69 32,7	73 21,9	72 47,5
11:23	69 55,9	67 42,3	69 32,4	73 21,5	72 47,2
11:55	69 55,6	67 42,2	69 32,3	73 21,2	72 47,0
12:21	69 55,6	67 42,1	69 32,1	73 20,8	72 46,7

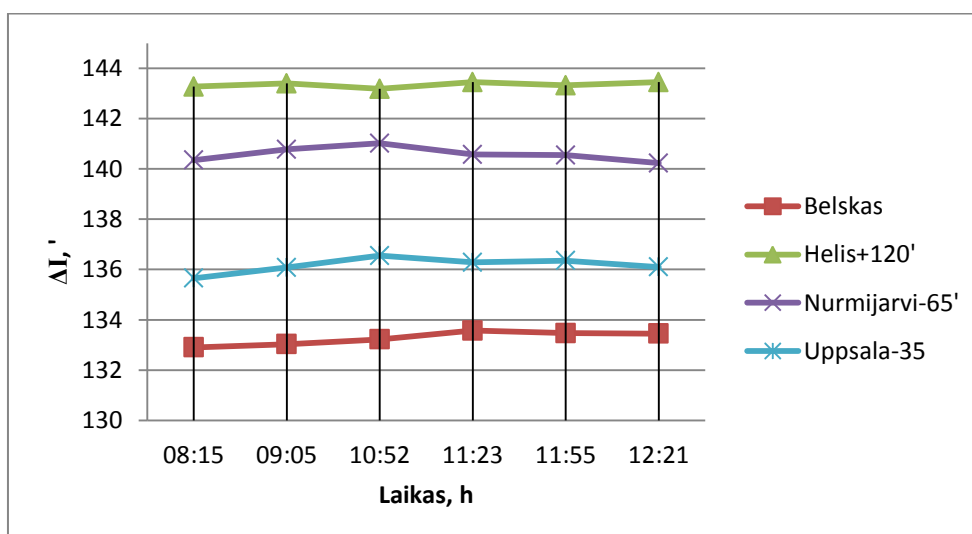


2.7 pav. Inklinacijos kitimas laiko momente t

Išanalizavus verčių skirtumus tarp Žiežmarių punkto ir kaimyninių observatorių (2.6 lentelė) matyti, kad pats tolygiausias skirtumas gautas su Helio observatorija ir jo intervalas nuo 23,18' iki 23,45'. Didžiausias skirtumo intervalas gautas su Uppsala observatorija, nuo 170,65' iki 171,55'. Iš 2.8 paveikslo matome, kad stebėjimų metu skirtumas su Belsko, Nurmijarvi ir Uppsala observatorijomis iš pradžių didėjo, o vėliau pradėjo mažėti.

2.6 lentelė. Žiežmarių punkto 2014 m. inklinacijos matavimų redukavimas

Ruožto pradžia UTM laiku	$\Delta I_{\text{pkt-Belsk}}$ '	$\Delta I_{\text{pkt-Hel}}$ '	$\Delta I_{\text{pkt-Nurmijarvi}}$ '	$\Delta I_{\text{pkt-Uppsala}}$ '
07:28 (neimta)	131,38	21,83	206,52	171,83
08:15	132,90	23,27	205,35	170,65
09:05	133,03	23,40	205,78	171,08
10:52	133,22	23,18	206,02	171,55
11:23	133,57	23,45	205,57	171,28
11:55	133,47	23,32	205,55	171,35
12:21	133,45	23,45	205,23	171,10
Vidurkis	133,27	23,35	205,58	171,17



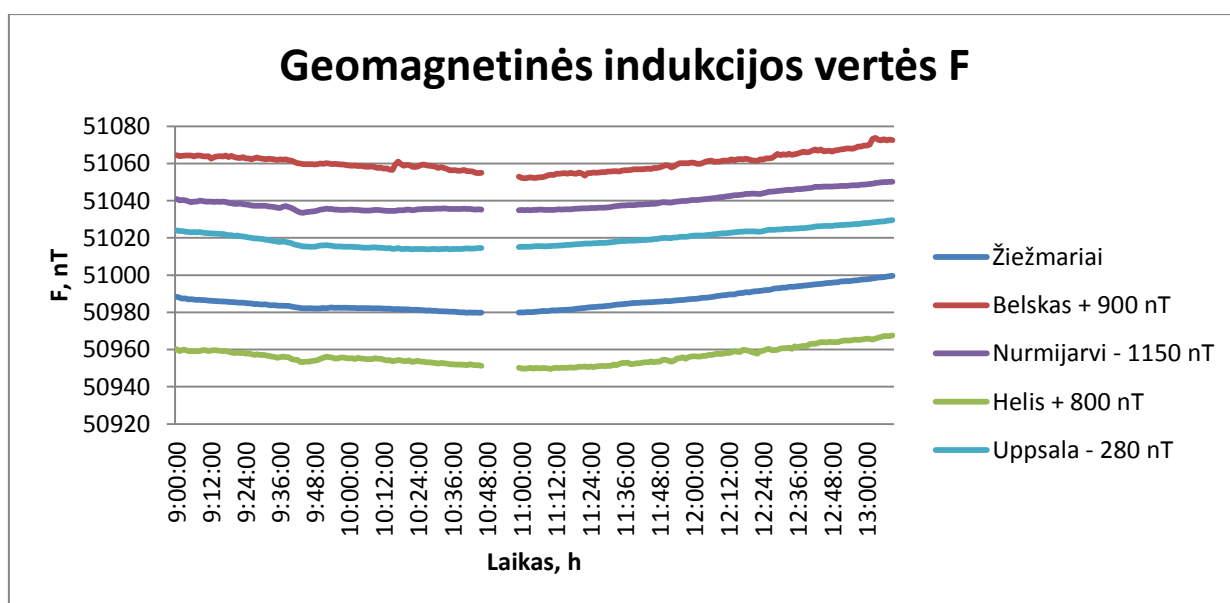
2.8 pav. Inklinacijos skirtumai tarp punkto ir observatorių

Įvertintos skirtumų verčių tarp punkto ir observatorijų vidutinės kvadratinės klaidos (2.7 lentelė). Standartiniais nuokrypiais įvertinti, skirtumas tarp punkto ir observatorijos parametrų verčių priimtas kaip konstanta. Mažiausios klaidos gautos skaičiuojant parametro skirtumą tarp punkto ir Helio observatorijos, o didžiausios skirtume su Uppsala geomagnetine observatorija. Galima teigti, kad tiksliausi buvo inklinacijos 5 ruožto matavimai, kadangi gautos mažiausios vidutinės kvadratinės klaidos skirtume su visomis observatorijomis.

2.7 lentelė. 2014 m. inklinacijos vidutinės kvadratinės paklaidos gautos pagal atskiras observatorijas

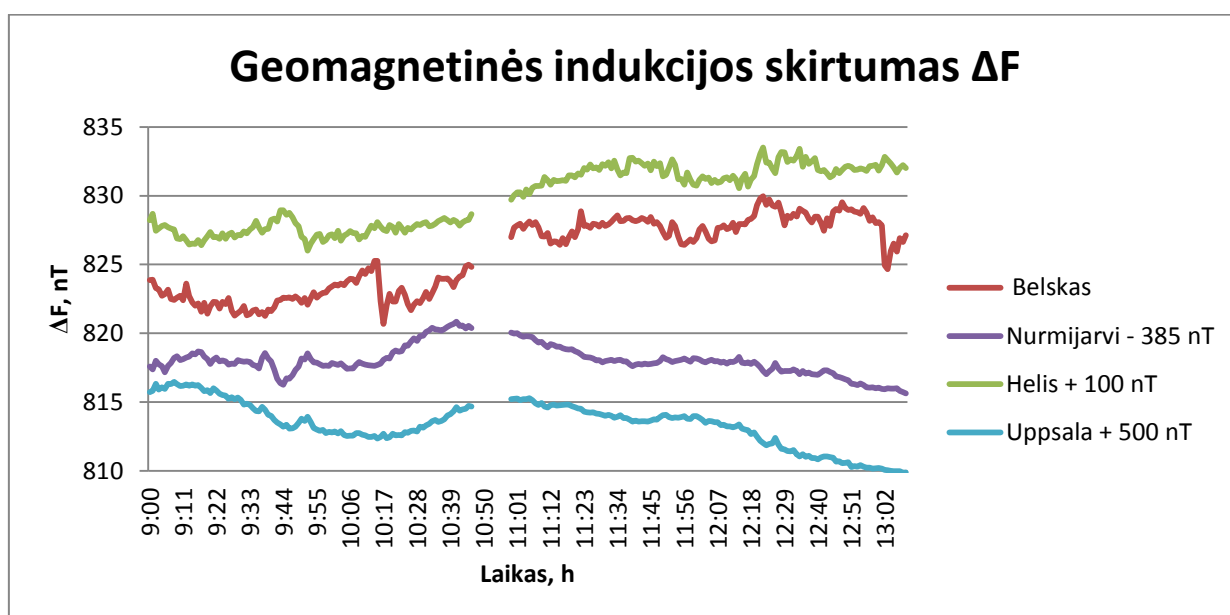
Ruožto pradžia UTM laiku	$\Delta I_{\text{pkt-Belsk}}$ '	$\Delta I_{\text{pkt-Hel}}$ '	$\Delta I_{\text{pkt-Nurmijarvi}}$ '	$\Delta I_{\text{pkt-Uppsala}}$ '
08:15	0,4	0,1	0,2	0,5
09:05	0,2	-0,1	-0,2	0,1
10:52	0,1	0,2	-0,4	-0,4
11:23	-0,3	-0,1	0,0	-0,1
11:55	-0,2	0,0	0,0	-0,2
12:21	-0,2	-0,1	0,4	0,1
Vidurkis	0,0	0,0	0,0	0,0

Trečias parametras matuotas Žiežmarių amžių variacijų tyrimo punkte, tai geomagnetinė indukcija F . Šis parametras buvo matuotas su protoniniu magnetometru *Envi-Pro* kas 2 sekundės. Matuota buvo pastoviai nuo 9:00 iki 13:09 valandos su 10 minučių pertrauka nuo 10:48 iki 10:58 valandos dėl būtino pakeisti prietaiso maitinimo šaltinio. Išmatuoti duomenys nukrauti panaudojus specialiąją programą, bei skaičiuoti vidurkiai pilnos minutės matavimų reikšmėms gauti. Skaičiavimas atliktas imant duomenis nuo vienos minutės vidurio iki sekančios minutės vidurio ir skaičiuojant vidurkį. Parametro F kitimas bei skirtumas su kitomis observatorijomis tuo pačiu laiko momentu pateiktas 2.9-2.10 paveiksluose.



2.9 pav. Geomagnetinės indukcijos kitimas punkte Žiežmariuose bei observatorijose

Geomagnetinės indukcijos verčių amžių variacijų tyrimų punkte Žiežmariuose bei Belsko, Nurmijarvi, Helio bei Uppsala observatorijose išmatuotoms reikšmėms vaizdiniam pateikimui teko suvienodinti F reikšmes. Prie Belsko F reikšmės pridėta 900 nT, prie Helio 800 nT, nuo Nurmijarvi atimta 1150 nT, o nuo Uppsala – 280 nT. Pagal grafiką matyti, kad F kinta labai panašiai. Nuo 9:00 F parametras mažėja, apie 11:00 valandą pasiekia mažiausią vertę ir tolygiai kyla iki 13 valandos. Tolygiausias geomagnetinės indukcijos kitimas yra punkte Žiežmariai, kadangi, laikui bėgant, nėra didesnių šio parametro šuolių. Pasirinktose observatorijose F parametro kitime galima įžvelgti momentus, kur matomi trikdžių ar triukšmo požymiai. Didžiausi staigesni indukcijos kitimo šuoliai pastebimi Belsko bei Helio observatorijose.



2.10 pav. Skirtumas ΔF tarp punkto ir pasirinktų observatorijų

Išmatavus geomagnetinę indukciją F tyrimo punkte, skaičiuojami parametro skirtumai tarp punkto ir observatorijų. Iš 2.10 paveikslo matome, kad parametro skirtumo reikšmės ΔF kinta skirtingai kiekvienoje observatorijoje. Pastebimas Belsko ir Helio observatorijų atžvilgiu skirtumų panaši kitimo tendencija. Matomi labai staigūs skirtumų pasikeitimai, kuriuos galėjo sukelti vidiniai faktoriai.

2.5, 2.7, 2.9 paveiksluose pavaizduotas geomagnetinio lauko parametrų kitimas matavimo metu punkte ir geomagnetinėse observatorijose. Pagal jų pobūdį galima spręsti, kad egzistuoja tarp jų priklausomybė. Siekiant įvertinti geomagnetinio lauko parametrų kaitos vienodumą, paskaičiuota punkte ir kaimyninėse observatorijose parametrų kitimo koreliacija. Koreliacija skaičiuota pagal išmatuotas geomagnetinio lauko parametrų reikšmes. Skaičiavimo rezultatai pateikti 2.8 lentelėje.

2.8 lentelė. Koreliacijos koeficientų reikšmės

Parametras	Observatorija			
	Belskas	Helis	Nurmijarvi	Uppsala
Deklinacija	0,996	0,998	0,995	0,997
Inklinacija	0,979	0,966	0,822	0,580
F	0,918	0,989	0,869	0,963

Iš gautų rezultatų matyti, kad deklinacijos kitimas Žiežmarių punkte ir observatorijose yra vienodas ir koreliacijos koeficientas siekia beveik 1. Analizuojant inklinacijos koreliaciją matyti, kad didžiausia koreliacija yra su Belsko observatorijos duomenimis, o mažiausia koreliacija su Uppsala observatorija. Įvertinus geomagnetinio intensyvumo koreliaciją galima teigti, kad punkte gauti rezultatai geriausiai sąveikauja su Helio observatorija, o blogiausiai su Nurmijarvi.

Gavus visų matuotų parametų skirtumus ΔI , ΔD ir ΔF , atliekamas šių parametų redukavimas į vidutinę metinę observatorijos reikšmę. Matavimai punkte atlikti 2014.05.03, todėl reikalingos 2014 metų vidutinės metinės observatorijos vertės išmatuotiems rodikliams. Kadangi šios vertės dar neapskaičiuotos ir bus tik sukaupus observatorijose visų metų duomenis, tolimesniems tyrimams naudojamos prognozuojamos vidutinės metinės parametų reikšmės, kurios gautos pagal ankstesnių metų duomenis (2.9–2.12 lentelės).

