



Ģeodēzijas un kartogrāfijas departaments
Ģeodēzijas nodaļa

Apraksts
Pārrēķina virsmas sagatavošana
LV'14 pārveidošanai uz EGM-96

Rīga
2018

Saturs

1.Pārrēķina virsmas sagatavošana un novērtēšanai izmantotā programmatūra.....	3
2.Pārrēķina virsmas sagatavošanai un novērtēšanai izmantotie dati	3
2.1.Pasaules gravitācijas lauka modelis EGM-96.....	3
2.2.Kvaziġeoīda modeļi LV'14 un LV'98	4
2.3.Lidlauku ģeogrāfiskās piesaistes punkti	4
2.4. Globālā pozicionēšanas bāzes staciju sistēma	5
3.Pārrēķina virsmas sagatavošana	7
4.Pārrēķina virsmas novērtēšana	9

1. Pārreķina virsmas sagatavošana un novērtēšanai izmantotā programmatūra

Parreķina virsmas sagatavošanai no LV'14 pārvēršanai uz EGM-96 izmantotas vairākas Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras (turpmāk – Aģentūra) rīcībā esošas programmatūras:

- *Notepad++* teksta rediģēšanas programma, lai īstenotu datu rediģēšanu un sagatavošanu apstrādes programmā;

- *GRAVSOF* programmatūra, kas ir brīvi pieejama nekomerciāliem un zinātniskiem mērķiem. *GRAVSOF* programmatūras pakete sastāv vairākām programmām, kas īsteno fizikālās ģeodēzijas aritmētiskas darbības. Ērtākai darbībai izmantota ap 2008. gadu radītā grafiska vides programmatūra uz *Python* programmēšanas valodas bāzes, ko bieži sauc par *pyGRAVSOF*.

- *Surfer 11* programma iegūto datu grafiskai vizualizācijai un aprēķiniem;

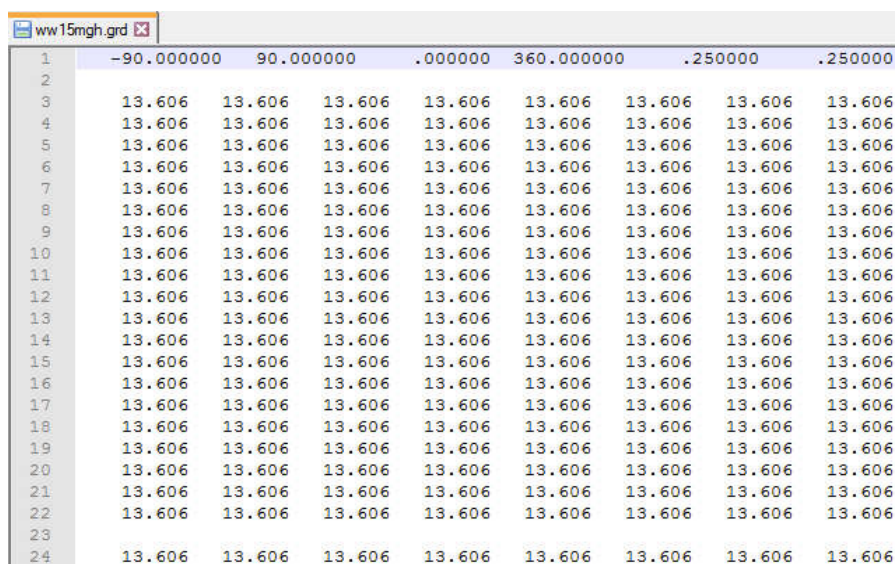
- *Trimble Business Center* programmatūra globālās pozicionēšanas datu apstrādei.

2. Pārreķina virsmas sagatavošanai un novērtēšanai izmantotie dati

Sākotnēji apkopo un sagatavoto nepieciešamās datnes pārreķina virsmas sagatavošanai un novērtēšanai, kas ir kvaziģeoīda modelis un pasaules gravitācijas modelis EGM-96.

