



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Variometra stacijas izveide

**«Ģeodēzistu diena 2017» 2017. gada 31. marts**  
**Latvijas Kara muzejs, Rīga, Smilšu iela 20**

Ģeodēzijas nodaļas:  
Ģeodēzisko mērījumu daļas ģeodēzijas inženieris  
Rihards Landorfs

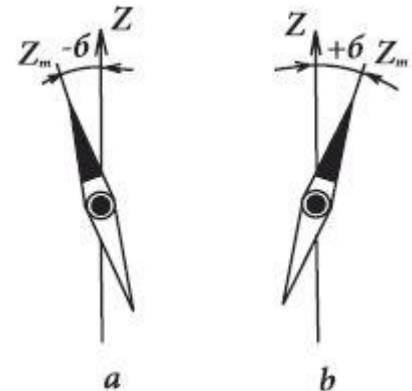
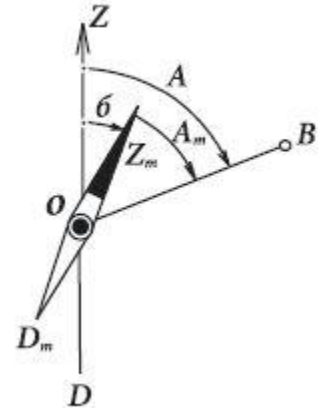
Ģeodēzisko mērījumu daļas vadītāja  
Ksenija Kosenko



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Zemes magnētiskā lauka mērījumi (1)

- Pirmie ģeomagnētiskie mērījumi saistāmi ar navigācijas vajadzībām- magnētiskās deklinācijas mērījumiem
- Zemes magnētiskā lauka mērījumi izmantojami gan zinātniskiem, militāriem, gan arī lietišķiem mērķiem, piemēram, ģeofizikālos pētījumos, derīgo izrakteņu meklēšanai u.c. mērķiem
- Precīzi Zemes magnētiskā lauka mērījumi tiek veikti atkārtoto mērījumu stacijās (repeat stations), variometru stacijās un ģeomagnētiskajās observatorijās
- Nozīmīgi ir arī aeromagnētiskie mērījumi, mērījumi no satelītiem (Magsat, Ørsted, CHAMP, Swarm) u.c.





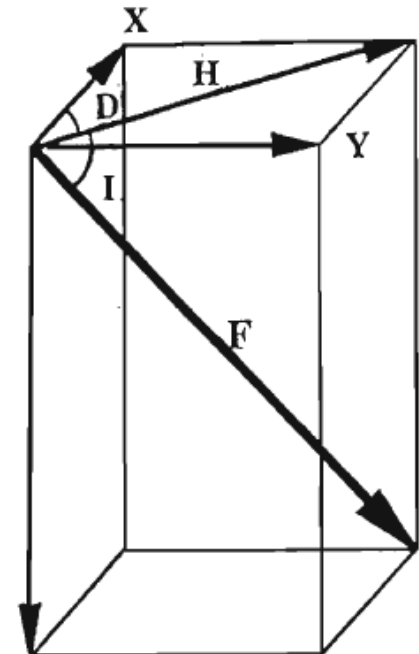
Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Zemes magnētiskā lauka mērījumi (2)

- Attēlā redzamas magnētiskā lauka komponentes, leņķi un vektori, kas tiek noteiktas veicot ģeomagnētiskos mērījumus un raksturo šo lauku
- **D** un **I** apzīmē deklināciju un inklināciju, ko mēra grādos (°)
- **F** apzīmē kopējo lauka intensitāti un **X**, **Y**, **Z**, **H** apzīmē ziemeļu, austrumu vertikālā un horizontālā komponente, kuras mēra nanoteslās (nT)
- Veicot absolūtos mērījumus nosaka

**D**, **I**, **F** vērtības, zinot tās, ir iespējams ģeometriski aprēķināt atlikušos vektorus, tādējādi nodrošinot iespēju datus savā starpā korelēt un atdalīt īslaicīgas Zemes magnētiskā lauka variācijas no ilglaicīgām

|                 |                                         |
|-----------------|-----------------------------------------|
| Declination (D) | $D = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right)$ |
| Inclination (I) | $I = \tan^{-1}\left(\frac{Z}{H}\right)$ |
| Horizontal (H)  | $H = \sqrt{X^2 + Y^2}$                  |
| North (X)       | $X = H \cos(D)$                         |
| East (Y)        | $Y = H \sin(D)$                         |
| Intensity (F)   | $F = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$            |





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

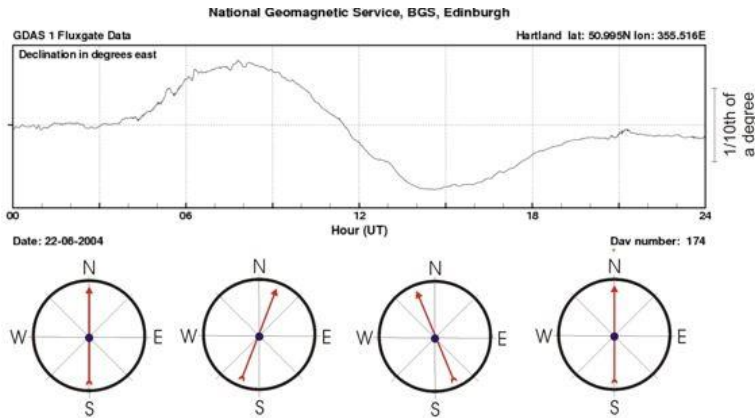
# Zemes magnētiskā lauka mērījumi (3)

- Atkārtoto mērījumu stacijās tiek noteiktas absolūtās magnētiskā lauka vērtības mērījumu brīdī- parasti deklināciju (D), inklināciju (I) un kopējo lauka intensitāti (F)
- Variometrs ir ģeofizikas instruments, kura uzdevums ir Zemes magnētiskā lauka komponentu (piemēram, XYZ) variāciju nepārtraukta fiksēšana pret absolūtajos mērījumos noteiktu bāzes līmeni
- Variometra stacijās uzkrātie dati ir būtiski ģeomagnētisko mērījumu apstrādei, arī atkārtoto mērījumu staciju datu apstrādēto precizitātes un uzticamības paaugstināšanai
- Ģeomagnētiskajās observatorijās tiek regulāri veikti gan absolūtie mērījumi, gan arī uzkrāti variometra dati un veikti ģeofizikālie pētījumi, nodrošināt gandrīz reāllaika datus par Zemes magnētisko lauku