2.9 lentelė. Geomagnetinio lauko parametų vidutinės metinės vertės prognozavimas Belsko observatorijoje

Metai	Parametų reikšmės			Metinis kitimas	Parametų skirtumai		
	$D_{\text{met}}^{\circ '}$	$I_{\text{met}}^{\circ '}$	$F_{\text{met}}, \text{nT}$		$\Delta D_{\text{met}}^{'}$	$\Delta I_{\text{met}}^{'}$	$\Delta F_{\text{met}} \text{nT}$
2010,5	5 08,0	67 40,2	50055	2010,5-2011-5	8,1	1,1	33
2011,5	5 16,1	67 41,3	50088	2011,5-2012,5	8,5	1,1	35
2012,5	5 24,6	67 42,4	50123	2012,5-2013,5	8,2	0,5	34
2013,5	5 32,8	67 42,9	50157	Vidurkis	8,3	0,9	34
2014,5	5 41,1	67 43,8	50191				

2.10 lentelė. Geomagnetinio lauko parametų vidutinės metinės vertės prognozavimas Helio observatorijoje

Metai	Parametų reikšmės			Metinis kitimas	Parametų skirtumai		
	$D_{\text{met}}^{\circ '}$	$I_{\text{met}}^{\circ '}$	$F_{\text{met}}, \text{nT}$		$\Delta D_{\text{met}}^{'}$	$\Delta I_{\text{met}}^{'}$	$\Delta F_{\text{met}} \text{nT}$
2010,5	4 00,5	69 29,8	50157	2010,5-2011-5	8,8	1,1	31
2011,5	4 09,2	69 30,9	50188	2011,5-2012,5	9,5	1,1	35
2012,5	4 18,8	69 32,0	50223	2012,5-2013,5	9,2	0,9	36
2013,5	4 27,9	69 32,9	50259	Vidurkis	9,1	1,0	34
2014,5	4 37,0	69 33,9	50293				

2.11 lentelė. Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės prognozavimas Nurmijarvi observatorijoje

Metai	Parametrų reikšmės			Metinis kitimas	Parametrų skirtumai		
	$D_{\text{met}}^{\circ '}$	$I_{\text{met}}^{\circ '}$	$F_{\text{met}}, \text{nT}$		$\Delta D_{\text{met}}'$	$\Delta I_{\text{met}}'$	$\Delta F_{\text{met}} \text{nT}$
2010,5	7 08,6	73 16,8	52079	2010,5-2011,5	8,0	1,2	31
2011,5	7 18,6	73 18,0	52114	2011,5-2012,5	0,5	1,2	35
2012,5	7 29,1	73 19,2	52150	2012,5-2013,5	9,8	0,8	36
2013,5	7 38,9	73 20,0	52182	Vidurkis	9,4	1,1	34
2014,5	7 47,3	73 21,1	52216				

2.12 lentelė. Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės prognozavimas Uppsala observatorijoje

Metai	Parametrų reikšmės			Metinis kitimas	Parametrų skirtumai		
	$D_{\text{met}}^{\circ '}$	$I_{\text{met}}^{\circ '}$	$F_{\text{met}}, \text{nT}$		$\Delta D_{\text{met}}'$	$\Delta I_{\text{met}}'$	$\Delta F_{\text{met}} \text{nT}$
2010,5	4 36,3	72 43,4	51203	2010,5-2011,5	10,5	1,0	33
2011,5	4 46,8	72 44,4	51236	2011,5-2012,5	10,2	1,1	34
2012,5	4 57,0	72 45,5	51270	2012,5-2013,5	9,6	0,9	32
2013,5	5 06,6	72 46,4	51302	Vidurkis	10,2	1,0	33
2014,5	5 16,8	72 47,4	51335				

Prognozavimui atlikti paimtos deklinacijos, inklinacijos ir magnetinės indukcijos vidutinės metinės vertės 2010–2013 metais kiekvienoje observatorijoje. Reikšmės paimtos iš oficialaus internetinio puslapio, kuriame jos patalpintos (<http://www.intermagnet.org> 2014). Įvertinus skirtumus tarp sekančių metų, pradedant nuo 2010, buvo skaičiuojamas parametrų skirtumų vidurkis. Redukavimui reikalingi 2014-ųjų metų prognozuojami metiniai observatorijos rodmenys gauti, prie 2013-ųjų metų metinių verčių pridėjus vidutines skirtumų reikšmes.

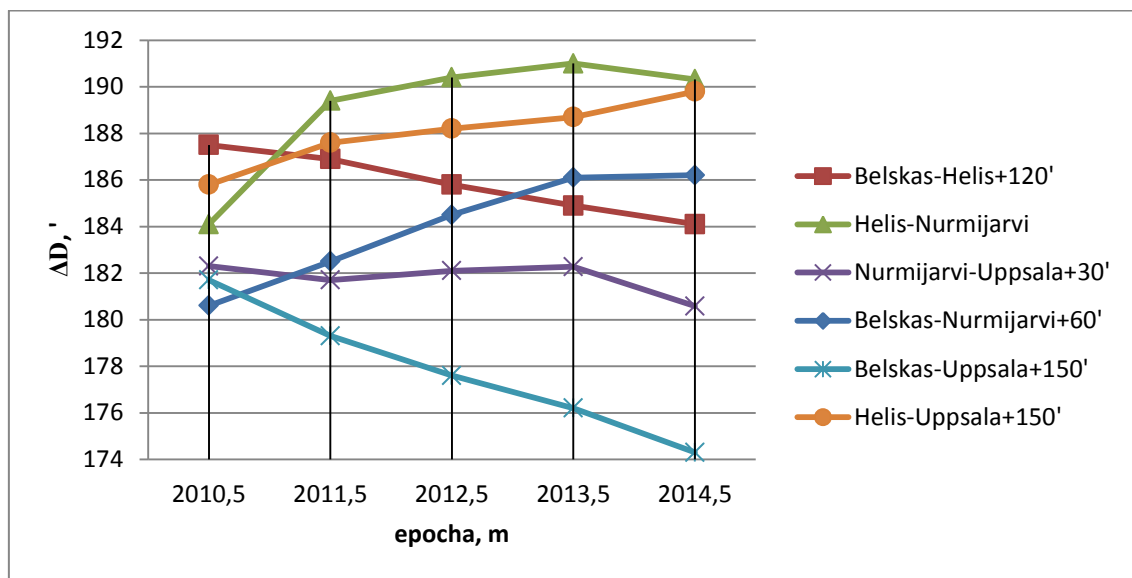
Įvertinus deklinacijos, inklinacijos ir F vidutines metines reikšmes pastebėta, kad 2010–2013 metais Belsko, Helio bei Nurmijarvi observatorijose, geomagnetinė indukcija vidutiniškai pasikeitė 34 nT. Metinės parametrų vertės kryptingai didėja.

Atlikus 2014,5 epochos prognozuojamų vidutinių metinių parametrų verčių nustatymą, įvertinamas skirtumo tarp metinių reikšmių kitimas 2010,5-2014,5 epochų periode. Belsko vidutinės metinės vertės lyginamos su Helio, Helio su Nurmijarvi, o Nurmijarvi su Uppsala observatorijomis. Metinis deklinacijos skirtumas tarp geomagnetinių observatorių apskaičiuotas 2.13 lentelėje, suvienodintas grafinis atvaizdavimas - 2.11 paveiksle.

2.13 lentelė. Skirtumai tarp deklinacijos vidutinių metinių reikšmių observatorijose

Epocha	$\Delta D'$					
	Belskas - Helis	Belskas - Nurmijarvi	Belskas - Uppsala	Helis - Nurmijarvi	Hel-Uppsala	Nurmijarvi - Uppsala
2010,5	67,5	120,6	31,7	184,1	35,8	152,3
2011,5	66,9	122,5	29,3	189,4	37,6	151,7
2012,5	65,8	124,5	27,6	190,4	38,2	152,1

2013,5	64,9	126,1	26,2	191,0	38,7	152,27
Progn. 2014,5	64,1	126,2	24,3	190,32	39,8	150,58



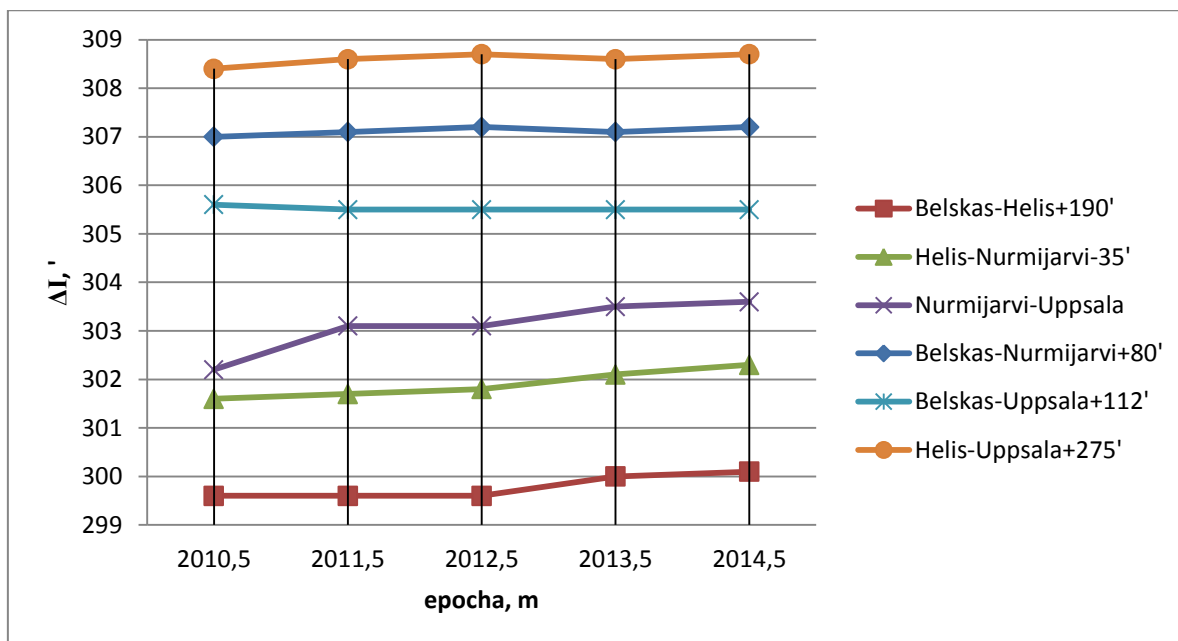
2.11 pav. Deklinacijos vidutinių metinių verčių skirtumų kitimas observatorijose

Aukščiau pateiktame grafike matome Belsko-Helio, Belsko-Nurmijarvi, Belsko-Uppsala, Helio-Nurmijarvi, Helio-Uppsala ir Nurmijarvi-Uppsala observatorijų vidutinių metinių deklinacijos skirtumų kitimą. Skirtumas tarp Helio ir Nurmijarvi verčių nuo 2010 iki 2013 metų palaipsniui augo, pasiekė 191' skirtumą. Kreivė Belskas-Helis 2010,5-2013,5 epochos metu leidosi iki per pastaruosius metus mažiausio skirtumo 64,9'. Skirtumas tarp deklinacijos verčių Nurmijarvi-Uppsala observatorijose 2010,5-2013,5 epochos metu išlikdavo gan pastovus. Kreivės Belskas Nurmijarvi ir Helis-Uppsala 2010-2013 m. laikotarpį palaipsniui kilo ir pasiekė atitinkamai 126,1' ir 38,7' skirtumą, o tuo tarpu, tuo pačiu metu, skirtumas tarp Belsko ir Uppsala vidutinių metinių deklinacijos reikšmių sumažėjo iki 26,2'.

Tų pačių observatorijų duomenys panaudoti inklinacijos vidutinių metinių reikšmių skirtumų kitimo analizei atlikti. Skirtumai tarp verčių pateikti 2.14 lentelėje. Grafinis atvaizdavimas pateiktas 2.12 paveiksle.

2.14 lentelė. Skirtumai tarp inklinacijos vidutinių metinių reikšmių observatorijose

Epocha	$\Delta I'$					
	Belskas-Helis	Belskas-Nurmijarvi	Belskas-Uppsala	Helis-Nurmijarvi	Hel-Uppsala	Nurmijarvi-Uppsala
2010,5	109,6	336,6	302,2	227	193,6	33,4
2011,5	109,6	336,7	303,1	227,1	193,5	33,6
2012,5	109,6	336,8	303,1	227,2	193,5	33,7
2013,5	110	337,1	303,5	227,1	193,5	33,6
Progn. 2014,5	110,1	337,3	303,6	227,2	193,5	33,7



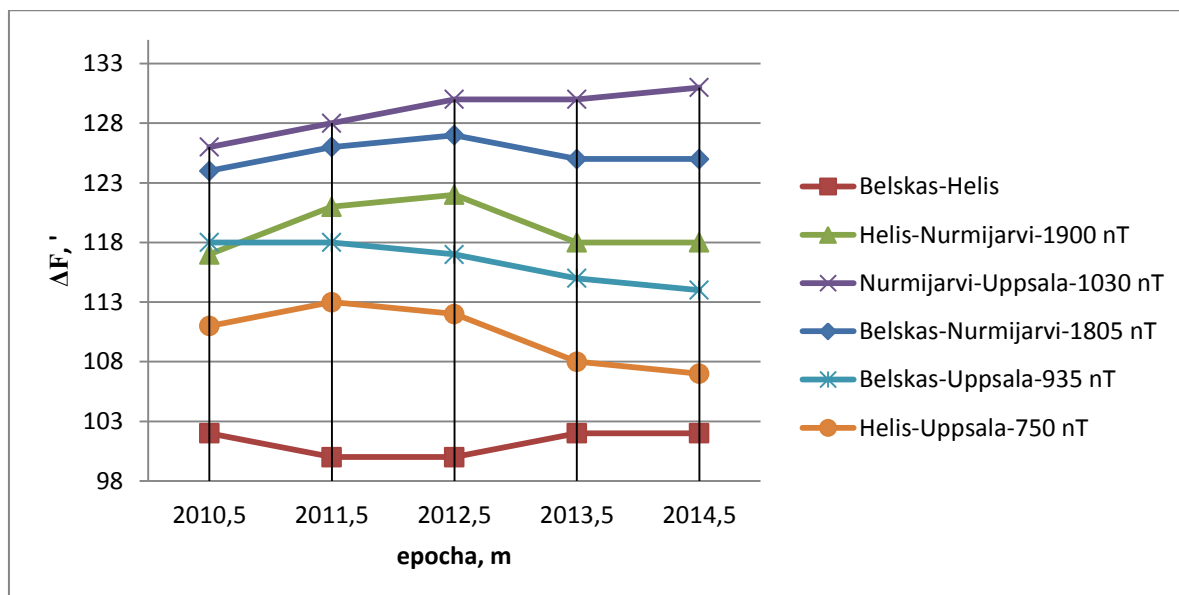
2.12 pav. Inklinacijos vidutinių metinių verčių skirtumų kitimas observatorijose

Grafike puikiai matomas skirtumo tarp verčių kitimas nuo 2010,5 m. iki prognozuojamos 2014,5 m. epochos. Nurmijarvi-Uppsala ir Helis-Nurmijarvi observatorijų kreivės išlaiko tiesiaiegi tolygų kitimą, vadinasi galima priimti, kad inklinacijos vidutinių metinių verčių skirtumas tarp šių observatorijų, šiuo laikotarpiu, buvo vienodas. Šiek tiek kitaip atrodo kreivė vaizduojanti skirtumo tarp Belsko ir Helio kitimą. 2010,5-2012,5 epochoje, skirtumas tarp inklinacijos reikšmių buvo vienodas – 109,6', o nuo 2012 metų iki prognozuojamos 2014 metų vertės jis didėjo iki 110,1'. Skirtumai tarp Belskas-Nurmijarvi, Belskas-Uppsala ir Helis-Uppsala vidutinių metinių inklinacijos reikšmių laikotarpyje nuo 2010 m. iki prognozuojamų 2014 m. išliko beveik nepakitę

Geomagnetinės indukcijos vidutinių metinių verčių skirtumo tarp observatorijų skaičiavimo rezultatai matomi 2.15 lentelėje. Gauti skirtumai tarp tų pačių lyginamų observatorijų, epochose nuo 2012,5 iki prognozuojamos 2014,5 nežymūs, iki 5 nT. 2.13 paveiksle matome kreives, kurios vaizduoja skirtumo kitimą duotoje epochoje. Skirtumai suvienodinti geresnei analizei.