2.1. Pasaules gravitācijas lauka modelis EGM-96

Pasaules gravitācijas lauka modeļa EGM-96 ģeoīda augstuma vērtību datne iegūta no Nacionālās Ģeotelpiskās – izlūkošanas aģentūras (no angļu val. – *National Geospatial-Intelligence*



1	-90.000000	90.000000	.000000	360.000000	.250000	.250000		
2								
3	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
4	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
5	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
6	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
7	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
8	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
9	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
10	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
11	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
12	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
13	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
14	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
15	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
16	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
17	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
18	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
19	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
20	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
21	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
22	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606
23								
24	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606	13.606

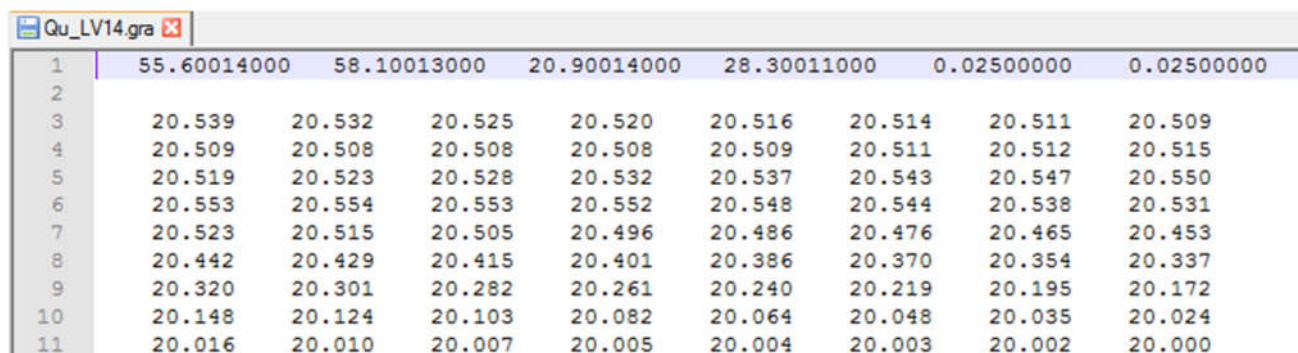
1. attēls. Modeļa *EGM96 *.grd* datne

Agency, NGA – turpmāk tekstā) interneta vietnē (<http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm96/egm96.html> [skatīts 23.07.2018]).

Datne ir *.grd formāta veidā, kur galvenē nodefinēti tīkla parametri (1. attēls) minimālais un maksimālais platums (lielumi doti grādos), minimālais un maksimālais garums un datu solis (platumam un garumam). Datne atbilst GRAVSOFТ datu formātam, ja izmaina datnes paplašinājums no *.grd uz *.gra un pieraksta iztrūkstošās “0” vērtības datnes galvenē. Modeļa vērtības tālāk izkārtotas režģī pa tīkla rindām.

2.2.Kvaziģeoīda modeļi LV'14 un LV'98

Kvaziģeoīda modeļu LV'14 un LV'98 datnes iegūtas no Aģentūras Ģeodēzijas nodaļas resursiem. Datnes dotas *.gra formāta veidā, kas ir GRAVSOFТ programmatūras tīkla veida teksta formāta datne, kur galvenē nodefinēta tīkla parametri (2. attēls) minimālais un maksimālais platums (lielumi doti grādos), minimālais un maksimālais garums un datu solis (platumam un garumam). Modeļa vērtības tālāk izkārtotas režģī pa tīkla rindām.



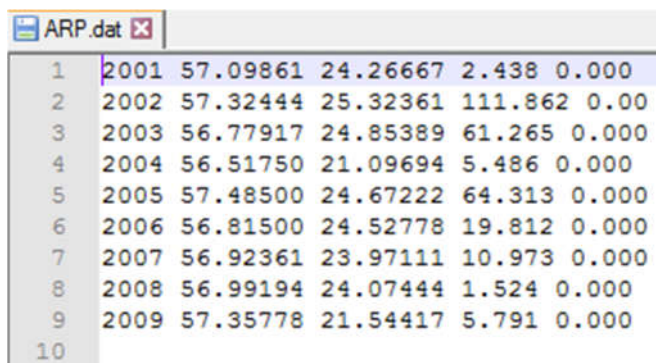
1	55.60014000	58.10013000	20.90014000	28.30011000	0.02500000	0.02500000		
2								
3	20.539	20.532	20.525	20.520	20.516	20.514	20.511	20.509
4	20.509	20.508	20.508	20.508	20.509	20.511	20.512	20.515
5	20.519	20.523	20.528	20.532	20.537	20.543	20.547	20.550
6	20.553	20.554	20.553	20.552	20.548	20.544	20.538	20.531
7	20.523	20.515	20.505	20.496	20.486	20.476	20.465	20.453
8	20.442	20.429	20.415	20.401	20.386	20.370	20.354	20.337
9	20.320	20.301	20.282	20.261	20.240	20.219	20.195	20.172
10	20.148	20.124	20.103	20.082	20.064	20.048	20.035	20.024
11	20.016	20.010	20.007	20.005	20.004	20.003	20.002	20.000