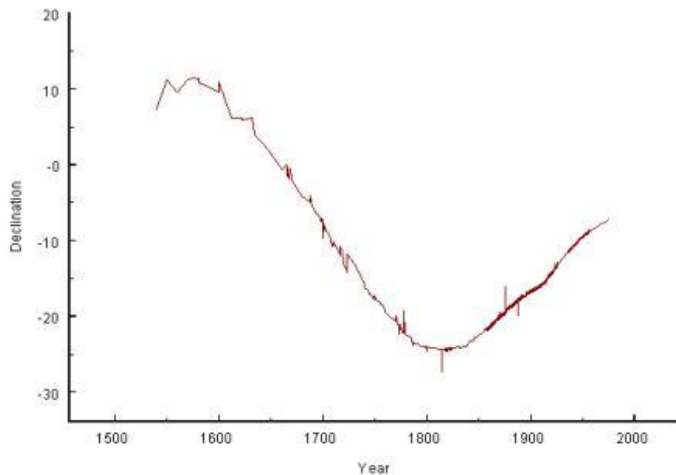


Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra

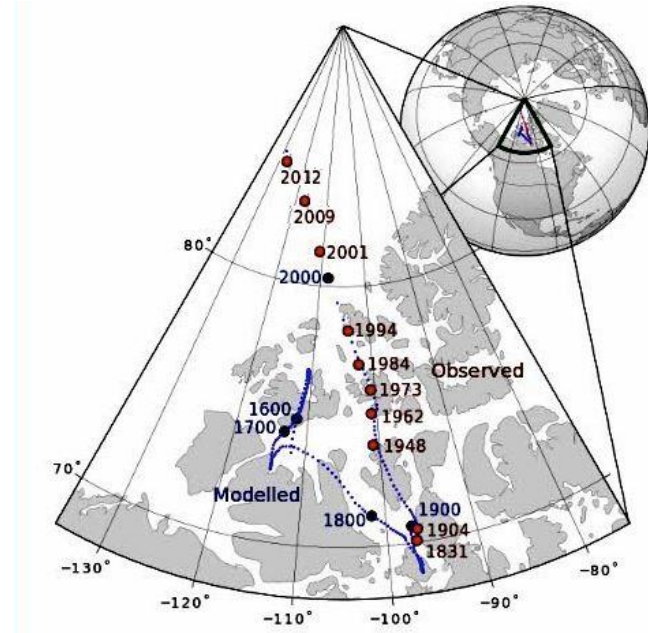
# Zemes magnētiskā lauka izmaiņas



Deklinācijas diennakts variācijas  
Hārtlendā observatorijā, lielbritānijā



Change in declination at London



Magnētiskā pola dreifs

Deklinācijas izmaiņas Londonā



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Instrumenti (1)



Magnetometrs Araconsys-fluxset H100 uz  
teodolīta Theo 010B deklinācijas un inklinācijas  
noteikšanai



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

## Instrumenti (2)



3 komponentu XYZ magnetometrs  
LEMI-025



Protonu precijas magnetometrs PMP-5  
kopējās lauka intensitātes mērījumiem



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

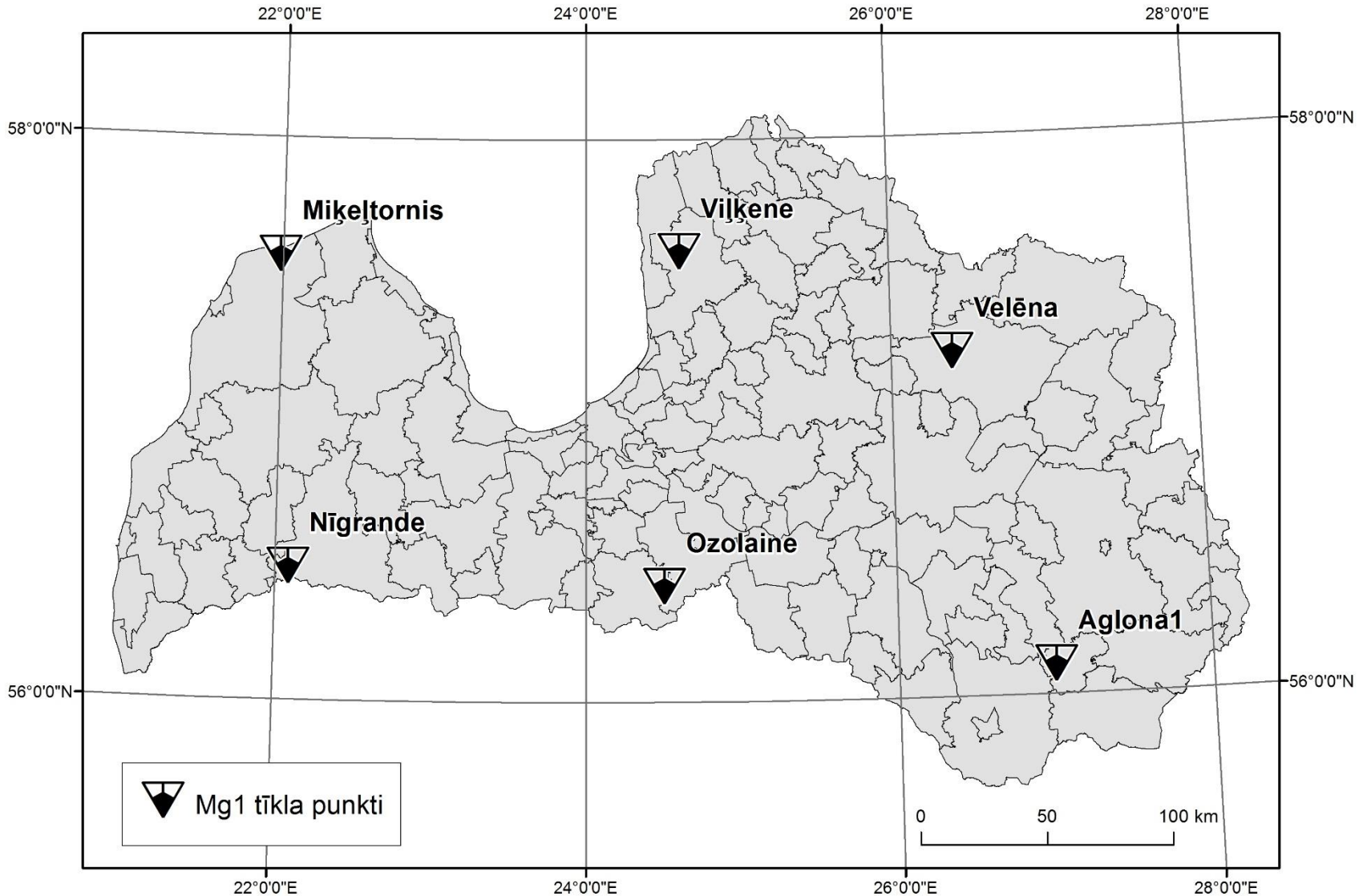
# Zemes magnētiskā lauka mērījumi Latvijā