2.15 lentelė. Skirtumai tarp geomagnetinio intensyvumo vidutinių metinių reikšmių observatorijose

Epocha	ΔF , nT					
	Belskas-Helis	Belskas-Nurmijarvi	Belskas-Uppsala	Helis-Nurmijarvi	Hel-Uppsala	Nurmijarvi-Uppsala
2010,5	102	2024	1148	1922	1046	876
2011,5	100	2026	1148	1926	1048	878
2012,5	100	2027	1147	1927	1047	880
2013,5	102	2025	1145	1923	1043	880
Progn. 2014,5	102	2025	1144	1923	1042	881



2.13 pav. Geomagnetinio intensyvumo vidutinių metinių verčių skirtumų kitimas observatorijose

Aukščiau pateiktame grafike skirtumas ΔF Nurmijarvi-Uppsala observatorijose nuo 2010 metų iki prognozuojamos 2014-ųjų kryptingai didėjo, o tuo tarpu kreivė Belskas-Uppsala pastoviai leidosi. Skirtumas tarp Belsko ir Helio metiniu verčių 2010,5-2014,5 epochose kito daugiausiai 2nT ir galima priimti, kad buvo pastovus. Išvelgiamas panašus kitimas Helis-Nurmijarvi ir Belskas-Nurmijarvi kreivėse, kur skirtumas epochose 2010,5-2012,5 kryptingai didėjo, o 2012,5-2013,5 m. mažėjo. Skirtumas tarp F parametro verčių kreivėje Helis-Uppsala laikotarpyje 2010,5-2011,5 m. augo, pasiekė 148 nT, o 2011,5-2013,5 m. kryptingai leidosi.

Prognozuojamos 2014,5 epochos geomagnetinio lauko parametrų vertės amžių tyrimų punktui Žiežmariai apskaičiuotos pagal 2.4–2.9 formules. Rodmenys redukuoti pagal Belsko, Helio, Nurmijarvi bei Uppsala geomagnetines observatorijas. Rezultatai pateikti 2.16 lentelėje.

2.16 lentelė. Prognozuojamos 2014.5 epochos geomagnetinio lauko parametrų vertės Žiežmarių punkte

Parametrų vertės	Observatorija			
	Belskas	Helis	Nurmijarvi	Uppsala
Deklinacija D°''	7 45 21	7 44 51	7 42 58	7 42 42
Inklinacija I°''	69 57 04	69 57 17	69 55 29	69 56 14
Indukcija F , nT	51016,6	51022,8	51013,0	51021,6

Kaip matome prognozuojamos vertės pagal skirtingas observatorijas nesutampa. Deklinacija skiriasi nuo $7^{\circ} 45' 21''$ redukuojant Belsko observatorijos atžvilgiu, iki $7^{\circ} 42' 42''$ Uppsalos observatorijos atžvilgiu. Lygiai panašiai yra su inklinacija I ir geomagnetine indukcija F . Mažiausios vertės gautos redukuojant parametrus pagal Belsko observatoriją, o didžiausios pagal Uppsalą geomagnetinę observatoriją. Tikslesnei analizei reikėtų atlikti daugiau matavimų.

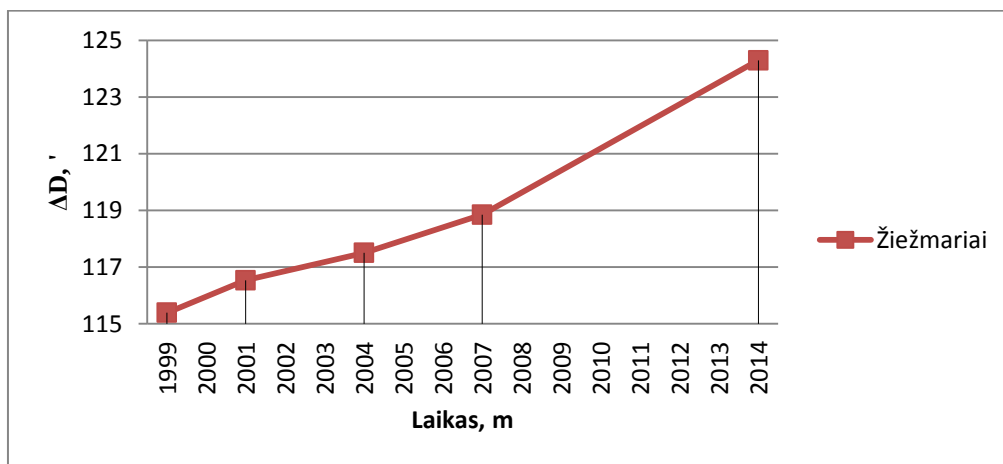
3. GEOMAGNETINIO LAUKO AMŽIŲ VARIACIJŲ NUSTATYMAS IR ANALIZĖ AMŽIŲ VARIACIJŲ TYRIMŲ PUNKTE ŽIEŽMARIAI

Kaip minėjau 4 skyriuje, Lietuvoje yra 6 amžių variacijų tyrimų punktai, tarp kurių punktas Žiežmariuose, kuriame 2014 metais darbo autorius atliko deklinacijos, inklinacijos ir geomagnetinio intensyvumo matavimus. Rezultatai apdoroti ir redukuoti į vidutines metines reikšmes pagal Belsko, Helio, Nurmijarvi ir Uppsala observatorijas. Matavimai Žiežmarių punkte daryti 1999, 2001, 2004 ir 2007 metais. Duomenys apdoroti bei redukuoti pagal Belsko observatoriją.

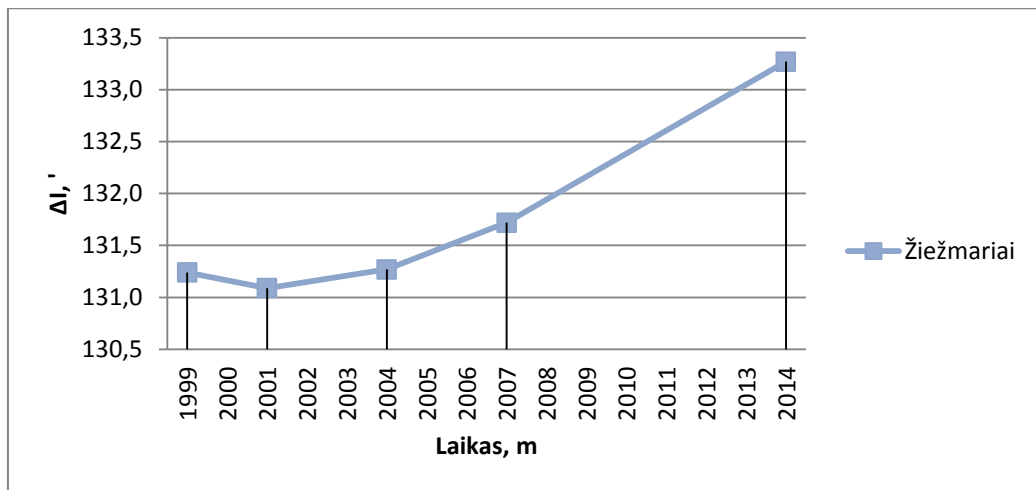
Apskaičiuoti deklinacijos D , inklinacijos I ir geomagnetinės indukcijos F vidutiniai parametrai verčių skirtumai tarp Belsko observatorijos ir Lietuvos teritorijos geomagnetinio lauko tinklo punkto Žiežmariai pateikti 3.1 lentelėje. Skirtumas tarp redukuotų reikšmių punkte ir vidutinių metinių verčių observatorijoje pavaizduotas 3.1–3.3 paveiksluose.

3.1 lentelė. Geomagnetinio lauko parametrai verčių skirtumai

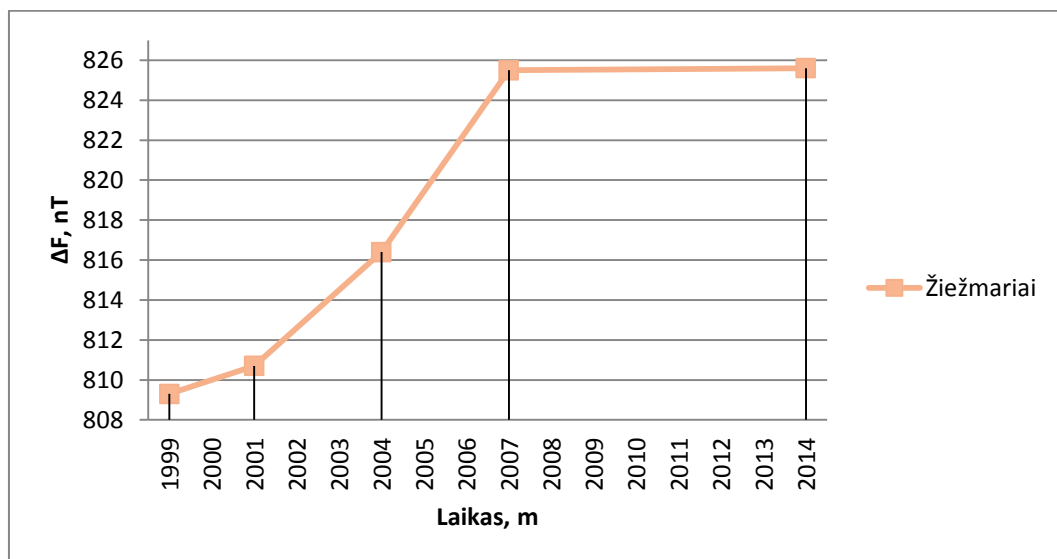
Eil.Nr.	Epocha	ΔF , nT	ΔD '	ΔI '	Nustatymo paklaida		
					$m_{\Delta F}$, nT	$m_{\Delta D}$ '	$m_{\Delta I}$ '
1	1999,5	809,3	115,39	131,24	1,9	1,03	0,33
2	2001,5	810,7	116,54	131,09	1,3	0,59	0,13
3	2004,5	816,4	117,50	131,27	2,9	0,09	0,08
4	2007,5	825,5	118,85	131,72	5,9	0,34	0,08
5	Progn. 2014,5	825,6	124,29	133,27	2,1	1,38	0,27



3.1 pav. Deklinacijos verčių skirtumai



3.2 pav. Inklinacijos verčių skirtumai



3.3 pav. Geomagnetinės indukcijos verčių skirtumai

Pagal atliktus tyrimus matyti, kad deklinacijos verčių skirtumas tarp punkto Žiežmariai ir Belsko observatorijos vis didėja. 1999 metais skirtumas buvo 115,39', o pagal nustatytas 2014 metų vertes yra 124,29'. Deklinacijos kitimas nėra tolygus. Matomi kreivės augimo skirtumai tarp atskirų nagrinėjamų epochų ir iš grafiko matyti, kad deklinacijos skirtumas epochoje 2007,5-2014,5 yra didžiausias.

Analizuojant gautus inklinacijos rezultatus pastebime, kad epochoje 1999,5-2001,5 skirtumas tarp metinių inklinacijos verčių punkte ir observatorijoje mažėjo, tačiau nuo 2001 metų iki 2014 metų matomas palaipsnis skirtumo augimas. Pagal kitimo tendencijas matome, kad skirtumas pastoviai didėja.

Geomagnetinio intensyvumo metinis skirtumas nuo 1999 iki 2007 metų augo, o pats augimas primena parabolę. 2007,5-2014,5 m. epochų skirtumas išliko vienodas.

Geomagnetinio lauko parametrų vidutinės metinės vertės observatorijoje pateiktos 3.2 lentelėje, o punkte Žiežmariai – 3.3 lentelėje.

3.2 lentelė. Vidutinės metinės parametrų vertės Belsko observatorijoje

Geomagnetinio lauko parametrai	Metinės parametrų vertės Belsko observatorijoje				
	1999,5 m.	2001,5 m.	2004,5 m.	2007,5 m.	Progn. 2014,5 m.
D ° ' "	4 02 32	4 13 00	4 29 24	4 45 48	5 41 07
I ° ' "	67 34 18	67 35 58	67 37 56	67 38 24	67 43 48
F, nT	49689,2 nT	49759,6 nT	49874,0 nT	49963 nT	50191 nT

3.3 lentelė. Vidutinės metinės parametrų vertės amžių variacijų tyrimų punkte Žiežmariai

Geomagnetinio lauko parametrai	Metinės parametrų vertės punkte Žiežmariai				
	1999,5 m.	2001,5 m.	2004,5 m.	2007,5 m.	Progn. 2014,5 m.
D ° ' "	5 57 55	6 19 32	6 26 54	6 44 39	7 45 21
I ° ' "	69 45 33	69 47 03	67 49 10	69 50 07	69 57 04
F, nT	50498,5 nT	50570,3 nT	50690,4 nT	50789,0 nT	51016,6 nT

Įvertinsime parametrų amžių variacijas punkte Žiežmariai ir Belsko observatorijoje 1999,5-2001 m., 2001,5-2004,5 m., 2004,5-2007,5 m. ir 2007,5-2014,5 m. bei pateiksime metinius pakitimus (3.4–3.5 lentelė).