2. attēls. Modeļa *Qu_LV'14.gra* datne.

2.3.Lidlauku ģeogrāfiskās piesaistes punkti

Lidlauku ģeogrāfiskās piesaistes punkti (no angļu val. - *Aerodrome Reference point*, ARP - turpmāk tekstā) un atbalsta tīkla punkti iegūti no Latvijas Gaisa satiksmes interneta vietnes (https://ais.lgs.lv/eAIPfiles/2018_005_19-JUL-2018/data/2018-07-19-AIRAC/html/index.html [skatīts 08.06.2018]) un no Aģentūrai sniegtajām lidlauku uzmērīšanas atskaitēm vai punktu kartītēm. Datiem no Latvijas Gaisa satiksmes ir platums un garumus (grādi, minūtes, sekundes), augstums virs jūras līmeņa un ģeoīda vilnis (pēdās). Ģeoīda vilnis nav norādīts visiem lidlaukiem.

Darbam GRAVSOFIT programmā tiek sagatavota teksta datne *.dat formāta ar lidlauku punktu datiem. Datu izkārtojumu kolonu veidā skatīt 3.attēlā. Kolonas satur informāciju par - punkta Nr., platumu (grādos), garumu (grādos), normālo augstumu (metros) un citas aprēķinos nepieciešamās vērtības.



1	2001	57.09861	24.26667	2.438	0.000
2	2002	57.32444	25.32361	111.862	0.00
3	2003	56.77917	24.85389	61.265	0.000
4	2004	56.51750	21.09694	5.486	0.000
5	2005	57.48500	24.67222	64.313	0.000
6	2006	56.81500	24.52778	19.812	0.000
7	2007	56.92361	23.97111	10.973	0.000
8	2008	56.99194	24.07444	1.524	0.000
9	2009	57.35778	21.54417	5.791	0.000
10					

2.4.

3. attēls. ARP.dat datne.

2.4. Globālā pozicionēšanas bāzes staciju sistēma

Globālā pozicionēšanas bāzes staciju “Latvijas Pozicionēšanas sistēma” (turpmāk - LatPos) vienmērīgi noklāj visu valsts teritoriju, tādējādi nodrošinot vienlaidus pārrēķinu virsmas pārbaudi.

Adjusted Grid Coordinates

Point ID	Easting (Meter)	Easting Error (Meter)	Northing (Meter)	Northing Error (Meter)	Elevation (Meter)
ALUK	684444,151	?	368767,728	?	218,448
BALV	697627,262	?	336401,488	?	126,064
BAUS	511487,312	?	251271,228	?	47,259
DAGD	719741,425	?	222580,586	?	202,740
DAU1	657579,760	?	194384,059	?	108,680
DOB1	456046,668	?	277175,282	?	70,095
IRBE	371472,548	?	381137,166	?	25,193
JEK1	614761,955	?	263838,407	?	94,876
KUL2	375196,570	?	317006,776	?	42,070
LIME	542746,164	?	374452,064	?	96,160
LIPJ	316436,125	?	266705,143	?	21,555
LODE	599645,410	?	333120,232	?	207,605
LVR1	550579,657	?	291835,341	?	67,638
MADO	635457,430	?	303239,933	?	153,274
OJAR	504631,314	?	309093,593	?	21,279
PLSM	631206,579	?	362909,377	?	120,663
PREI	668648,821	?	241689,637	?	138,413
REZ1	705617,363	?	269831,798	?	167,432
SIGU	554012,156	?	334306,015	?	113,663
SLDI	407977,007	?	280522,715	?	120,943
TALS	414728,454	?	345708,167	?	94,157
TKMS	449024,820	?	313969,184	?	72,771
VAL1	584171,776	?	377920,045	?	56,158
VALK	619828,498	?	405406,155	?	75,943