- Zemes magnētiskā lauka mērījumus Latvijā VZD/LĢIA veic kopš 2004. gada
- Zemes magnētiskā lauka mērījumi Latvijā tiek veikti reizi gadā 6 atkārtoto mērījumu stacijās - ģeomagnētiskā 1. klases tīkla punktos
- Atkārtoto mērījumu staciju izvietojums vienmērīgi noklāj Latvijas teritoriju un nodrošina objektīvu datu iegūvi par Zemes magnētisko lauku
- Līdz šim datu apstrādei parasti izmantoti Tartu variometra dati, šādi paaugstinot mērījumu precizitāti un uzticamību
- Latvijas ģeomagnētiskais pamattīkls ir iesaistīts globālajā magnetometrisko uzmērījumu tīklā un dati tiek ievadīti WDC (World Data Center) vispasaules datu bāzē





# Valsts ģeomagnētiskā 1. klases tīkla punktu shēma





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Mērījumi uz lauka



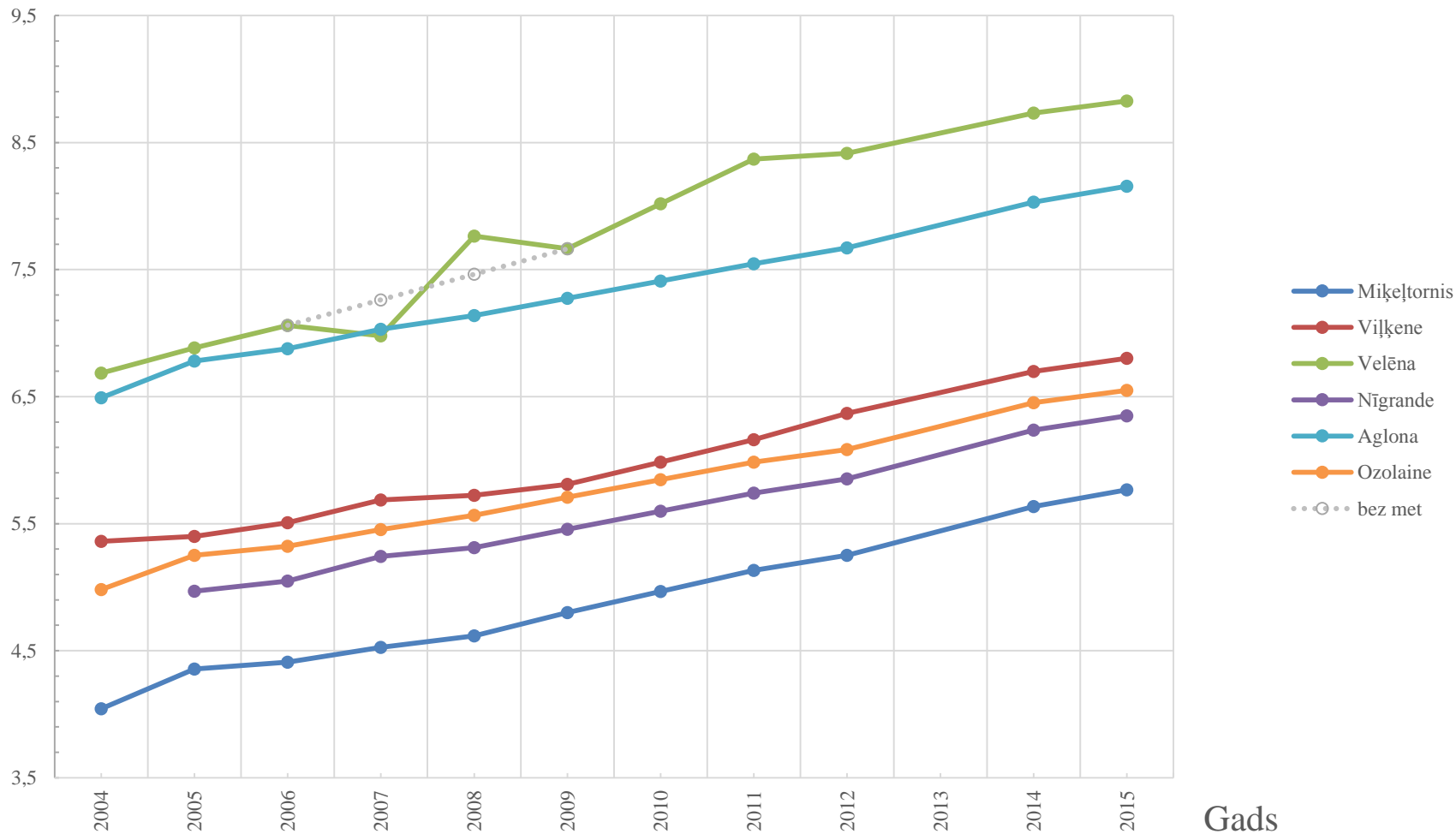
Mērījumi Mg1 punktā «Ozolaine»



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Deklinācijas izmaiņu grafiks grādos (2004-2015 g.)

Grādi





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Salīdzinājums ar skaitlisko modeļu aprēķinātajām vērtībām (1)

- *World Magnetic model (WMM)*
- *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)*
- *Enhanced Magnetic Model (EMM)*