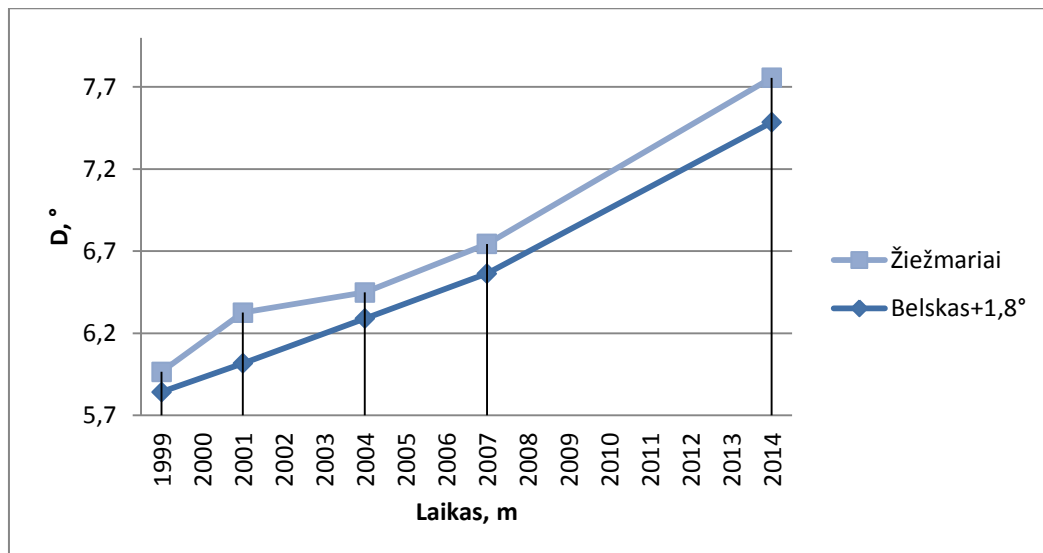
3.4 lentelė. Geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijos punkte Žiežmariai

Eil.Nr.	Laikotarpis	D ' "	I ' "	F, nT	Vidutinis metinis pakitimas		
					δD ' "	δI ' "	δF, nT
1	1999,5-2001,5	+11,62	+1,50	+71	+5,81	+0,75	+36
2	2001,5-2004,5	+17,37	+2,12	+120	+5,79	+0,71	+40
3	2004,5-2007,5	+17,75	+0,95	+99	+5,92	+0,32	+33
4	2007,5-2014,5	+60,70	+6,95	+228	+8,67	+0,99	+33

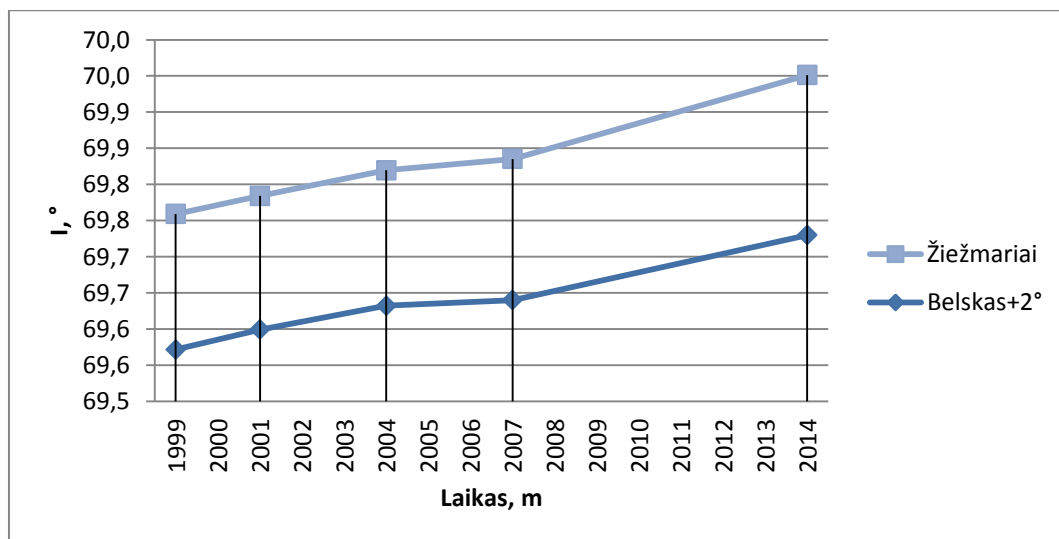
3.5 lentelė. Geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijos observatorijoje Belske

Eil.Nr.	Laikotarpis	D ' "	I ' "	F, nT	Vidutinis metinis pakitimas		
					δD ' "	δI ' "	δF, nT
1	1999,5-2001,5	+10,50	+1,70	+71	+5,25	+0,85	+36
2	2001,5-2004,5	+16,40	+1,90	+114	+5,47	+0,63	+38
3	2004,5-2007,5	+16,40	+0,50	+89	+5,47	+0,17	+30
4	2007,5-2014,5	+55,30	+5,10	+229	+7,90	+0,73	+33

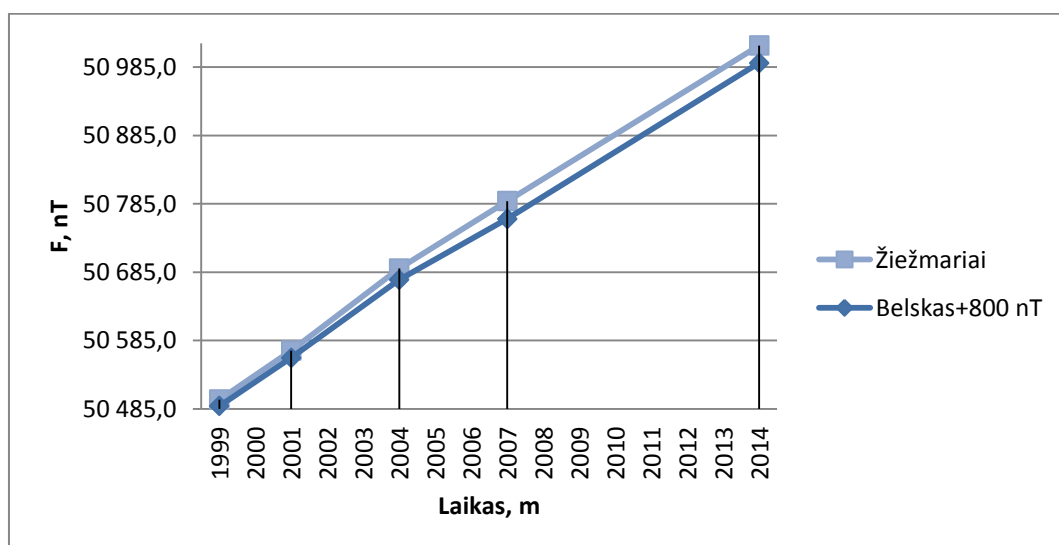
Amžių variacijų tyrimo punkto ir Belsko observatorijos geomagnetinio lauko parametrų verčių variacijos pavaizduotos 3.4–3.6 paveiksluose. Vertėms suvienodinti deklinacijos variacijų grafike (3.4 pav.) prie Belsko observatorijos vidutinių metinių verčių pridėta 1,8°, inklinacijos grafike (3.5 pav.) pridėta 2°, o geomagnetinio intensyvumo grafike (3.6 pav.) prie Belsko observatorijos pridėta 800 nT.



3.4 pav. Deklinacijos variacijos



3.5 pav. Inklinacijos variacijos



3.6 pav. Geomagnetinės indukcijos variacijos

1999 metais pirmą kartą atlikti geomagnetinio lauko parametrų matavimai Žiežmarių punkte. 1999-2001 m. laikotarpyje deklinacijos metinis pakitimas tiriamam punkte buvo 5,81'. Mažiausias metinis pakitimas (5,79') užfiksuotas sekančiam tyrimo laikotarpį 2001-2004. Didžiausias metinis pakitimas užfiksuotas 2007-2014 metais ir siekia 8,67'. Pakitimas gautas gan didelis, todėl įvertinti vidutinių metinių deklinacijos verčių pakitimai Belsko observatorijoje tais pačiais laikotarpiais. Prieita išvados, kad visais nagrinėjamais laikotarpiais, deklinacijos metinis pokytis Belsko observatorijoje buvo mažesnis negu tiriamam punkte ir kryptingai didėjo nuo 2004 m. Observatorijoje laikotarpyje 2007-2014 užfiksuotas taip pat didelis metinis pakitimas, lygus 7,90'. Atsižvelgus į tai, kad skirtumas tarp deklinacijos metinių verčių nuo 2004 metų vis didėjo, konstatuojama, kad gauti deklinacijos matavimų rezultatai yra teisingi. Deklinacijos variacijas punkte ir observatorijoje puikiai išreiškia 3.4 paveikslas.

Inklinacijos metinis pakitimas punkte Žiežmariai 1999-2007 m. mažėjo ir pasiekė 0,32'. Laikotarpyje 2007-2014 užfiksuotas metinio pakitimo padidėjimas iki 0,99'. Lygiai toks pat metinių pokyčių išsidėstymas pastebėtas Belsko observatorijoje. Joje 2004-2007 metais vidutinis metinis pakitimas buvo mažiausias iš nagrinėjamo laikotarpio ir siekė 0,17', o laikotarpyje 2007-2014 padidėjo iki 0,73'. 3.5 paveiksle matome, kaip lygiagrečiai Žiežmarių punkto ir Belsko observatorijos kreivės.

Geomagnetinės indukcijos vidutinis metinis pakitimas punkte 1999,5–2001,5 m. laikotarpiu yra 36 nT, 2001,5–2004,5 m. laikotarpiu – 40 nT, 2004,5-2007,5 m. laikotarpiu – 33 nT, o 2007,5-2014,5 m. laikotarpiu – 33 nT. Geomagnetinio intensyvumo metiniame pakitime laikui bėgant negalima įžvelgti kryptingumo. Belsko observatorijoje 199,5-2001,5 m. ir 2007,5-2014,5 m. laikotarpuose gauti tokie patys metiniai pokyčiai kaip amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai.

4. MATAVIMO DUOMENŲ REDUKAVIMAS PANAUDOJUS KOMPIUTERINES PROCEDŪRAS

Deklinacijos ir inklinacijos matavimai amžių variacijų tyrimo punktuose atliekami nemagnetiniais teodolitais, o matavimų duomenys užrašomi į žurnalus. Gauti rezultatai redukuojami į vidutines metines parametrų vertes. Redukavimui atlikti būtina suskaičiuoti skirtumus tarp parametrų tuo pačiu laiko momentu punkte ir observatorijoje. Geomagnetinėse observatorijos geomagnetinio lauko parametrai stebimi ištisai ir duomenys gaunami kas 1 minutė. Skirtumams suskaičiuoti tuo pačiu laiko momentu būtina atrinkti reikiamus parametrus iš magnetinių observatorių duomenų. Iki šiol plačiai naudojamos duomenų redukavimo programos, atliekančios skaičiavimus, iš observatorių matavimo duomenų atrenka parametrų reikšmes pagal įvestą pirmojo matavimų ruožto matavimo laiko momentą. Užsitęsus matavimui ar esant neramiam magnetiniam laukui gali atsirasti didelės redukavimo klaidos.

Sukurtos kompiuterinės programos momentiniams magnetinio lauko parametrų (deklinacijos ir inklinacijos) skirtumams skaičiuoti (Priedas Nr. 3–4). Kompiuterinės programos sukurtos panaudojus *FoxPro* programavimo kalbą.

Skirtumams suskaičiuoti būtina turėti iš observatorijos. Internetiniame puslapyje www.intermagnet.org pasirinkus observatoriją bei matavimų dieną galima parsisiųsti reikalingus duomenis (4.1 pav.). Parsisiųstos bylos būna *.min formatu, todėl reikia jį išsaugoti į *.txt formatą. Parsiųstos duomenų bylos fragmentas 2014-05-03 dienos laikotarpiui, pateiktas 4.2 paveiksle. Duomenų bylą sudaro informacija apie duomenų formatą, observatorijos pavadinimas, kodas, geografinė observatorijos ilguma ir platumas, matavimų intervalas, duomenų tipas. Pasibaigus bendrai informacijai matomi matavimų duomenys: data, laikas, komponentų x,y,z reikšmės bei geomagnetinės indukcijos F parametro vertė. Deklinacijos ir inklinacijos matavimų punkte žurnalų pavyzdžiai pateikti 2 skyriuje (2.1–2.2 pav.).



INTERMAGNET

- INTERMAGNET
- Data
- Observatories (IMOs)
- Participating Institutes
- Publications/Softwares
- How to Reach Us

Home » INTERMAGNET Data » Data Download

Conditions of Use

Data Download

Data Formats

Observatory Plots

Magnetic Field (XYZ)

Magnetic Field (HDZ)

Declination/Inclination

Rate of Change (dB/dt)

CD-ROM/DVD (Definitive data)

List of Available CDs/DVD

CD-ROM/DVD Production

Data Download

► How to use the Data Download application

Sample Rate	minute
Data Type	best available of all types
Data Format	IAGA2002
Start Date (YYYY-MM-DD)	2014 05 03
End Date (YYYY-MM-DD)	2014 05 03
Filter by:	► Regions ► Latitudes
Search for data	

Quick actions

Select all files Unselect all files

+ ABK, Abisko	1 available file, 0 not available	Select all files for ABK
+ BDV, Budkov	1 available file, 0 not available	Select all files for BDV
- BEL, Belsk	1 available file, 0 not available	Select all files for BEL
2014-05-03	bel20140503vmin.min, available	Add file

4.1 pav. Internetinio puslapio langas geomagnetinės observatorijos duomenis parsisiųsti

```

bel20140503vmin - Notepad
File Edit Format View Help
Format                IAGA-2002
Source of Data        Polish Academy of Sciences
Station Name          Belsk
IAGA CODE             BEL
Geodetic Latitude     51.800
Geodetic Longitude    20.800
Elevation
Reported              XYZF
Sensor Orientation
Digital Sampling
Data Interval Type    1-minute
Data Type             variation
# This data file was created using INTERMAGNET data
# from the Edinburgh GIN. These data were acquired
# from an INTERMAGNET reported data file.
# Final data will be available on the INTERMAGNET DVD
# Go to www.intermagnet.org for details on obtaining this product.
# CONDITIONS OF USE: The conditions of use for data provided
# through INTERMAGNET and acknowledgement templates can be found
# at www.intermagnet.org
DATE      TIME      DOY      BELX      BELY      BELZ      BELF
2014-05-03 00:00:00.000 123      18946.90   1874.50   46441.60   50191.60
2014-05-03 00:01:00.000 123      18947.40   1874.60   46441.10   50191.50
2014-05-03 00:02:00.000 123      18947.60   1874.70   46441.10   50191.50
2014-05-03 00:03:00.000 123      18947.40   1874.60   46441.40   50191.70
2014-05-03 00:04:00.000 123      18947.50   1874.60   46441.40   50191.70
2014-05-03 00:05:00.000 123      18947.10   1874.50   46441.40   50191.60
2014-05-03 00:06:00.000 123      18946.70   1874.60   46441.70   50191.70

```

4.2 pav. Duomenų bylos *.txt formatu pavyzdys

Siekiant kuo geresnių rezultatų, matavimo metu svarbu tiksliai fiksuoti atskaitymo laiką. Atliekant deklinacijos ir inklinacijos skirtumo skaičiavimus tarp punkto ir observatorijos, iš observatorijos duomenų bus paimti duomenys lygiai tais pačiais laiko momentais, kaip atliekami matavimai punkte.

Visi matavimai, kuriuos 2014-05-03 darbo autorius atliko Žiežmarių amžių variacijų tyrimo punkte redukuoti panaudojus savarankiškai sukurtas programas. Matavimai atlikti nemagnetiniu teodolitu, kurio matavimo vienetai – gonai. Programa sudaryta taip, kad įvesties duomenys yra gonai, o išvesties laipsniai, minutės, sekundės. Programų duomenų įvedimo langas pateiktas 4.3–4.4 paveiksluose.