Adjusted Geodetic Coordinates

Point ID	Latitude	Longitude	Height (Meter)
ALUK	N57°25'26,86465"	E27°04'18,71572"	238,275
BALV	N57°07'41,94471"	E27°15'54,74548"	145,667
BAUS	N56°24'21,20872"	E24°11'10,11211"	69,395
DAGD	N56°05'51,75378"	E27°31'59,07732"	223,110

4. attēls. LatPos bāzes staciju TBC noteikšanas atskaite.

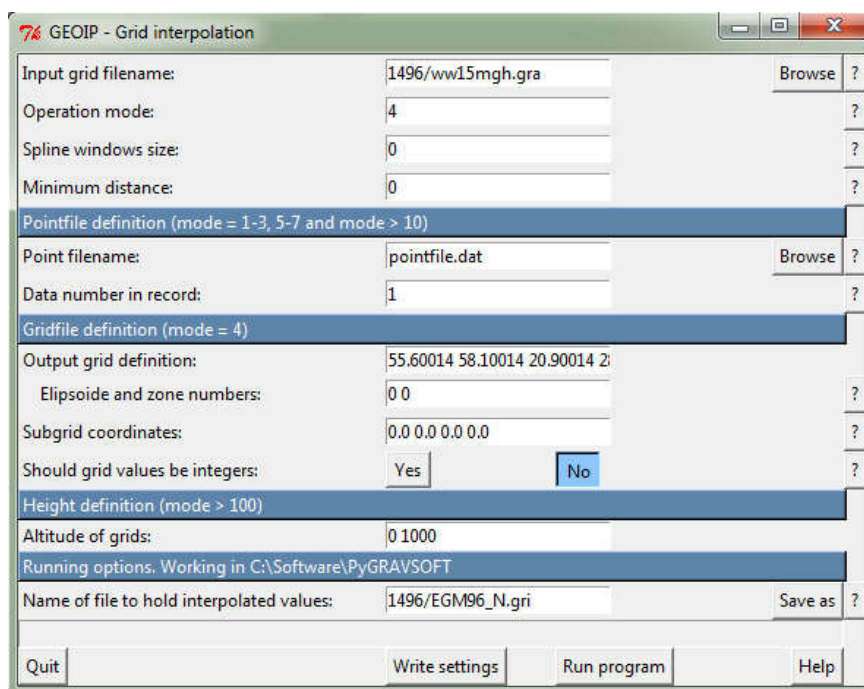
Izmantojot globālas pozicionēšanas apstrādes programmu *Trimble Business Center v.3.11* (turpmāk – TBC), iegūta koordinātu noteikšanas atskaite (4.attēls). Ar bāzes staciju elipsoidāliem augstumiem un stacijas augstumu, atbilstoši pielietotajam ģeoīda modelim EGM-96, LV'14 vai LV'98. Atņemot no elipsoīdālā augstuma stacijas augstumu iegūst pielietotā ģeoīda modeļa vilni. Priekš darba GRAVSOFIT programmatūrā LatPos bāzes staciju informācija tiek sakārtota identiski kā ARP punktiem.

3. Pārreķina virsmas sagatavošana

Sākotnēji jāizveido *EGM-96* modeļa ģeoīda viļņa virsma apgabalam, kas atbilst kvaziģeoīda modeļu tīkla robežām un datu solim. To īsteno ar *GRAVSOFT* programmatūras programmu *GEOIP.py*, kur tiek definēti ievades parametri (5.attēls):

- *EGM96* ievades datne – *ww15mgh.gra*;
- Norāda ģeoīda viļņa tīkla datne izveidošanas kodu – *4*;
- Atbilstošā kvaziģeoīda modeļa tīkla robežas un solis - *55.60014 58.10014 20.90014 28.30014 0.025 0.025*;
- Norāda izvēlni, ka augstuma vērtības būs reāli skaitļi – *No*;
- Izvades datnes nosaukums – *EGM96_N.gri*.