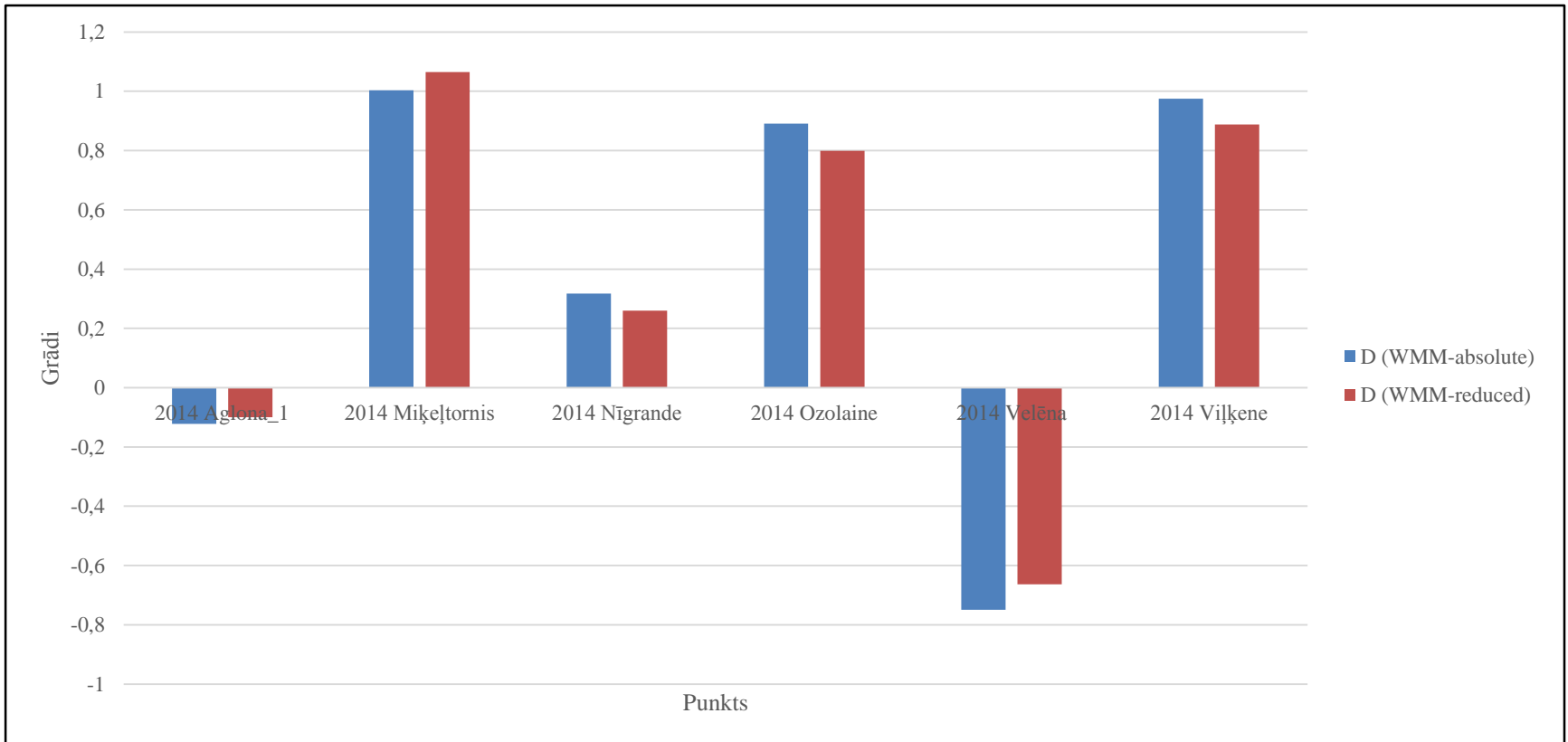
|          | WMM-<br>absolute | IGRF-absolute | EMM-<br>absolute | WMM-<br>reduced | IGRF-<br>reduced | EMM-<br>reduced |
|----------|------------------|---------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| D, °     | 0,6762           | 0,6717        | 0,6120           | 0,6289          | 0,6446           | 0,6273          |
| I, °     | 0,1909           | 0,1769        | 0,1786           | 0,1827          | 0,1781           | 0,1729          |
| F,<br>nT | 518,9833         | 506,2300      | 398,9133         | 519,6051        | 505,1588         | 397,8421        |

Skaitlisko modeļu aprēķināto un Mg1 punktos uzņēmīto vērtību salīdzinājums (vidēji)



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

## Salīdzinājums ar skaitlisko modeļu aprēķinātajām vērtībām (2)



Skaitliskā modeļa (WMM) aprēķināto un Mg1 punktos uzņēmīto deklinācijas vērtību salīdzinājums 2014. gadā (absolūtie un reducētie dati)



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Variometra izvietošanas galvenie nosacījumi

- Variometra mērījumiem jāreprezentē normālu Zemes magnētisko lauku izvairoties no vietējām anomālijām gan ģeoloģiskām, gan antropogēnām
- Dabiskas magnētiskā lauka anomālijas var rasties:
  - ģeoloģisko lūzumu zonās
  - iežu ar augstu feromagnētisko minerālu saturu dēļ
  - lielu ūdens baseinu tuvumā
  - pat lielu purvu tuvumā
- Svarīgi ievērot distanci no antropogēniem objektiem, kas var izraisīt magnētiskos traucējumus:
  - dzelzceļiem (5 km, līdzstrāvas līdz 30 km)
  - lieliem autoceļiem (0,2 - 0,3 km)
  - augstsprieguma 110 kV elektrolīnijām (1 km)
  - citiem metāliskiem objektiem atkarībā no to izmēra
- Jāizvērtē arī atrašanās vieta attiecībā pret citiem variometriem kaimiņvalstīs un vispārējs novietojuma izdevīgums, jo datu apstrāde ieteicama līdz aptuveni 200 km attālumā no variometra