DEKLINACIJOS SKAICIAVIMAS			
Matavimu data: 2014-05-03			
1 ruožto atskaitymo laikas:	10:34		
2 ruožto atskaitymo laikas:	10:36		
3 ruožto atskaitymo laikas:	10:41		
4 ruožto atskaitymo laikas:	10:43		
Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis į vakarus			
G	76	c 19	cc 48
Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis į rytus			
G	275	c 87	cc 94
Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis apacioje, kryptis į rytus			
G	77	c 3	cc 12
Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis apacioje, kryptis į vakarus			
G	274	c 38	cc 9
Horizontaliojo skritulio atskaita, kai padėtis SK, kryptis į objekta			
G	217	c 4	cc 84
Horizontaliojo skritulio atskaita, kai padėtis SD, kryptis į objekta			
G	17	c 5	cc 14
Astronominis azimutas			
G	44	c 43	cc 47

4.3 pav. Deklinacijos matavimo duomenų įvedimas

INKLINACIJOS SKAICIAVIMAS			
Matavimu data: 2014-05-03			
1 ruožto atskaitymo laikas:	10:52		
2 ruožto atskaitymo laikas:	10:54		
3 ruožto atskaitymo laikas:	10:57		
4 ruožto atskaitymo laikas:	10:59		
Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis į šiaurę			
G	77	c 67	cc 64
Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis apacioje, kryptis į pietus			
G	277	c 66	cc 30
Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis apacioje, kryptis į šiaurę			
G	322	c 25	cc 80
Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis į pietus			
G	122	c 27	cc 28

4.4 pav. Inklinacijos matavimo duomenų įvedimas

Deklinacijos ir inklinacijos duomenų įvedimo langai yra paprasti ir aiškūs. Skaičiavimas pradėti deklinacijos programoje būtina įvesti: matavimų datą; atskaitymo laikus; 4 horizontaliojo skritulio atskaitas, kaip prietaiso žiūronas nukreiptas į rytus ir į vakarus, kai daviklis virsuje ir apačioje; horizontalaus skritulio atskaitas vizuojant į vizavimo objektą SK ir SD padėtyse; vizavimo krypties astronominį azimutą.

Deklinacijos žurnalas skaičiuojamas taip: iš kryptių, statmenų magnetinio lauko linijoms, apskaičiuojama magnetinio lauko jėgų linijų kryptis prie dviejų daviklio padėčių – viršuje ir apačioje, pagal formules:

$$\alpha_{v.} = \frac{(\alpha_{vw} + \alpha_{ve})}{2}, \quad (4.1)$$

$$\alpha_{a.} = \frac{(\alpha_{ae} + \alpha_{aw})}{2}, \quad (4.2)$$

$$\alpha_{vid.} = \frac{(\alpha_v + \alpha_a)}{2}, \quad (4.3)$$

,čia: α_{vw} - kryptis, statmena magnetinio lauko linijoms į vakarus, kai daviklis viršuje,
 α_{ve} - kryptis, statmena magnetinio lauko linijoms į rytus, kai daviklis viršuje,
 α_{ae} - kryptis, statmena magnetinio lauko linijoms į rytus, kai daviklis apačioje,
 α_{aw} - kryptis, statmena magnetinio lauko linijoms į vakarus, kai daviklis apačioje.

Iš kryptių į vizavimo objektą, prie dviejų horizontaliojo skritulio padėčių SK ir SD, apskaičiuojamas kampas į vietovės objektą, pagal formules:

$$\alpha_{obj} = \frac{(SK + SD - 200^g)}{2}, \quad (4.4)$$

Krypties magnetinis azimutas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_m = \alpha_{obj} - \alpha_{vid}, \quad (4.5)$$

,čia: α_{obj} - horizontalus kampas į vietovės objektą,

α_{vid} - magnetinio lauko linijų kryptis.

Deklinacijos reikšmė matuojamame punkte apskaičiuojama pagal formulę:

$$D_{pkt} = A_m - A_\alpha, \quad (4.6)$$

,čia, A_α - astronominis azimutas į matuojamą objektą;

A_m - krypties magnetinis azimutas.

Inklinacijos skaičiavimai atliekami taip: iš kryptių, lygiagrečių magnetinio lauko linijoms, apskaičiuojama magnetinio lauko jėgų linijų kryptis prie dviejų daviklio padėčių – viršuje ir apačioje, pagal formules:

$$\beta_{1.} = \frac{(\beta_{vn} + \beta_{as} - 180^\circ)}{2}, \quad (4.7)$$

$$\beta_2 = \frac{(360^\circ - \beta_{an} + 180^\circ - \beta_{vs})}{2}, \quad (4.8)$$

$$\beta_{vid.} = \frac{(\beta_1 + \beta_2)}{2}, \quad (4.9)$$

,čia: β_{vn} - kryptis, lygiagreti magnetinio lauko linijoms į šiaurę, kai daviklis viršuje,
 β_{as} - kryptis, lygiagreti magnetinio lauko linijoms į pietus, kai daviklis apačioje,
 β_{an} - kryptis, lygiagreti magnetinio lauko linijoms į rytus, kai daviklis apačioje,
 β_{vs} - kryptis, lygiagreti magnetinio lauko linijoms į vakarus, kai daviklis viršuje.

Paskaičiavus deklinaciją ir inklinaciją pagal aukščiau pateiktas formules gaunami rezultatai (4.5–4.6 pav.).

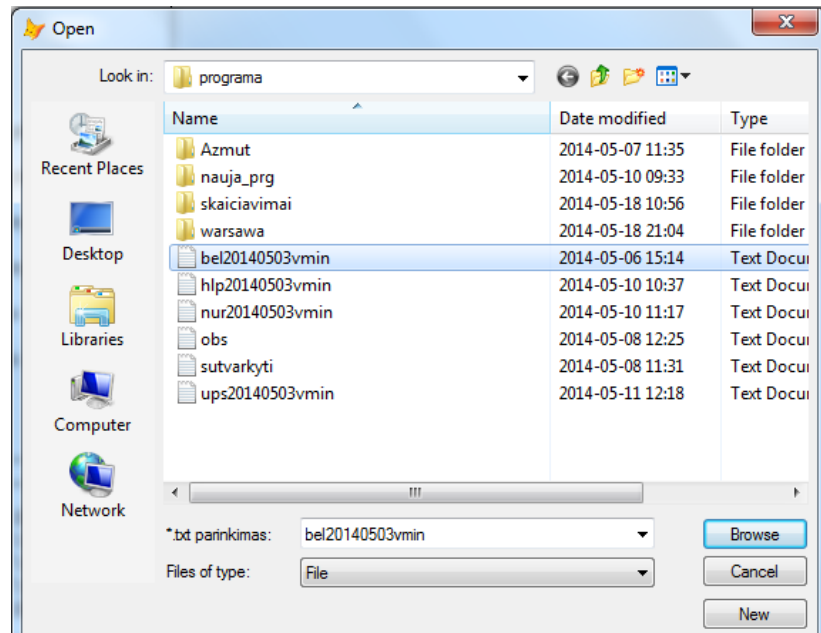
Magnetinio lauko liniju kryptis	158L 17M 3.00S
Kryptis i objekta	195L 20M 41.00S
Magnetinis azimutas i objekta	37L 3M 37.00S
Astronominis azimutas i objekta	44L 43M 47.00S
Deklinacija punkte	7L 40M 9.00S

4.5 pav. Deklinacijos rezultatų langas

Inklinacija punkte	69L 55M 54.00S
--------------------	----------------

4.6 pav. Inklinacijos rezultatų langas

Pateikus ekrane gautus rezultatus programa prašo vartotoją parinkti observatorijos *.txt bylą pagal kurią bus atliekami skirtumų skaičiavimai (4.7 pav.)



4.7 pav. Observatorijos duomenų pasirinkimo langas

Observatorijose matuojamos X, Y, Z dedamosios bei F parametras, o deklinacijos ir inklinacijos reikšmės apskaičiuojamos pagal ryšio formules. Kompiuterinė programa suranda magnetinio lauko parametrų reikšmes, pagal pasirinktą matavimo laiką, bei apskaičiuoja tuo pačiu laiko momentu deklinacijos ir inklinacijos reikšmes observatorijoje pagal formules:

$$D_{obs_n} = a \tan\left(\frac{Y_n}{X_n}\right), \quad (4.10)$$

$$I_{obs_n} = \arctan\left(\frac{X_n}{Y_n}\right), \quad (4.11)$$

čia: X - vektoriaus F šiaurinė dedamoji; Y – vektoriaus F rytinė dedamoji; n – matavimo laikas

Deklinacijos skirtumo reikšmė tuo pačiu laiko momentu tarp punkto ir observatorijos skaičiuojama pagal formulę:

$$\Delta D_n = D_{pnkt} - D_{obs_n}, \quad (4.12)$$

Inklinacijos skirtumo reikšmė tuo pačiu laiko momentu tarp punkto ir observatorijos skaičiuojama pagal formulę:

$$\Delta I_n = I_{pnkt} - I_{obs_n}, \quad (4.13)$$

Vidutinė deklinacijos skirtumo reikšmė tarp punkto ir observatorijos apskaičiuojama

pagal formulę:

$$\Delta D_{vid} = \frac{\sum_{n=1}^n \Delta D_n}{n}, \quad (4.14)$$

Vidutinė inklinacijos skirtumo reikšmė tarp punkto ir observatorijos apskaičiuojama analogiškai kaip deklinacijos, pagal formulę:

$$\Delta I_{vid} = \frac{\sum_{n=1}^n \Delta I_n}{n}, \quad (4.14)$$

Programomis atlikus anksčiau aprašytus veiksmus gaunami deklinacijos ir inklinacijos skirtumai tarp punkto ir pasirinktos geomagnetinės observatorijos (4.8–4.9 pav.). Kaip matome iš Belsko observatorijos duomenų bylos buvo užkrauti X,Y,Z komponentės bei F parametras. Pagal juos buvo paskaičiuotos deklinacijos ir inklinacijos vertės duotu laiko momentu, bei paskaičiuoti verčių vidurkiai. Skaiciuojami išmatuotų parametų skirtumai.

Skaiciavimo rezultatai

Deklinacija					
Laiko momentas	2014-05-03	10:34	10:36	10:41	10:43
BelX		18931.60	18931.20	18932.00	18931.70
BelY		1848.60	1848.80	1847.10	1847.10
BelZ		46411.60	46410.90	46410.20	46409.90
BelF		50157.10	50156.40	50155.90	50155.60
Deklinacija observatorijoje		5L 34m 37s	5L 34m 39s	5L 34m 20s	5L 34m 21s
Deklinacija punkte		7L 40m 9s			
Deklinacijos skirtumas		2L 5m 31s	2L 5m 29s	2L 5m 48s	2L 5m 48s
Vidutinis deklinacijos skirtumas		2L 5m 39s			

4.8 pav. Deklinacijos skaičiavimo rezultatų langas

Skaiciavimo rezultatai

Inklinacija					
2014-05-03					
Laiko momentas		10:52	10:54	10:57	10:59
BelX		18932.00	18932.20	18932.70	18933.20
BelY		1844.90	1844.40	1843.50	1843.40
BelZ		46407.80	46407.80	46407.00	46406.60
BelF		50153.60	50153.70	50153.10	50152.90
Inklinacija observatorijoje		67L42m 43s	67L42m 43s	67L42m 40s	67L42m 38s
Inklinacija punkte		69L55m 54s			
Inklinacijos skirtumas		2L 13m 11s	2L 13m 11s	2L 13m 14s	2L 13m 16s
Vidutinis inklinacijos skirtumas		2L 13m 13s			

4.9 pav. Inklinacijos skaičiavimo rezultatų langas

Sudarytos programos automatiškai paskaičiuoja matavimų ruožų vidurkius, pagal matavimų datą bei atskaitymo laiką iš nurodytos bylos paima observatorijos duomenis (X,Y,Z), apskaičiuoja deklinacijos reikšmes observatorijoje bei atlieka skirtumų skaičiavimus.

IŠVADOS

1. Lietuvos teritorijos amžių variacijų tyrimo punkte Žiežmariai išmatuoti geomagnetinio lauko parametrai: deklinacija, inklinacija ir magnetinė indukcija. Parametrai redukuoti į vidutines metines reikšmes pagal Belsko, Helio, Nurmijarvi ir Uppsala geomagnetines observatorijas. Nustatyta, kad tinkamiausia atliktų matavimų duomenis redukuoti pagal Belsko ir Helio observatorijas. Helio observatorija yra prie Baltijos jūros, todėl siekiant išvengti jūros poveikio geomagnetiniam laukui tikslinga redukavimus daryti Belsko observatorijos atžvilgiu.
2. Įvertinti parametrų kitimai tyrimo punkte Žiežmariai laikotarpiuose 1995,5 m.–2001,5 m., 2001,5 m.–2004,5 m., 2004,5 m.–2007,5 m. ir 2007,5 m.–2014,5 m. Nustatyta, kad nuo 2001,5 m. iki 2014,5 m. magnetinės deklinacijos ir inklinacijos skirtumai tarp punkto Žiežmariai ir Belsko observatorijos nuolat auga, o tuo tarpu geomagnetinio intensyvumo skirtumai 1999,5 m.–2007,5 m. didėjo, o laikotarpyje 2007,5 m.–2014,5 m. pakito tik 0,1 nT.
3. Remiantis geomagnetinio lauko parametrų matavimo duomenimis 1995,5 m.–2001,5 m., 2001,5 m.–2004,5 m., 2004,5 m.–2007,5 m. ir 2007,5 m.–2014,5 m. laikotarpiuose, įvertintas jų metinis pakitimas. Didžiausias metinis pakitimas užfiksuotas paskutiniam nagrinėjamam laikotarpį ir deklinacijai jis yra: +8,7', inklinacijai: +1,0', geomagnetiniam intensyvumui: +33 nT. Pastebimas žymus pakitimas lyginant su metinėm reikšmėm 2004,5 m.–2007,5 m. laikotarpyje, kurios deklinacijai buvo: +5,92', inklinacijai: +0,32', geomagnetinis intensyvumas per tuos metus nepakito.
4. Geomagnetinio lauko kitimas nėra pastovus, todėl būtina periodiškai tęsti geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijų tyrimus. Tikslinga būtų nustatyti geomagnetinio lauko parametrus likusiuose penkiuose Lietuvos teritorijos amžių variacijų tyrimo punktuose, kadangi paskutinį kartą, matavimai juose atlikti 2007 m.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Blagoveshchenskaya, N. F.; Vovk V. Ya.; Moskvina, I. V. 1996. Dynamic Processes in the Ionosphere during Substorm Inferred from Oblique Backscattering Data. *Geomagnetism and Aeronomy*, 129–134 p. ISSN 0016-7932.
2. Confusion about the north magnetic pole. [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-03-11]. Prieiga per internetą: <http://www.school-for-champions.com/science/magnetic_pole_confusion.htm#U4pYUnZUbfU>.
3. De Michelis, P.; Cafarella, L.; Meloni, A. 2000. A global analysis of the 1991 geomagnetic jerk. *Geophys Journal Int.* 143. 545-556 p.
4. *Earth's magnetic field* [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-02-05]. Prieiga per internetą: <<http://www.eolss.net/ebooks/sample%20chapters/c01/e6-16-04-01.pdf>>.
5. Gunnarsdottir, E.L. 2012. *The Earth's magnetic field*. Physics Department, School of Engineering and Natural Sciences, University of Iceland. 54 p.
6. Intermagnet [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-05-04]. Prieiga per internetą: <<http://www.intermagnet.org/data-donnee/download-eng.php>>.
7. Introduction to Geophysics. [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-04-21]. Prieiga per internetą: <<http://www.staff.uni-bayreuth.de/~bt220235/classes/intro-geophys/lecture9.html>>
8. Janowski, B.M. 1958. *Magnetyzm Ziemi*. Warszawa: Państwowe wydawnictwo naukowe. 170-277 p.
9. Jankowski, J.; Sucksdorff, C. 1996. *Guide for magnetic measurements and observatory practise*. Warszawa: Zespół Wydawniczy Centrum Badań Kosmicznych PAN. 238 p.
10. Lanza, R.; Meloni, A. 2006. *The Earth's Magnetism*. Germany: Springer. 267 p.
11. Observation of the Earth's magnetic field [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-05-03]. Prieiga per internetą: <<ftp://geosp-server.aquila.infn.it/iss/Geom&Ion08/kerridge.pdf>>
12. Magnetic components [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-04-08]. Prieiga per internetą: <http://geomag.nrcan.gc.ca/mag_fld/comp-eng.php>.
13. Manda, M.; Lühr, H.; Korte, M.; Balasis, G.; Linthe, H.J.; Hemant, K.; Pulz, E.; Ritter, P.; Rother, M.; Stolle, C.; Thébaud, E.; Wardinski, I. 2004/2005. A comprehensive view of the Earth's magnetic field from ground and space observations. GeoForschungsZentrum Potsdam. Prieiga per internetą: <<http://gfzpublic.gfz-potsdam.de>>.
14. MinGeo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-05-04]. Prieiga per internetą: <<http://www.mingeo.com/mainframe.htm?products/theodolit.htm>>