Piezīme: *GRAVSOFT* programmatūrā tīkla veida datnes formāta paplašinājumu var apzīmēt gan ar **.gri*, gan ar **.gra*.

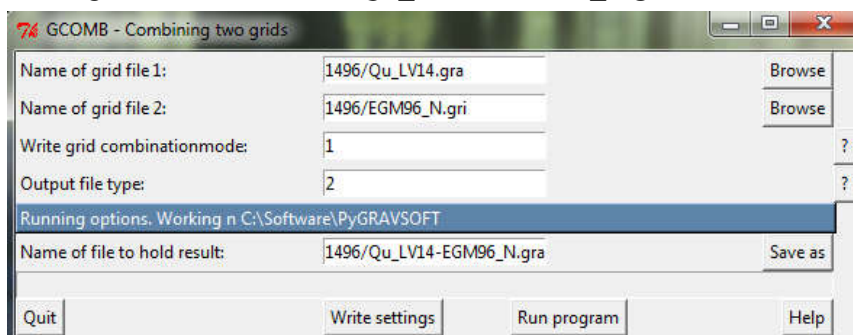


5. attēls. Ģeoīda viļņa iegūšana vēlamajam apgabalam ar *GEOIP.py*

Tālāk, kad iegūta ģeoīda viļņa virsma *EGM-96*, tiek īstenota modeļu atņemšana ar *GRAVSOFT* programmas *GCOMP.py* palīdzību. Programmā principāli norāda (6.attēls):

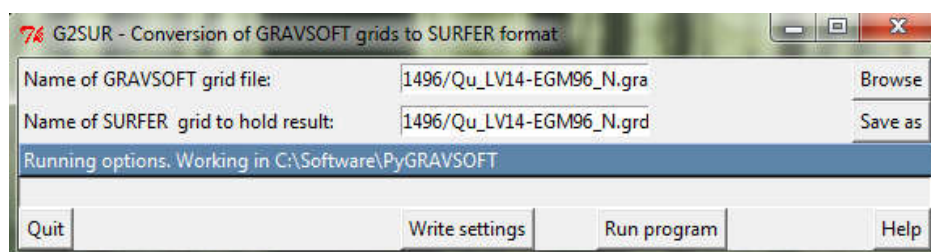
- Modeli, no kura atņems – *Qu_LV14.gra*;
- Modeli, ko atņem – *EGM96_N.gri*;
- Atņemšanas darbības kodu – *1*;

- Iegūto rezultātu izvades formāta kodu – 2;
- Iegūto rezultātu datni – *Qu_LV14-EGM96_N.gri*.