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

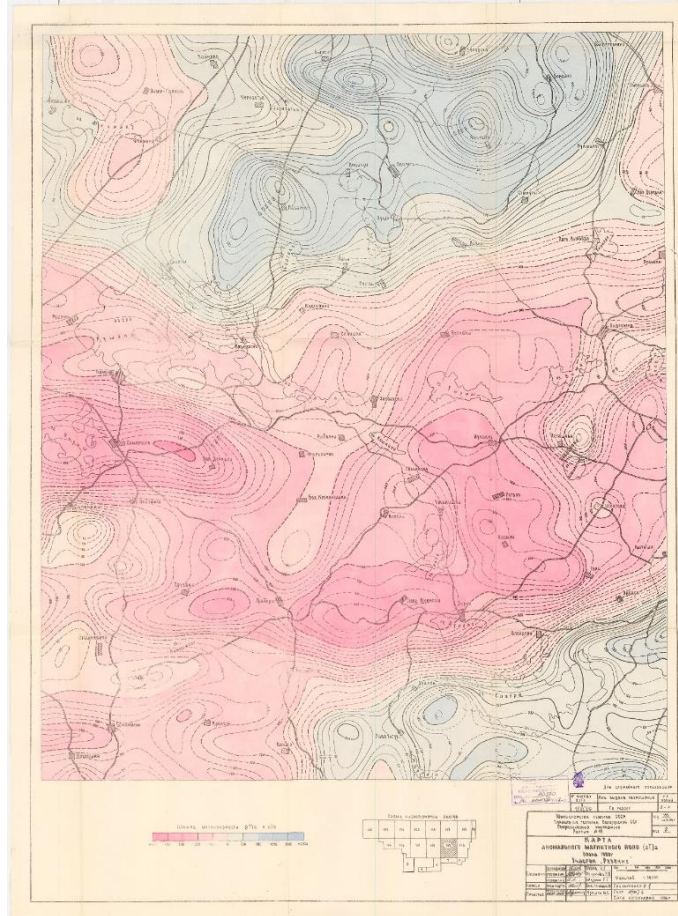
# Potenciālo vietu izvēle

- Meklējot piemērotu vietu variometra stacijas izveidei liela uzmanība tika pievērsta normāla, netraucēta ģeomagnētiskā lauka reprezentējošas vietas atrašanai bez lokālu anomāliju ietekmes
- Tika izmantotas gan Latvijas teritorijas ģeoloģiskās uzbūves kartes, gan pieejamās aeromagnētiskās kartes
- Tika ievērota distance no antropogēniem objektiem, kas varētu radīt magnētiskos traucējumus, piemēram, dzelzceļi vai gāzes vadi, elektrolīnijas
- Pēc izslēgšanas metodes tika noteiktas teritorijas, kur būtu iespējams variometru izvietot un nodrošināt netraucēta magnētiskā lauka mērījumus



Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra

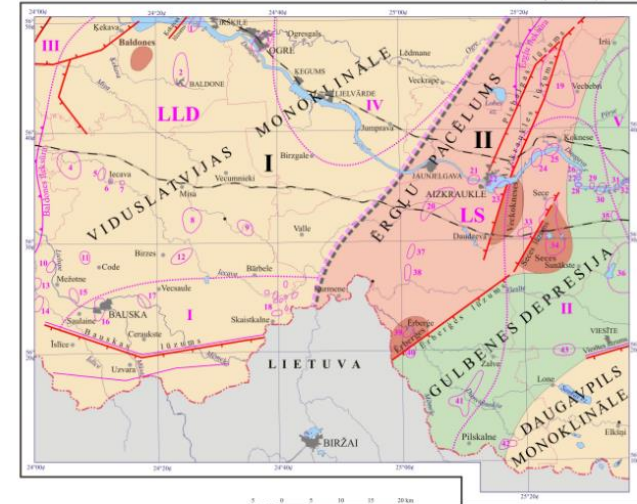
# Izmantotie materiāli (1)



Aeromagnētiskie mērījumi

TEKTONISKĀ KARTE  
TECTONIC MAP  
Mērogs Scale 1 : 500 000

Autori Compiled by:  
S. Kaprēns, I. Nalfo, O. Ivanova



APZĪMĒJUMI LEGEND

Tektoniskie elementi Kaledonijas struktūrkompleksā  
Tectonic features in Caledonian structural complex

- Starpreģionālās struktūras:  
Interregional structures:
- I Baltijas sineklīze  
Baltic Syncline
- II Latvijas sedlīne  
Latvian Saddle
- Starpreģionālo struktūru robeža  
Boundary of interregional structures
- Struktūrelementi: Structural features:
- Monoklīnāles Monoclines
- Depresijas Depressions
- Pacēlumi Highs
- Lokālie pacēlumi Local highs
- Lūzumi: Faults:
- a) konstatētie proven
- b) iespējamie supposed

Tektoniskie elementi Hercīnijas struktūrkompleksā  
Tectonic features in Hercynian structural complex

- Starpreģionālās struktūras:  
Interregional structures:
- LLD Latvijas-Lietuvas depresija  
Latvian-Lithuanian Depression
- LS Latvijas sedlīne  
Latvian Saddle
- Starpreģionālo struktūru robeža  
Boundary of interregional structures
- Reģionālās un subreģionālās struktūras:  
Regional and subregional structures:
- I Skaiskalnes-Bauskas struktūrtips  
Skaiskalne-Bauska Structural Nose
- II Subates-Kokneses valnis  
Subates-Koknese Rampart
- III Jelgavas ieliece  
Jelgava Trough
- IV Mālpils ieliece  
Mālpils Trough
- V Jēkabpils ieliece  
Jēkabpils Trough
- Lūzumi Faults
- Lokālie pacēlumi: Local highs:
- 1- Nāvēsalas, 2- Baldones, 3- Ogres,  
4- Zābītes, 5- Udru, 6- Iecavas, 7- Upenieku,  
8- Sēlpes, 9- Vanaga, 10- Kākolnieku,  
11- Codel, 12- Bruksas, 13- Meļotnes,  
14- Bērīstes, 15- Jūmpriavas, 16- Bauskas,  
17- Bronzas, 18- Skaiskalnes struktūrgrupa,  
19- Bebu, 20- Sīrenes, 21- Jaunzemju,  
22- Lielmēlmes, 23- Balozu, 24- Radalkas,  
25- Kokneses, 26- Eitēru, 27- Šuburgas,  
28- Uzina, 29- Sīlnieku, 30- Kaktiņu-Avotiņkalnu,  
31- Daktiņu, 32- Oļņkalnu, 33- Rietumceces,  
34- Seces, 35- Sīpulis, 36- Nēgabu, 37- Jūgas,  
38- Viruņa, 39- Erberģes, 40- Jaunmaltīnu,  
41- Krūžu, 42- Pāviju, 43- Viesītes.