15. National geophysical data centre [interaktyvus]. [žiūrėta 2014-04-28]. Prieiga per internetą: < <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag> >.
16. Obuchovski, R. 2004. Geomagnetinio lauko modelio Lietuvos teritorijoje tikslumo tyrimas. Vilnius, Technika: Goedezija ir kartografija, XXX t., Nr. 1, 14-21 p.
17. Obuchovski, R.; Petroškevičius, P.; Būga, A. 2008. Research on magnetic declination in lithuanian territory. *Aviation* 12(2): 51-56 p.
18. Petroškevičius, P. 1994. Geodezinio azimuto nustatymo galimybės. *Geodezijos darbai*. Nr. 19, Vilnius, 94–100 p.
19. Rason, J. L. 2001. The status of the world-wide network of magnetic observatories, their location and instrumentation. *Contribution to Geophysics and Geodesy*, 427–453 p.
20. Sas-Uhrynowski, A. 2001. Badania geodynamiczne metodami geodezyjnymi, grawimetrycznymi i magnetycznymi na obszarze Polnocno-Zachodniej czesci platformy Prekambryjskiej. Warszawa. Instytut Geodezji i Kartografii. Zakład Geodezji Fizycznej. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego Nr. 9 T 12 E 005 15. 1–60 p.
21. Sas-Uhrynowski, A.; Korte, M.; Scott, J.; Schwarz. 2003. Recommendations for European Magnetic Repeat Station surveys. Workshop on European Magnetic Repeat Station Station Surveys. Niemegk, 1–20 p.
22. Tsvetkov, Yu.P.; Rotanova, N.M.; Belkin, V.A.; Odintsov, S.D. 1996. The Results of Magnetic Surveys at Different Latitudes over the Region of Kursk Magnetic Anomaly. *Geomagnetism and Aeronomy*. 542-546 p. ISSN 0016-7932.
23. The solar wind and solar variability [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2014-03-20]. Prieiga per internetą: < http://ilwsonline.org/publications/Eddy_Chapter3.pdf >.
24. Vaitkevičienė, J. 2003. *Aeronavigacinių žemėlapių panaudojimo aspektai*. Geografija. 45–51 p. ISSN 1392–1096.
25. Vikipedija [interaktyvus], 2014. [žiūrėta 2014-01-15]. Prieiga per internetą: <http://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_magnetic_field>.
26. Wallace, H.C. 2003. *Introduction to geomagnetic field*. Cambridge University Press. 1-332 p. ISBN 0521822068
27. Welker, E.; Zoltowski, A. M. 1993. *Normalne pole zmian wiekowych magnetizmu ziemskiego na obszarze Polski*. Warszawa: Instytut Geodezji i Kartografii. Tom XI, 103–118 p.
28. Welker, E. 2013. *Sposoby pozyskiwania informacji o elementach pola magnetycznego ziemi i ich wykorzystanie w geodezji i nawigacji*, Warszawa: Instytut Geodezji i Kartografii. Monografia Nr. 17, 168 p.

29. Wienart, K.A. 1970. *Notes on geomagnetic observatory and survey practice*. Brussels: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, 217 p.

PRIEDAI

PRIEDAS NR. 1. PRANEŠIMAS RESPUBLIKINĖJE KONFERENCIJOJE „MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS“ „CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA“

16-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“ „CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA“

2013 spalio 25 d.

DIENOTVARKĖ

Mokslo komiteto pirmininkas

Prof. habil. dr. A. Zakarevičius

Mokslo komiteto sekretorius prof. dr. M. Burinskienė

Organizacinio komiteto pirmininkas – doc. dr. G. Paliulis

Sekretorius – doc. dr. R. Bagdžiūnaitė

Dalyvių registracija 9.00-10.00

GEODEZIJOS SEKCIJA

1 posėdis 10.00 – 11.30 2709 a.

1. A. Zakarevičius. Prof. Mykolo Kosčiausko gimimo 100-mečiui: žmogus, pedagogas, mokslininkas.
2. R. Czaplis. Geomagnetinis laukas ir jo kitimas.
3. A. Bernatavičiūtė. Pastato skaitmeninis projektavimas panaudojant BIM (stendinis pranešimas).
4. D. Dambrauskaitė. Žemės plutos horizontaliųjų deformacijų tyrimas Baltijos regione pagal GPS matavimų duomenis (stendinis pranešimas).
5. G. Motiejūnaitė. GPS matavimais nustatytų ir perskaičiuotų trianguliacijos punktų į LKS-94 sistemą koordinačių nesutapimai Ukmergės rajone.
6. A. Motiejūnaitė. Žemės sklypų planų, prilyginamų detaliojo teritorijų planavimo dokumentui, apžvalga. Bus stendinis pranešimas.
7. M. Kalpokas. Rastrinio reljefo modelio vizualizavimo metodų tyrimas.
8. D. Majauskas. Oro linijų (10kV) skaitmeninio žemėlapio sudarymas taikant GIS technologijas

2 posėdis. 11.45 – 13.15

9. M. Putrimas. 3D lazerinis skenavimas egzistuojančių objektų dokumentacijai.

10. G. Baristaitė. Erdvinių pastatų modelių kūrimas kadastro poreikiams.
11. S. Jarmoškaitė. Kadastrinių žemėlapių sudarymo analizė
12. J. Kinčinaitė. Luokės komplekso vystymo rekreacijai bei pažintiniam turizmui specialiojo plano analizė.
13. A. Sviatskaja. AB "Akmenės Cementas" objektų deformacijų tyrimas.
14. J. Rapcevič. Eksperimentinis statinių deformacijų tyrimas naudojant 3D lazerinį skenerį ir tacheometrą.
15. V. Mykolaitis. Sunkio lauko nevienalytiškumo įvertinimas.
16. T. Berteška. Bepiločių orlaivių sistemomis gautų fotogrametrinių duomenų apdorojimas.

3 posėdis. 13.30 – 15.00

17. V. Klydzia. 3D objektai GIS duomenų bazėse.
18. R. Birvydienė. Trikdymo potencialo poveikis sunkio laukui.
19. J. Jakubovič. Sunkio anomalijų nustatymo galimybių analizė.
20. I. Binekaitė. Sunkio lauko pakitimų įvertinimas gravimetriniuose matavimuose.
21. M. Gabulas. Meteorologinių parametrų įtakos globalinės navigacinės sistemos matavimams tyrimas.
22. T. Valaitis. Bepiločių orlaivių panaudojimas fotogrametrijoje.
23. M. Povilavičius. Skirtingų paviršių skenavimo antžeminiu lazeriniu skeneriu galimybių tyrimas.
24. J. Andžiūtė. Baltijos regiono erdvinių Žemės plutos judesių dėsningumų tyrimas.
25. M. Petrauskas. Skaitmeninio nivelyro Leica WILD NA3003 atskaitymo sistemos tikslumo tyrimas.
26. M. Strumskys. Minkštojo asfalto mišinių panaudojimo mažo eismo intensyvumo keliams Lietuvoje tyrimas

Diskusijos

PRIEDAS NR. 2. DEKLINACIJOS MATAVIMŲ ŽURNALAS

Data	Numer i nazwa punktu					Obserwator	Protokolant	MAG-01A			DEKLINACJA	Całkowity Wektor F		
2014.05.03	ZIEŻMARIAI					R. Czoplis	R. Obuchowski	Nr Teodolitu:						
Sonda	Kierunek	Czas	Odczyt koła pion.			Oblicz. kontrolne średnie			Redukcje momentalne	Odcz. popr.			Obliczenie deklinacji	Data/Czas
			o	'	"	o	'	"		o	'	"		
↑	W	07:12	76	08	21	średni ↑	176	16	29.5				śr.	
	E	07:13	276	24	38		173°	98"	83"				śr.	
↓	E	07:15	75	68	66	średni ↓	175°	97"	02"				śr.pom.	158°23'22"
	W	07:16	275	94	08		158°	23'	22"				M	195°20'21"
													Am	36°56'59"
													A α	144°43'47"
													Dpom.	7°46'47"
M	KL	217°04'30"			KP		17°04'42"		śr.	217°04'36"			Dobs.	
M	KL	218°11'64"			KP		18°12'02"		śr.	218°11'85"			Δ	
↑	W	07:52	76	10	00	średni ↑	176	13	96				śr.	
	E	07:55	276	17	92		175°	97"	02"				śr.	
↓	E	07:59	75	68	82	średni ↓	175°	97"	02"				śr.pom.	158°22'23"
	W	08:02	275	94	34		158°	22'	23"				M	195°20'37"
													Am	36°58'44"
													A α	144°43'47"
													Dpom.	7°45'33"
M	KL	217°05'10"			KP		17°04'57"		śr.	217°04'84"			Dobs.	
M	KL	218°12'28"			KP		18°12'04"		śr.	218°12'16"			Δ	
Data	Numer i nazwa punktu					Obserwator	Protokolant	MAG-01A			DEKLINACJA	Całkowity Wektor F		
05.03								Nr Teodolitu:						
Sonda	Kierunek	Czas	Odczyt koła pion.			Oblicz. kontrolne średnie			Redukcje momentalne	Odcz. popr.			Obliczenie deklinacji	Data/Czas
			o	'	"	o	'	"		o	'	"		
↑	W	08:46	76	06	08	średni ↑	176	08	98				śr.	
	E	08:48	276	11	87		175°	92"	96"				śr.	
↓	E	08:56	75	58	86	średni ↓	175°	92"	96"				śr.pom.	158°20'41"
	W	08:58	275	95	02		158°	20'	11"				M	195°20'44"
													Am	37°00'02"
													A α	144°43'37"
													Dpom.	7°43'44"
M	KL	217°04'22"			KP		17°04'10"		śr.	217°04'16"			Dobs.	
M	KL	218°12'04"			KP		18°12'07"		śr.	218°12'04"			Δ	
↑	W					średni ↑							śr.	
	E												śr.	
↓	E					średni ↓							śr.pom.	
	W												M	
													AM	
													A α	
													Dpom.	
M	KL				KP				śr.				Dobs.	
M	KL				KP				śr.				Δ	

Data	Numer i nazwa punktu					Obserwator	Protokolant	MAG-01A	DEKLINACJA	Całkowity Wektor F			
								Nr Teodolitu:					
Sonda	Kierunek	Czas	Odczyt koła pion.			Oblicz. kontrolne średnie			Redukcje momentalne	Odcz. popr.	Obliczenie deklinacji	Data/Czas	
↑	W	10:34	76	19	48	średni ↑	176	03	71			śr.	
	E	10:36	275	87	94							śr.pom.	158°17'03"
↓	E	10:41	77	03	12	średni ↓	175	70	60			M	195°20'41"
	W	10:43	274	38	09							Am	37°03'37"
M	KL	217°04'84"	KP			179°05'14"			śr.	217°04'89"=195°20'41"	Dobs.		
M	KL	218°12'76"	KP			189°12'26"			śr.	218°12'51"=196°18'45"	Δ		
↑	W	11:09	76	01	46	średni ↑	176	01	82			śr.	
	E	11:11	276	02	18							śr.pom.	158°17'11"
↓	E	11:14	75	60	24	średni ↓	175	72	99			M	195°20'41"
	W	11:15	275	85	74							Am	37°03'29"
M	KL	217°04'96"	KP			179°04'98"			śr.	217°04'97"=195°20'41"	Dobs.		
M	KL	218°12'74"	KP			189°13'02"			śr.	218°12'88"=196°18'51"	Δ		

Data	Numer i nazwa punktu					Obserwator	Protokolant	MAG-01A	DEKLINACJA	Całkowity Wektor F					
										Nr Teodolitu:					
Sonda	Kierunek	Czas	Odczyt koła pion.			Oblicz. kontrolne średnie				Redukcje momentalne	Odcz. popr.	Obliczenie deklinacji	Data/Czas		
			°	'	"	średni	°	'	"		°	'	"		
↑	W	11:42	75	99	60	↑	175	99	01					śr.	
	E	11:44	275	98	42		Śred. kier pół.	175° 158°	81' 14'					84" 11"	śr.pom.
↓	E	11:47	75	46	58	↓	175	64	66					Am	37°06'31"
	W	11:49	275	82	74		średni	175	64					66	A α
M	KL	217° 05' 36"	KP			17° 04' 69"				śr.	217°05'02"=195°20'42"	Dobs.		Data/Czas	
M	KL	218° 12' 49"	KP			18° 12' 52"				śr.	218°12'50"=196°18'45"	Δ			
↑	W	12:07	75	98	76	↑	175	98	98					śr.	
	E	12:08	275	99	20		Śred. kier pół.	175° 158°	81' 14'					84" 11"	śr.pom.
↓	E	12:11	75	44	40	↓	175	64	70					AM	37°06'40"
	W	12:12	275	85	00		średni	175	64					70	A α
M	KL	217° 05' 42"	KP			17° 05' 22"				śr.	217°05'32"=195°20'52"	Dobs.			
M	KL	218° 12' 87"	KP			18° 12' 81"				śr.	218°12'84"=196°18'56"	Δ			