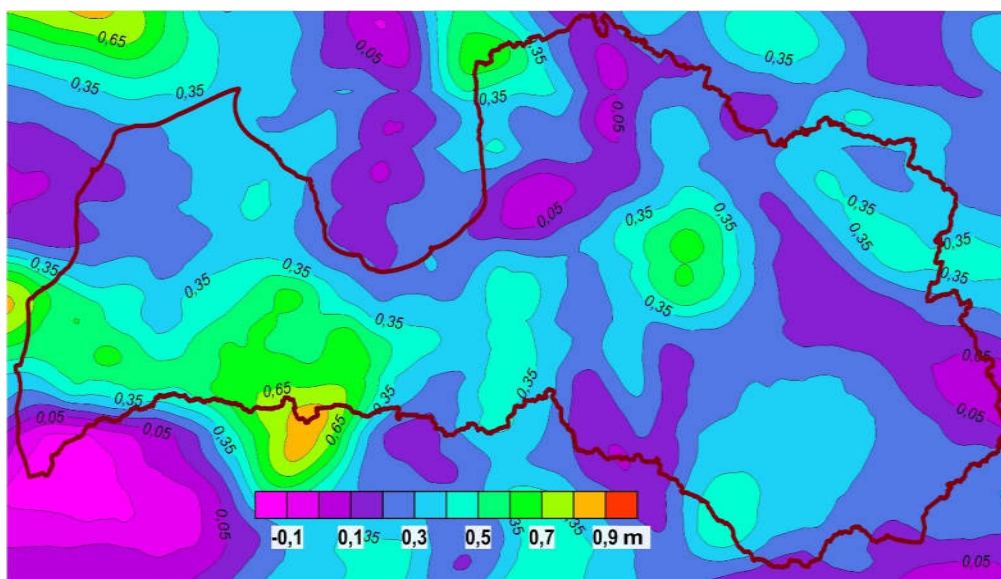
6. attēls. Pārreķina virsmas iegūšana

Datu vizualizācijai *Surfer* programmā, pielieto *GRAVSOF*T programmu *G2SUR.py*, lai konvertētu datu uz *Surfer* datu formātu *.grd (7.attēls).



7. attēls. *GRAVSOF*T tīkla datnes konvertēšana uz *Surfer* datnes formātu.

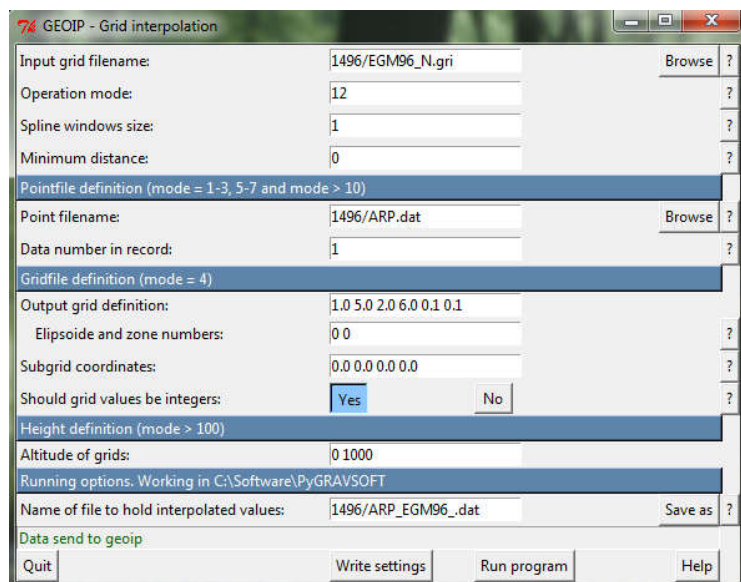
Gala rezultātā iegūtas *GRAVSOF*T (*Qu_LV14-EGN96_N.gri*), teksta (*Qu_LV14-EGN96_N.txt*) un *Surfer* (*Qu_LV14-EGN96_N.grd*) formāta datnes ar pārreķina virsmu LV'14 pārveidošanai no/uz EGM-96 modeli Latvijas teritorijai (9.attēls)



9. attēls. Pārreķina virsma LV'14 pārveidošanai no/uz EGM96 Latvijas

4. Pārreķina virsmas novērtēšana

Sākotnēji novērtē un pārlicinās par iegūtā EGM-96 modeļa ģeoīda viļņa virsmas pareizību uz LatPos bāzes stacijām. Tā īstenošana pielieto *GRAVSOFT* programmu *GEOIP.py* (10.attēls), kur tiek noteikta ģeoīda viļņa vai virsmas starpības vērtības LatPos bāzes staciju vai lidlauka ARP punktos, kuras nosaka ar interpolācijas palīdzību.



10. attēls. Vērtību iegūšanas LatPos bāzes stacijām un ARP punktiem.

Iegūtās LatPos bāzes staciju vērtības tiek apkopotas datu 1. tabulā, kas salīdzinātas pret TBC programmatūras iegūtajām vērtībām.

1. tabula

Iegūto LatPos bāzes staciju vērtību salīdzinājums.