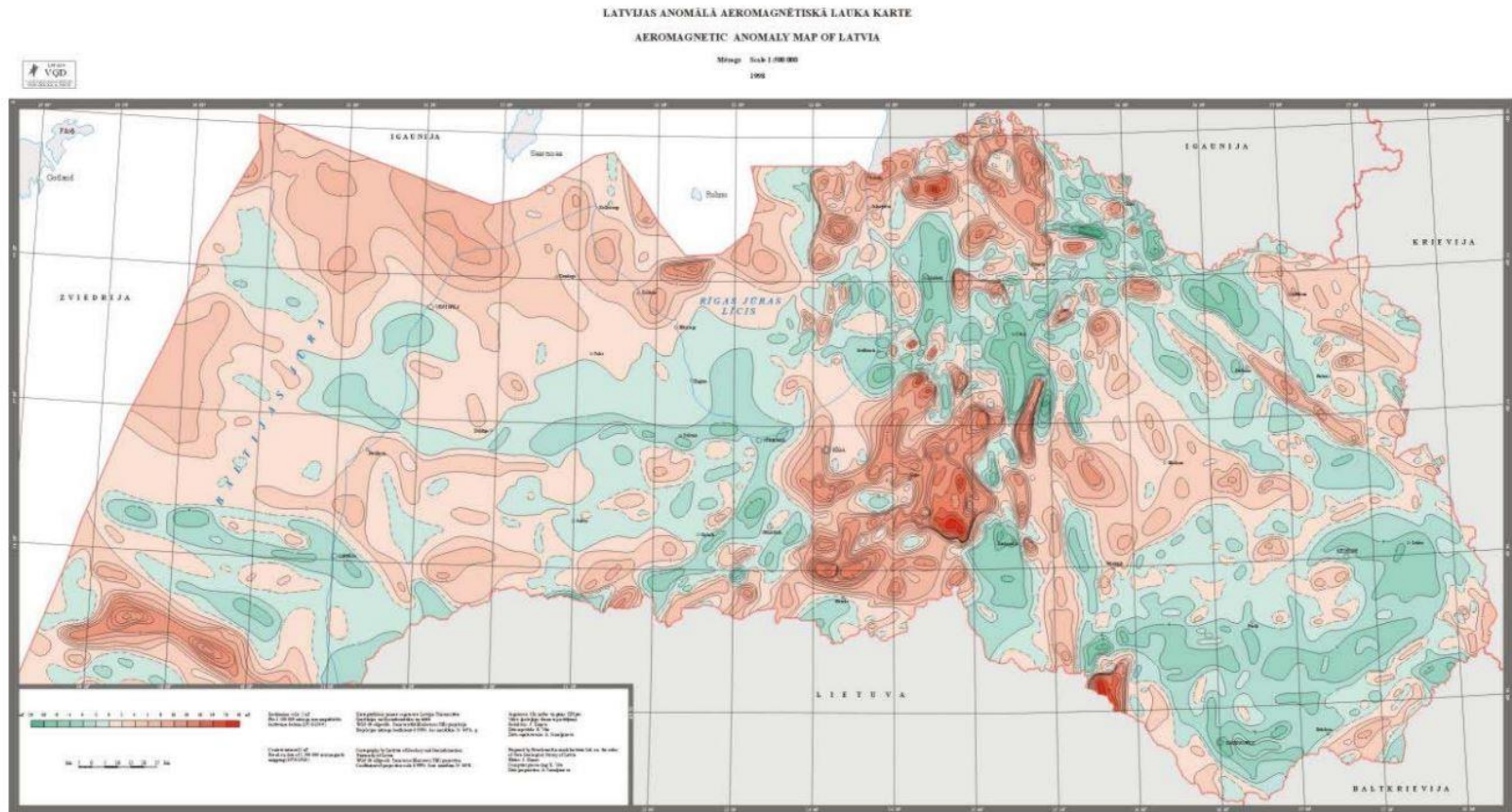
Tektoniskā karte





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

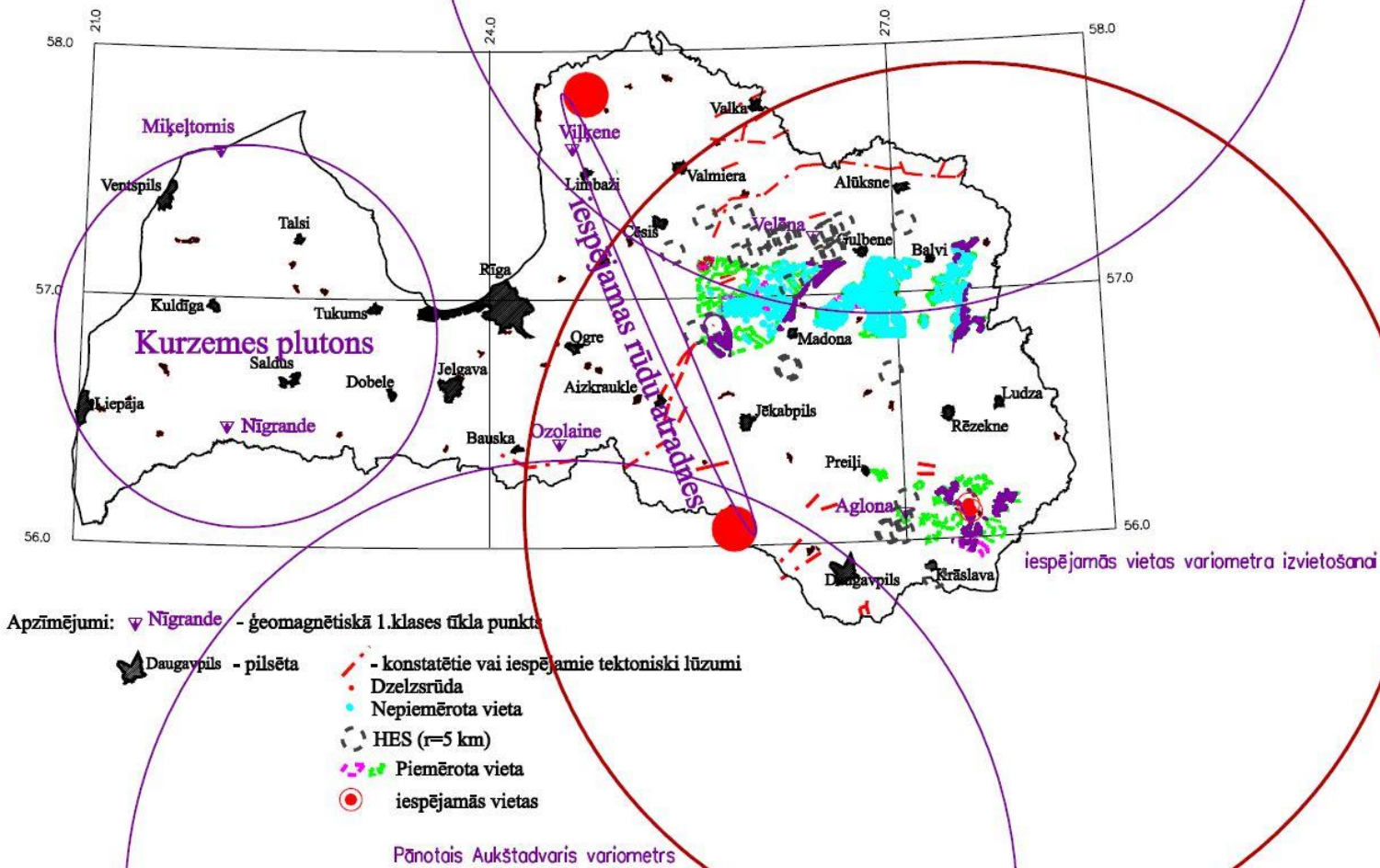
# Izmantotie materiāli (2)