PRIEDAS NR. 3. INKLINACIJOS MATAVIMŲ ŽURNALAS

Data		Numer i nazwa punktu			Observator			Protokólant			MAG-01A			INKLINACJA		
2014-05-03		ŽIEŽMARIAI			R. Leonis			R. Obuchovski			Nr Teodolitu:					
Son- da	Koło pion.	Czas	Odczyt koła pion.			Inklinacje pom.			Inklinacje pom. średnia			Redukcje momentalne	Obl. Inklin. zreduk.			
			°	'	"	°	'	"	°	'	"		°	'	"	
↑ N	L	07:28	77 ^a	68 ^c	08 ^{cc}	69	54	46	69	51	50					
↓ S	P	07:30	277 ^a	57 ^c	24 ^{cc}	69	48	54	69	54	48					
↓ N	P	07:33	359 322 ^a	59 25 ^c	60 84 ^{cc}	69	58	03	69	57	47					
↑ S	L	07:35	179 122 ^a	59 26 ^c	60 77 ^{cc}	69	57	32	69	57	47					
Odczyt północy																
↑ N	L	08:15	77	68	08	69	54	46	69	54	37					
↓ S	P	08:17	277	67	52	69	54	28	69	56	12					
↓ N	P	08:21	359 322	59 25	60 88	69	58	01	69	57	48					
↑ S	L	08:25	179 122	59 26	60 70	69	57	35	69	57	48					
Całkowity Wektor F Data:		Czas			Czas			Czas			Czas					
																
																
																
																
↑ N	L	09:05	77	69	00	69	55	16	69	54	17					
↓ S	P	09:07	277	65	38	69	53	18	69	56	19					
↓ N	P	09:12	359 322	59 23	60 32	69	59	24	69	58	22					
↑ S	L	09:15	179 122	59 27	60 17	69	57	20	69	58	22					
Odczyt północy																
↑ N	L															
↓ S	P															
↓ N	P		359	59	60											
↑ S	L		179	59	60											

Data		Numer i nazwa punktu		Obserwator		Protokółant		MAG-01A		INKLINACJA						
								Nr Teodolitu:								
Son- da	Koło pion.	Czas	Odczyt koła pion.			Inklinacje pom.			Inklinacje pom. średnia			Redukcje momentalne	Obl. Inklin. zreduk.			
			°	'	"	°	'	"	°	'	"		°	'	"	
↑ N	L	10:52	77	67	64	69	54	31	69	54	09					
↓ S	P	10:54	277	66	30	69	53	48								
↓ N	P	10:57	359 322	59 25	60 80	69	58	04	69	55	54					
↑ S	L	10:59	179 122	59 27	60 28	69	57	16	69	57	40					
Odczyt północy																
↑ N	L	11:23	77	67	85	69	54	38	69	54	23					
↓ S	P	11:32	277	66	88	69	54	07								
↓ N	P	11:35	359 322	59 25	60 38	69	58	18	69	55	53					
↑ S	L	11:36	179 122	59 28	60 69	69	56	30	69	57	24					
Całkowity Wektor F Data:		Czas			Czas			Czas			Czas					
																
																
																
↑ N	L	11:55	77	67	29	69	54	20	69	53	20					
↓ S	P	11:56	277	65	48	69	53	21								
↓ N	P	11:59	359 322	59 26	60 48	69	57	42	69	55	37					
↑ S	L	12:01	179 122	59 27	60 56	69	57	07	69	57	24					
Odczyt północy																
↑ N	L	12:21	77	67	85	69	54	38	69	53	56					
↓ S	P	12:23	277	65	29	69	53	15								
↓ N	P	12:26	359 322	59 25	60 74	69	58	06	69	55	34					
↑ S	L	12:28	179 122	59 29	60 01	69	56	20	69	57	13					

PRIEDAS NR.4. PROGRAMOS „DEKLINACIJOS SKAIČIAVIMAS“ TEKSTAS

```
close databases
set talk off
set mouse on
set status on
set cursor on
***duomenų įvedimas
CLEAR
STORE 0 TO
vvl,vvm,vvs,vrl,vrm,vrs,arl,arm,ars,avl,avm,avs,astrazl,oskl,oskm,osks,osdl,
osdm,osds,astrazl,astrazm,astrazs
dp=""
@ 3,20 say "          DEKLINACIJOS SKAIČIAVIMAS          "
@ 4,14 say "Matavimų data: " get dp picture " ####-##-## "
lp1=""
lp2=""
lp3=""
lp4=""
@ 5,14 say "1 ruožto atskaitymo laikas: " get lp1 picture " ##:## "
@ 6,14 say "2 ruožto atskaitymo laikas: " get lp2 picture " ##:## "
@ 7,14 say "3 ruožto atskaitymo laikas: " get lp3 picture " ##:## "
@ 8,14 say "4 ruožto atskaitymo laikas: " get lp4 picture " ##:## "
@ 9,14 say "Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis
i vakarus"
@ 10,14 say "G" get vvl picture "#####"
@ 10,24 say "c" get vvm picture "###"
@ 10,36 say "cc" get vvs picture "###"
@ 11,14 say "Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis virsuje,
kryptis i rytus"
@ 12,14 say "G" get vrl picture "#####"
@ 12,24 say "c" get vrm picture "###"
@ 12,36 say "cc" get vrs picture "###"
@ 13,14 say "Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis apacioje,
kryptis i rytus"
@ 14,14 say "G" get arl picture "#####"
@ 14,24 say "c" get arm picture "###"
@ 14,36 say "cc" get ars picture "###"
@ 15,14 say "Horizontaliojo skritulio atskaita, kai daviklis apacioje,
kryptis i vakarus"
@ 16,14 say "G" get avl picture "#####"
@ 16,24 say "c" get avm picture "###"
@ 16,36 say "cc" get avs picture "###"
@ 17,14 say "Horizontaliojo skritulio atskaita, kai padėtis SK, kryptis i
objekta"
@ 18,14 say "G" get oskl picture "#####"
@ 18,24 say "c" get oskm picture "###"
@ 18,36 say "cc" get osks picture "###"
@ 19,14 say "Horizontaliojo skritulio atskaita, kai padėtis SD, kryptis i
objekta"
@ 20,14 say "G" get osdl picture "#####"
@ 20,24 say "c" get osdm picture "###"
@ 20,36 say "cc" get osds picture "###"
@ 21,14 say "Astronominis azimutas"
@ 22,14 say "G" get astrazl picture "#####"
@ 22,24 say "c" get astrazm picture "###"
@ 22,36 say "cc" get astrazs picture "###"
@ 2,10 TO 24,85 color N/W*
read
***skaiciavimai 1
osk=(oskl+(oskm/100)+(osks/10000))*0.9
osd=(osdl+(osdm/100)+(osds/10000))*0.9
```

```

o=(osk+osd+180)/2
vv=(vvl+(vvm/100)+(vvs/10000))*0.9
vr=(vrl+(vrn/100)+(vrs/10000))*0.9
av=(avl+(avm/100)+(avs/10000))*0.9
ar=(arl+(arm/100)+(ars/10000))*0.9
vvid=(vv+vr)/2
avid=(av+ar)/2
vid=(vvid+avid)/2
magnaz=o-vid

astraz=astrazl+(astrazm/60)+(astrazs/3600)
IF astraz<magnaz THEN
astraz=astraz+180
ELSE
astraz=astraz
ENDIF
dpkt=astraz-magnaz

mllkl=INT(vid)
mllkm=INT((vid-mllkl)*60)
mllks=INT(((vid-mllkl)*60)-mllkm)*60

ol=INT(o)
om=INT((o-ol)*60)
os=INT(((o-ol)*60)-om)*60

magnazl=INT(magnaz)
magnazm=INT((magnaz-magnazl)*60)
magnazs=INT(((magnaz-magnazl)*60)-magnazm)*60

dpctl=INT(dpkt)
dpktm=INT((dpkt-dpctl)*60)
dpkts=INT(((dpkt-dpctl)*60)-dpktm)*60

@ 26,14 say "Magnetinio lauko liniju kryptis"
@ 26,54 say mllkl picture "###L"
@ 26,59 say mllkm picture "##M"
@ 26,64 say mllks picture "##.##S"
@ 27,14 say "Kryptis i objekta"
@ 27,54 say ol picture "###L"
@ 27,59 say om picture "##M"
@ 27,64 say os picture "##.##S"
@ 28,14 say "Magnetinis azimutas i objekta"
@ 28,54 say magnazl picture "###L"
@ 28,59 say magnazm picture "##M"
@ 28,64 say magnazs picture "##.##S"
@ 29,14 say "Astronominis azimutas i objekta"
@ 29,54 say astrazl picture "###L"
@ 29,59 say astrazm picture "##M"
@ 29,64 say astrazs picture "##.##S"
@ 30,14 say "Deklinacija punkte"
@ 30,54 say dpctl picture "###L"
@ 30,59 say dpktm picture "##M"
@ 30,64 say dpkts picture "##.##S"
@ 32,60 say "Pasirinkite duomeni faila is intermagnet"
@ 32,100 say dp picture "####-##-##"
@ 32,112 say "matavimo datai"
@ 25,10 TO 32,85 color N/W*
wait
***txt to dbf
CREATE TABLE Obs_duomenys(laikas c(8), belx f(8,2), bely f(7,2), belz
f(8,2), belf f(8,2))
USE Obs_duomenys.dbf

```

```

CREATE TABLE laikina (column1 c(200))
USE laikina
APPEND FROM GETFILE('txt', '*.txt parinkimas:', 'Browse',1) DELIMITED WITH
tab

n=1
DO WHILE n<1440

mystring1=column1
t1=SUBSTR(myString1, 12, 8)
belx2=SUBSTR(myString1, 33, 8)
belxx2=VAL(belx2)
bely2=SUBSTR(myString1, 44, 7)
belyy2=VAL(bely2)
belz2=SUBSTR(myString1, 53, 8)
belzz2=VAL(belz2)
belf2=SUBSTR(myString1, 63, 8)
belff2=VAL(belf2)
SKIP -1
INSERT INTO Obs_duomenys (laikas,belx,bely,belz,belf) VALUES
(t1,belxx2,belyy2,belzz2,belff2)
n=n+1
ENDDO
close databases
***Paieska
clear
locate for laikas=trim(Ltrim(lp1))
    if laikas#trim(Ltrim(lp1))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear
        endif
    if found()
        belskx1=belx
        belsky1=bely
        belskz1=belz
        belskf1=belf
    endif
locate for laikas=trim(Ltrim(lp2))
    if laikas#trim(Ltrim(lp2))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear
        endif
    if found()
        belskx2=belx
        belsky2=bely
        belskz2=belz
        belskf2=belf
    endif
locate for laikas=trim(Ltrim(lp3))
    if laikas#trim(Ltrim(lp3))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear
        endif
    if found()
        belskx3=belx
        belsky3=bely
        belskz3=belz
        belskf3=belf
    endif
locate for laikas=trim(Ltrim(lp4))
    if laikas#trim(Ltrim(lp4))

```

```

@ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
read
clear
endif
if found()
belskx4=belx
belsky4=bely
belskz4=belz
belskf4=belf
endif
@ 3,55 say "Skaiciavimo rezultatai"
@ 6,60 say "Deklinacija"
@ 8,14 say "Laiko momentas"
@ 8,34 say dp picture "####-##-##"
@ 8,49 say lp1 picture "##:##"
@ 8,69 say lp2 picture "##:##"
@ 8,89 say lp3 picture "##:##"
@ 8,109 say lp4 picture "##:##"
@ 10,14 say "BelX"
@ 10,49 say belskx1 picture "#####.##"
@ 10,69 say belskx2 picture "#####.##"
@ 10,89 say belskx3 picture "#####.##"
@ 10,109 say belskx4 picture "#####.##"
@ 11,14 say "BelY"
@ 11,49 say belsky1 picture "#####.##"
@ 11,69 say belsky2 picture "#####.##"
@ 11,89 say belsky3 picture "#####.##"
@ 11,109 say belsky4 picture "#####.##"
@ 12,14 say "BelZ"
@ 12,49 say belskz1 picture "#####.##"
@ 12,69 say belskz2 picture "#####.##"
@ 12,89 say belskz3 picture "#####.##"
@ 12,109 say belskz4 picture "#####.##"
@ 13,14 say "BelF"
@ 13,49 say belskf1 picture "#####.##"
@ 13,69 say belskf2 picture "#####.##"
@ 13,89 say belskf3 picture "#####.##"
@ 13,109 say belskf4 picture "#####.##"

dobsrad1=ATAN(belsky1/belskx1)
dobs1=RTOD(dobsrad1)
dobsrad2=ATAN(belsky2/belskx2)
dobs2=RTOD(dobsrad2)
dobsrad3=ATAN(belsky3/belskx3)
dobs3=RTOD(dobsrad3)
dobsrad4=ATAN(belsky4/belskx4)
dobs4=RTOD(dobsrad4)

deltad1=dpkt-dobs1
deltad2=dpkt-dobs2
deltad3=dpkt-dobs3
deltad4=dpkt-dobs4

dobs1l=INT(dobs1)
dobs1m=INT((dobs1-dobs1l)*60)
dobs1s=INT(((dobs1-dobs1l)*60)-dobs1m)*60)

dobs2l=INT(dobs2)
dobs2m=INT((dobs2-dobs2l)*60)
dobs2s=INT(((dobs2-dobs2l)*60)-dobs2m)*60)

dobs3l=INT(dobs3)
dobs3m=INT((dobs3-dobs3l)*60)
dobs3s=INT(((dobs3-dobs3l)*60)-dobs3m)*60)

```

```

dobs4l=INT(dobs4)
dobs4m=INT((dobs4-dobs4l)*60)
dobs4s=INT(((dobs4-dobs4l)*60)-dobs4m*60)

IF deltad1<0 then
deltad1l=INT(deltad1)
deltad1m=INT((deltad1-deltad1l)*(-60))
deltad1s=INT((((deltad1-deltad1l)*(-60))-deltad1m)*60)
ELSE
deltad1l=INT(deltad1)
deltad1m=INT((deltad1-deltad1l)*60)
deltad1s=INT((((deltad1-deltad1l)*60)-deltad1m)*60)
ENDIF

IF deltad2<0 then
deltad2l=INT(deltad2)
deltad2m=INT((deltad2-deltad2l)*(-60))
deltad2s=INT((((deltad2-deltad2l)*(-60))-deltad2m)*60)
ELSE
deltad2l=INT(deltad2)
deltad2m=INT((deltad2-deltad2l)*60)
deltad2s=INT((((deltad2-deltad2l)*60)-deltad2m)*60)
ENDIF

IF deltad3<0 then
deltad3l=INT(deltad3)
deltad3m=INT((deltad3-deltad3l)*(-60))
deltad3s=INT((((deltad3-deltad3l)*(-60))-deltad3m)*60)
ELSE
deltad3l=INT(deltad3)
deltad3m=INT((deltad3-deltad3l)*60)
deltad3s=INT((((deltad3-deltad3l)*60)-deltad3m)*60)
ENDIF

IF deltad4<0 then
deltad4l=INT(deltad4)
deltad4m=INT((deltad4-deltad4l)*(-60))
deltad4s=INT((((deltad4-deltad4l)*(-60))-deltad4m)*60)
ELSE
deltad4l=INT(deltad4)
deltad4m=INT((deltad4-deltad4l)*60)
deltad4s=INT((((deltad4-deltad4l)*60)-deltad4m)*60)
ENDIF

vds=(deltad1+deltad2+deltad3+deltad4)/4
IF vds<0 then
vds1=INT(vds)
vds1m=INT((vds-vds1)*(-60))
vds1s=INT((((vds-vds1)*(-60))-vds1m)*60)
ELSE
vds1=INT(vds)
vds1m=INT((vds-vds1)*60)
vds1s=INT((((vds-vds1)*60)-vds1m)*60)
ENDIF
belskh1=SQRT(((belskx1)^2)+((belsky1)^2))
belskh2=SQRT(((belskx2)^2)+((belsky2)^2))
belskh3=SQRT(((belskx3)^2)+((belsky3)^2))
belskh4=SQRT(((belskx4)^2)+((belsky4)^2))