1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13
TBC stacijas Nr.	Nr. GRAVSOF	LKS-92 BL		TBC					GRAVSOF		Starpība		Virsmas LV14- EGM96 vērtības, m
		B, gradi	L, gradi	LV14	EGM96	GRS80	LV14	EGM96	LV14	EGM96	LV14	EGM96	
				H, m	H ₉₆ , m	h, m	N, m	N ₉₆ , m	N, m	N ₉₆ , m	ϕ, m	ϕ ₉₆ , m	
ALUK	1099	57,424129	27,071866	218,184	218,448	238,275	20,091	19,827	20,091	19,805	0,000	-0,022	0,286
BALV	1199	57,128318	27,265207	125,675	126,064	145,667	19,992	19,603	19,993	19,608	0,001	0,005	0,384
BAUS	1299	56,405891	24,186142	47,059	47,259	69,395	22,336	22,136	22,335	22,097	-0,001	-0,039	0,238
DAGD	1399	56,097709	27,533077	202,552	202,740	223,110	20,558	20,370	20,558	20,362	0,000	-0,008	0,196
DAU1	1499	55,869151	26,518419	108,401	108,680	130,229	21,828	21,549	21,828	21,537	0,000	-0,012	0,291
DOB1	1599	56,636695	23,283424	69,542	70,095	92,303	22,761	22,208	22,761	22,178	0,000	-0,030	0,583
IRBE	1699	57,554416	21,851994	24,960	25,193	45,823	20,863	20,630	20,863	20,634	0,000	0,004	0,229
JEK1	1799	56,504945	25,864594	94,747	94,876	116,010	21,263	21,134	21,263	21,129	0,000	-0,005	0,135
KUL2	1899	56,979745	21,946488	41,818	42,070	64,104	22,286	22,034	22,286	22,035	0,000	0,001	0,252
LIMB	1999	57,510615	24,713473	95,912	96,160	115,385	19,473	19,225	19,473	19,240	0,000	0,015	0,233
LIPJ	2099	56,508876	21,016918	21,243	21,555	45,364	24,121	23,809	24,121	23,804	0,000	-0,005	0,317
LODE	2199	57,130546	25,646172	207,178	207,605	228,505	21,327	20,900	21,327	20,856	0,000	-0,044	0,472
LVR1	2299	56,767718	24,827479	67,330	67,638	88,729	21,399	21,091	21,399	21,090	0,000	-0,001	0,309
MADO	2399	56,853164	26,221313	152,953	153,274	174,194	21,241	20,920	21,241	20,900	0,000	-0,020	0,341
OJAR	2499	56,925482	24,076086	21,052	21,279	41,962	20,910	20,683	20,909	20,686	-0,001	0,003	0,223
PLSM	2599	57,390029	26,182961	120,479	120,663	141,146	20,667	20,483	20,668	20,463	0,001	-0,020	0,205
PREI	2699	56,289964	26,724929	138,094	138,413	159,163	21,069	20,750	21,068	20,758	-0,001	0,008	0,310
REZ1	2799	56,527805	27,343290	167,264	167,432	187,312	20,048	19,880	20,049	19,889	0,001	0,009	0,160
SIGU	2899	57,148824	24,892701	113,543	113,663	133,906	20,363	20,243	20,363	20,245	0,000	0,002	0,118
SLD1	2999	56,659782	22,498769	120,418	120,943	143,692	23,274	22,749	23,274	22,730	0,000	-0,019	0,544
TALS	3099	57,246483	22,586890	93,825	94,157	115,073	21,248	20,916	21,248	20,909	0,000	-0,007	0,340
TKMS	3199	56,966497	23,161614	72,457	72,771	94,007	21,550	21,236	21,550	21,233	0,000	-0,003	0,317
VAL1	3299	57,535956	25,405924	56,090	56,158	76,013	19,923	19,855	19,924	19,867	0,001	0,012	0,056
VALK	3399	57,774667	26,014778	75,761	75,943	95,813	20,052	19,870	20,052	19,874	0,000	0,004	0,178

1. tabulā redzams, ka iegūto EGM96 modeļa vērtības ar TBC un GRAVSOF programmatūrām atšķiras robežā no mīnus - 4,4 līdz plus 1,5 cm, kas ir pieļaujama ņemot vērā datu precizitāti un dažādās interpolācijas metodes.

Piezīme: 1. tabulā 13. kolona satur LV'14 un EGM96 pārrēķinu virsmas vērtības no datne *LatPos_LV14-EGM96.dat*. Šīs vērtības izmantojamas programmatūru pārbaudei, kurā tiek pielietota vai iestrādāta pārrēķina virsmas datu matrica.