Magnētisko anomāliju karte, Valsts ģeoloģijas dienests, 1998

# Variometra vietas meklēšana

Tartu variometers - 200 km ieteicamais rādiuss datu reducēšanai





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Potenciālās vietas

- Pēc kamerālajiem priekšdarbiem tika izvēlēts apsekot vairākus izvēlētos pašvaldībai un valstij piederošus zemes īpašumus un veikt mērījumus uz lauka, lai pāriecinātos par magnētiskā lauka vienmērīgumu un vispārēju atbilstību mērķim
- Pēc veikto mērījumu datiem divas no vietām tika atzītas par īpaši piemērotām, tās abas atrodas netālu no Dagdas pilsētas



Kopējās magnētiskā lauka intensitātes mērījumi, meklējot piemērotu vietu variometra stacijai



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Izvēlētās vietas - Nr. 5 «Viļumi»

- Kadastra Nr. 60420080272

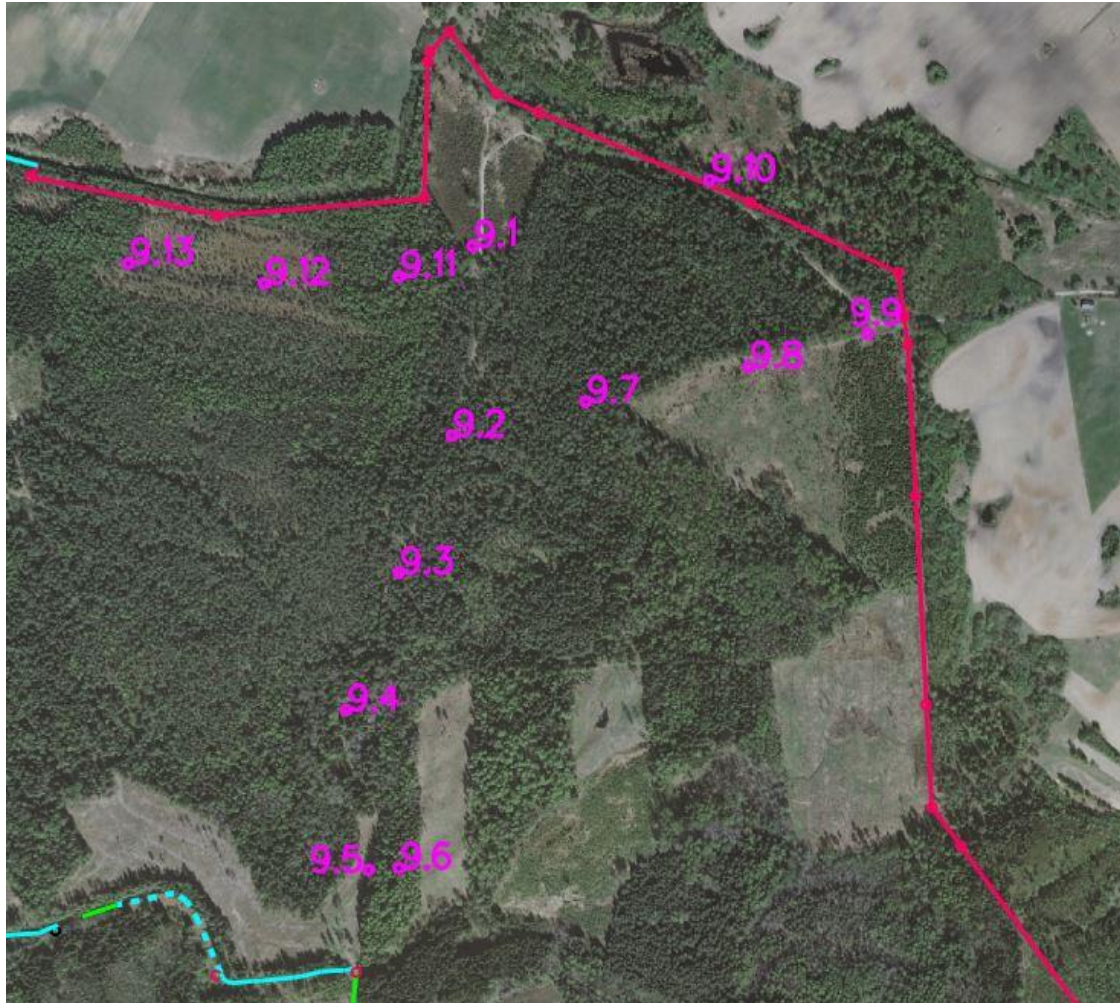




Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

## Izvēlētās vietas - Nr. 9 «Augstais kalns»

- Kadastra Nr. 60760022162





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

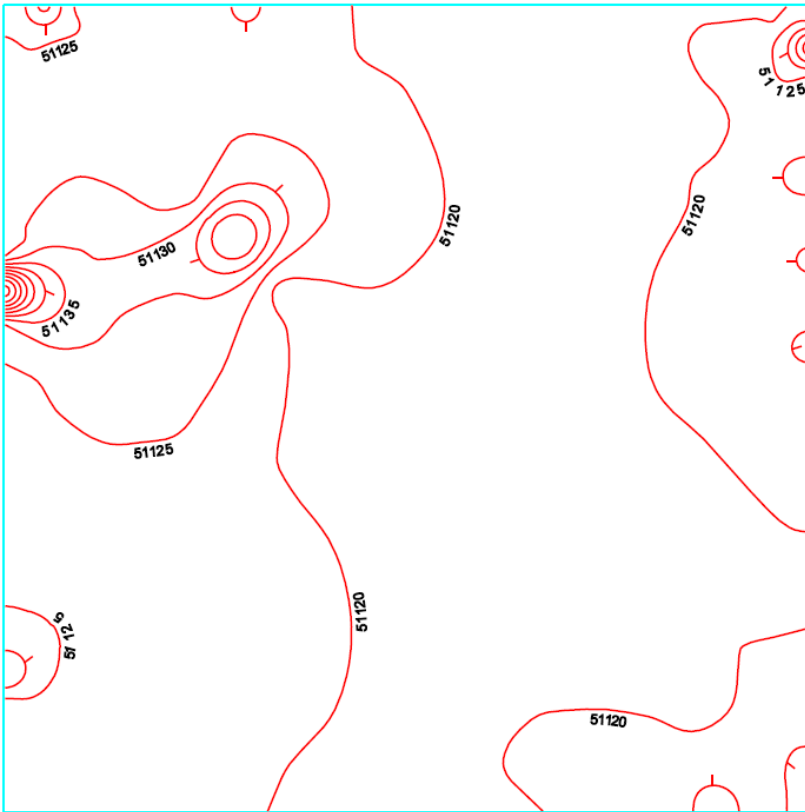
# «Augstais kalns» (1)





Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# «Augstais kalns» (2)



Kopējās lauka intensitātes mērījumi



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

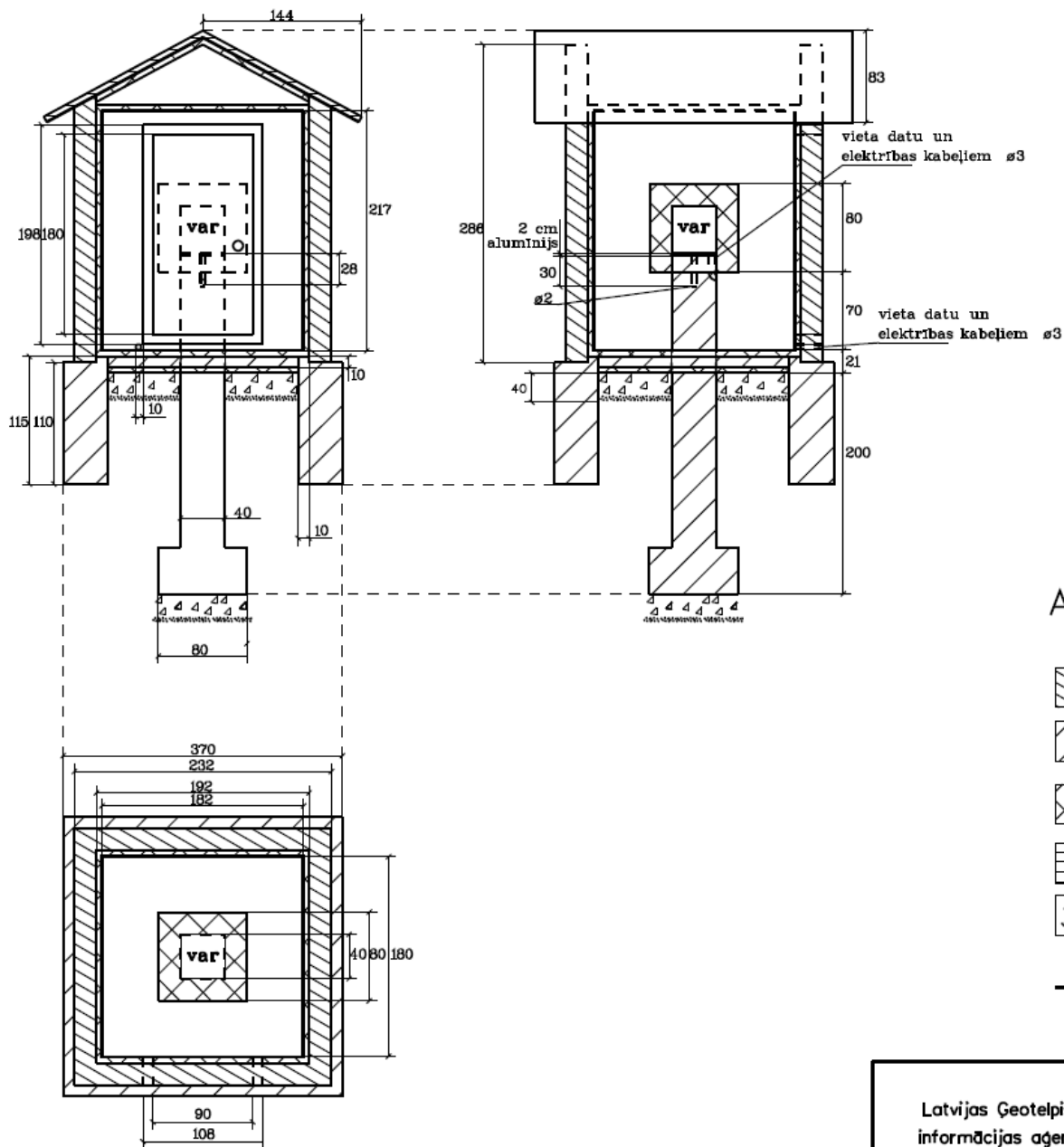
# Galvenie nosacījumi variometra ēkai

- Galvenais Variometra ēkas uzdevums ir pēc iespējas stabilāku temperatūras un mitruma apstākļu nodrošināšanu variometram
- Tā tiek būvēta no nemagnētiskiem materiāliem, lai tie neietekmētu mērījumu rezultātus
- Nepieciešams izbūvēt arī stabilu pilonu uz kura novietot variometru









# Variometra ēku piemēri (Matzka et al., 2010)





# Plānotās variometra ēkas skice

## Apzīmējumi

-  gāzbetona bloki 20 x 30 x 60
-  betons ar stiklašķiedras armatūru
-  siltumizolācija (putupolistirols) 5 cm
-  bezazbesta šiferis (gaiši pelēks)
-  smilts un šķembas
-  OSB skaidu plāksnes (1 cm)

Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra  
Ģeodēzisko mērījumu daļa

Variometra stacijas ēka un pils

|                          |            |  |            |
|--------------------------|------------|--|------------|
| vadītāja                 | K.Kosenko  |  | 05.11.2015 |
| ģeodēzijas<br>inženieris | R.Landorfs |  | 05.11.2015 |



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

# Ieguvumi

- Variometra stacijas izveide paaugstinātu Latvijas teritorijā veikto magnētiskā lauka mērījumu precizitāti un ticamību, īpaši valsts Austrumu daļā
- Izveidojot variometra staciju būs iespējams veikt šo ģeotelpisko datu nodrošināšanu Latvijas teritorijai bez vajadzības paļauties uz kaimiņu sniegtajiem datiem
- Iespēja zinātniskiem pētījumiem un starptautiskai darbībai ģeofizikas jomā.



Latvijas Ģeotelpiskās  
informācijas aģentūra

Paldies par uzmanību!

Rihards Landorfs  
[rihards.landorfs@lgia.gov.lv](mailto:rihards.landorfs@lgia.gov.lv)  
+371 29395525