```

```

@ 14,14 say "Deklinacija observatorijoje"
@ 14,47 say dobs1l picture "###L"
@ 14,51 say dobs1m picture "##m"
@ 14,56 say dobs1s picture "##s"

```

```

@ 14,67 say dobs2l picture "###L"
@ 14,71 say dobs2m picture "##m"
@ 14,76 say dobs2s picture "##s"
@ 14,87 say dobs3l picture "###L"
@ 14,91 say dobs3m picture "##m"
@ 14,96 say dobs3s picture "##s"
@ 14,107 say dobs4l picture "###L"
@ 14,111 say dobs4m picture "##m"
@ 14,116 say dobs4s picture "##s"
@ 15,14 say "Deklinacija punkte"
@ 15,47 say dpk1l picture "###L"
@ 15,51 say dpk1m picture "##m"
@ 15,56 say dpk1s picture "##s"
@ 16,14 say "Deklinacijos skirtumas"
@ 16,47 say deltad1l picture "###L"
@ 16,51 say deltad1m picture "##m"
@ 16,56 say deltad1s picture "##s"
@ 16,67 say deltad2l picture "###L"
@ 16,71 say deltad2m picture "##m"
@ 16,76 say deltad2s picture "##s"
@ 16,87 say deltad3l picture "###L"
@ 16,91 say deltad3m picture "##m"
@ 16,96 say deltad3s picture "##s"
@ 16,107 say deltad4l picture "###L"
@ 16,111 say deltad4m picture "##m"
@ 16,116 say deltad4s picture "##s"
@ 17,14 say "Vidutinis deklinacijos skirtumas"
@ 17,47 say vds1l picture "###L"
@ 17,51 say vds1m picture "##m"
@ 17,56 say vds1s picture "##s"
@ 6,12 TO 18,120

WAIT
clear
CLOSE DATABASE

```

PRIEDAS NR.5. PROGRAMOS „INKLINACIJOS SKAIČIAVIMAS“ TEKSTAS

```
close databases
set talk off
set mouse on
set status on
set cursor on
***duomenu ivedimas
CLEAR
STORE 0 TO ivsl,ivsm,ivss,iapl,iapm,iaps,iasl,iasm,iass,ivpl,ivpm,ivps
idp="          "
@ 3,20 say "          INKLINACIJOS SKAICIAVIMAS          "
idp="          "
@ 4,14 say "Matavimu data: " get idp picture " ####-##-## "
ilp1="          "
ilp2="          "
ilp3="          "
ilp4="          "
@ 5,14 say "1 ruozto atskaitymo laikas: " get ilp1 picture " ##:## "
@ 6,14 say "2 ruozto atskaitymo laikas: " get ilp2 picture " ##:## "
@ 7,14 say "3 ruozto atskaitymo laikas: " get ilp3 picture " ##:## "
@ 8,14 say "4 ruozto atskaitymo laikas: " get ilp4 picture " ##:## "
@ 9,14 say "Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis i
siaure"
@ 10,14 say "G" get ivsl picture "#####"
@ 10,24 say "c" get ivsm picture "###"
@ 10,36 say "cc" get ivss picture "###"
@ 11,14 say "Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis apacioje, kryptis
i pietus"
@ 12,14 say "G" get iapl picture "#####"
@ 12,24 say "c" get iapm picture "###"
@ 12,36 say "cc" get iaps picture "###"
@ 13,14 say "Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis apacioje, kryptis
i siaure"
@ 14,14 say "G" get iasl picture "#####"
@ 14,24 say "c" get iasm picture "###"
@ 14,36 say "cc" get iass picture "###"
@ 15,14 say "Vertikalaus skritulio atskaita, kai daviklis virsuje, kryptis i
pietus"
@ 16,14 say "G" get ivpl picture "#####"
@ 16,24 say "c" get ivpm picture "###"
@ 16,36 say "cc" get ivps picture "###"
@ 2,10 TO 18,83
read

***skaiciavimai 2

ivs=(ivsl+(ivsm/100)+(ivss/10000))*0.9
iap=(iapl+(iapm/100)+(iaps/10000))*0.9
ias=360-((iasl+(iasm/100)+(iass/10000))*0.9)
ivp=180-((ivpl+(ivpm/100)+(ivps/10000))*0.9)
ivvid=(ivs+iap-180)/2
iaavid=(ias+ivp)/2
ivid=(ivvid+iaavid)/2

ipkttl=INT(ivid)
ipktml=INT((ivid-ipkttl)*60)
ipkts=INT((((ivid-ipkttl)*60)-ipktml)*60)

@ 21,14 say "Inklinacija punkte"
@ 21,44 say ipkttl picture "###L"
@ 21,49 say ipktml picture "##M"
@ 21,54 say ipkts picture "##.##S"
@ 28,60 say "Pasirinkite duomenu faila is intermagnet"
```

```

@ 28,100 say idp picture "####-##-##"
@ 28,112 say "matavimo datai"
@ 20,10 TO 23,83 color N/W*
wait
***txt to dbf
CREATE TABLE Obs_duomenys2(laikas c(8), belx f(8,2), bely f(7,2), belz
f(8,2), belf f(8,2))
USE Obs_duomenys2.dbf

CREATE TABLE laikina2 (column1 c(200))
USE laikina2
APPEND FROM GETFILE('txt', '*.txt parinkimas:', 'Browse',1) DELIMITED WITH
tab

n=1
DO WHILE n<1440

mystring1=column1
t1=SUBSTR(myString1, 12, 8)
belx2=SUBSTR(myString1, 33, 8)
belxx2=VAL(belx2)
bely2=SUBSTR(myString1, 44, 7)
belyy2=VAL(bely2)
belz2=SUBSTR(myString1, 53, 8)
belzz2=VAL(belz2)
belf2=SUBSTR(myString1, 63, 8)
belff2=VAL(belf2)
SKIP -1
INSERT INTO Obs_duomenys2 (laikas,belx,bely,belz,belf) VALUES
(t1,belxx2,belxx2,belzz2,belff2)
n=n+1
ENDDO
close databases
***Paieska
clear
locate for laikas=trim(Ltrim(ilp1))
    if laikas#trim(Ltrim(ilp1))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear
        endif
    if found()
        belskx1=belx
        belsky1=bely
        belskz1=belz
        belskf1=belf
    endif
locate for laikas=trim(Ltrim(ilp2))
    if laikas#trim(Ltrim(ilp2))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear
        endif
    if found()
        belskx2=belx
        belsky2=bely
        belskz2=belz
        belskf2=belf
    endif
locate for laikas=trim(Ltrim(ilp3))
    if laikas#trim(Ltrim(ilp3))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear

```

```

endif
if found()
    belskx3=belx
    belsky3=bely
    belskz3=belz
    belskf3=belf
endif
locate for laikas=trim(Ltrim(ilp4))
    if laikas#trim(Ltrim(ilp4))
        @ 14,15 say "TOKIO laiko NERA!!! (spauskite ENTER)" color R*/W
        read
        clear
        endif
    if found()
        belskx4=belx
        belsky4=bely
        belskz4=belz
        belskf4=belf
    endif
    @ 3,55 say "Skaiciavimo rezultatai"
    @ 6,14 say "Inklinacija"
    @ 8,14 say "Laiko momentas"
    @ 6,34 say idp picture "####-##-##"
    @ 8,49 say ilp1 picture "##:##"
    @ 8,69 say ilp2 picture "##:##"
    @ 8,89 say ilp3 picture "##:##"
    @ 8,109 say ilp4 picture "##:##"
    @ 10,14 say "BelX"
    @ 10,49 say belskx1 picture "#####.##"
    @ 10,69 say belskx2 picture "#####.##"
    @ 10,89 say belskx3 picture "#####.##"
    @ 10,109 say belskx4 picture "#####.##"
    @ 11,14 say "BelY"
    @ 11,50 say belsky1 picture "#####.##"
    @ 11,70 say belsky2 picture "#####.##"
    @ 11,90 say belsky3 picture "#####.##"
    @ 11,110 say belsky4 picture "#####.##"
    @ 12,14 say "BelZ"
    @ 12,49 say belskz1 picture "#####.##"
    @ 12,69 say belskz2 picture "#####.##"
    @ 12,89 say belskz3 picture "#####.##"
    @ 12,109 say belskz4 picture "#####.##"
    @ 13,14 say "BelF"
    @ 13,49 say belskf1 picture "#####.##"
    @ 13,69 say belskf2 picture "#####.##"
    @ 13,89 say belskf3 picture "#####.##"
    @ 13,109 say belskf4 picture "#####.##"

    belskh1=SQRT(((belskx1)^2)+((belsky1)^2))
    belskh2=SQRT(((belskx2)^2)+((belsky2)^2))
    belskh3=SQRT(((belskx3)^2)+((belsky3)^2))
    belskh4=SQRT(((belskx4)^2)+((belsky4)^2))

    iobsrad1=ATAN(belskz1/belskh1)
    iobs1=RTOD(iobsrad1)
    iobsrad2=ATAN(belskz2/belskh2)
    iobs2=RTOD(iobsrad2)
    iobsrad3=ATAN(belskz3/belskh3)
    iobs3=RTOD(iobsrad3)
    iobsrad4=ATAN(belskz4/belskh4)
    iobs4=RTOD(iobsrad4)

    deltail=ivid-iobs1
    deltai2=ivid-iobs2

```

```

deltai3=ivid-iobs3
deltai4=ivid-iobs4

iobs1l=INT(iobs1)
iobs1m=INT((iobs1-iobs1l)*60)
iobs1s=INT((((iobs1-iobs1l)*60)-iobs1m)*60)

iobs2l=INT(iobs2)
iobs2m=INT((iobs2-iobs2l)*60)
iobs2s=INT((((iobs2-iobs2l)*60)-iobs2m)*60)

iobs3l=INT(iobs3)
iobs3m=INT((iobs3-iobs3l)*60)
iobs3s=INT((((iobs3-iobs3l)*60)-iobs3m)*60)

iobs4l=INT(iobs4)
iobs4m=INT((iobs4-iobs4l)*60)
iobs4s=INT((((iobs4-iobs4l)*60)-iobs4m)*60)

IF deltai1<0 then
deltai1l=INT(deltai1)
deltai1m=INT((deltai1-deltai1l)*(-60))
deltai1s=INT((((deltai1-deltai1l)*(-60))-deltai1m)*60)
ELSE
deltai1l=INT(deltai1)
deltai1m=INT((deltai1-deltai1l)*60)
deltai1s=INT((((deltai1-deltai1l)*60)-deltai1m)*60)
ENDIF

IF deltai2<0 then
deltai2l=INT(deltai2)
deltai2m=INT((deltai2-deltai2l)*(-60))
deltai2s=INT((((deltai2-deltai2l)*(-60))-deltai2m)*60)
ELSE
deltai2l=INT(deltai2)
deltai2m=INT((deltai2-deltai2l)*60)
deltai2s=INT((((deltai2-deltai2l)*60)-deltai2m)*60)
ENDIF

IF deltai3<0 then
deltai3l=INT(deltai3)
deltai3m=INT((deltai3-deltai3l)*(-60))
deltai3s=INT((((deltai3-deltai3l)*(-60))-deltai3m)*60)
ELSE
deltai3l=INT(deltai3)
deltai3m=INT((deltai3-deltai3l)*60)
deltai3s=INT((((deltai3-deltai3l)*60)-deltai3m)*60)
ENDIF

IF deltai4<0 then
deltai4l=INT(deltai4)
deltai4m=INT((deltai4-deltai4l)*(-60))
deltai4s=INT((((deltai4-deltai4l)*(-60))-deltai4m)*60)
ELSE
deltai4l=INT(deltai4)
deltai4m=INT((deltai4-deltai4l)*60)
deltai4s=INT((((deltai4-deltai4l)*60)-deltai4m)*60)
ENDIF

vis=(deltai1+deltai2+deltai3+deltai4)/4
IF vis<0 then
visl=INT(vis)
vism=INT((vis-visl)*(-60))
viss=INT((((vis-visl)*(-60))-vism)*60)

```

```

ELSE
    visl=INT(vis)
    vism=INT((vis-visl)*60)
    viss=INT(((vis-visl)*60)-vism)*60)
ENDIF

@ 14,14 say "Inklinacija observatorijoje"
@ 14,47 say iobs1l picture "###L"
    @ 14,51 say iobs1m picture "##m"
    @ 14,56 say iobs1s picture "##s"
    @ 14,67 say iobs2l picture "###L"
    @ 14,71 say iobs2m picture "##m"
    @ 14,76 say iobs2s picture "##s"
    @ 14,87 say iobs3l picture "###L"
    @ 14,91 say iobs3m picture "##m"
    @ 14,96 say iobs3s picture "##s"
    @ 14,107 say iobs4l picture "###L"
    @ 14,111 say iobs4m picture "##m"
    @ 14,116 say iobs4s picture "##s"
@ 15,14 say "Inklinacija punkte"
@ 15,47 say ipktl picture "###L"
    @ 15,51 say ipktm picture "##m"
    @ 15,56 say ipkts picture "##s"
    @ 16,14 say "Inklinacijos skirtumas"
@ 16,47 say deltai1l picture "###L"
@ 16,51 say deltai1m picture "##m"
    @ 16,56 say deltai1s picture "##s"
    @ 16,67 say deltai2l picture "###L"
@ 16,71 say deltai2m picture "##m"
    @ 16,76 say deltai2s picture "##s"
    @ 16,87 say deltai3l picture "###L"
@ 16,91 say deltai3m picture "##m"
    @ 16,96 say deltai3s picture "##s"
    @ 16,107 say deltai4l picture "###L"
@ 16,111 say deltai4m picture "##m"
    @ 16,116 say deltai4s picture "##s"
    @ 17,14 say "Vidutinis inklinacijos skirtumas"
    @ 17,47 say visl picture "###L"
@ 17,51 say vism picture "##m"
    @ 17,56 say viss picture "##s"
    @ 6,12 TO 18,120

WAIT
clear
CLOSE DATABASE

```