

Od D48 do D96

- ❑ Zgodovina geodetskih mrež v Sloveniji je dejansko zgodovina koordinatnih sistemov D48 in D96.
- ❑ D48: koordinate točk so dane v GK-projekciji 5. meridianske cone, preslikane z elipsoida Bessel 1841; orientacija v fundamentalni točki Hermannskogel glede na točko na Hundesheimer Berg. Koordinate fundamentalne točke:
 $\phi_0 = 48^\circ 16' 15,29''$
 $\lambda_0 = 33^\circ 57' 41,06''$ (vzhodno otoka Ferro*).

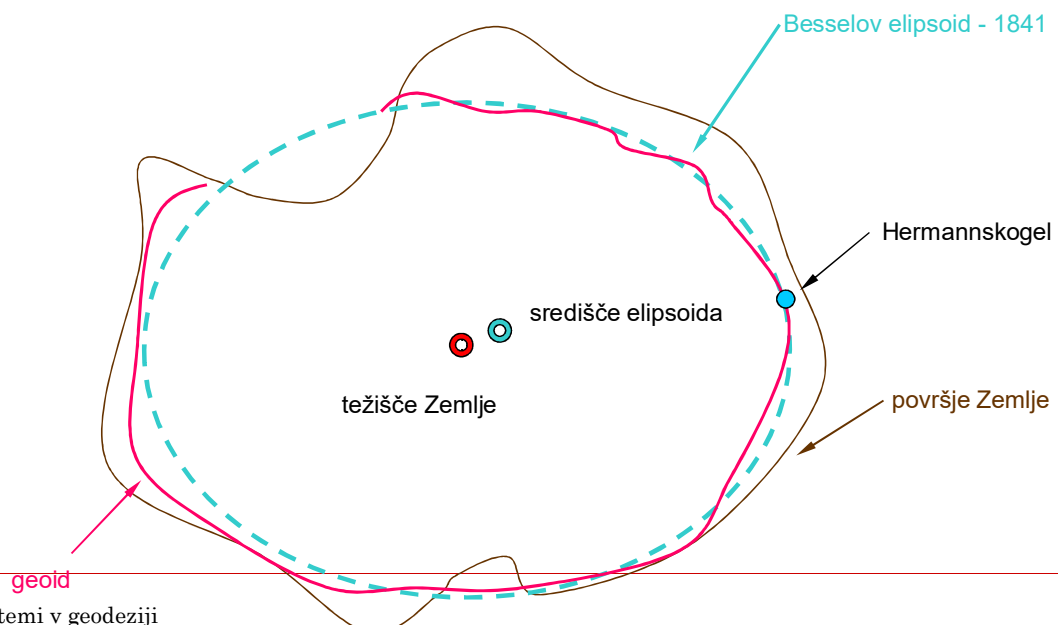
* Svetilnik na otoku El Hierro (najmanjši in najzahodnejši od Kanarskih otokov). V tem sistemu ima Pariz okroglo geografsko dolžino 20° E. Obravnavali so ga kot najzahodnejšo točko "Starega sveta".



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Nastanek temeljnih položajnih geodetskih mrež

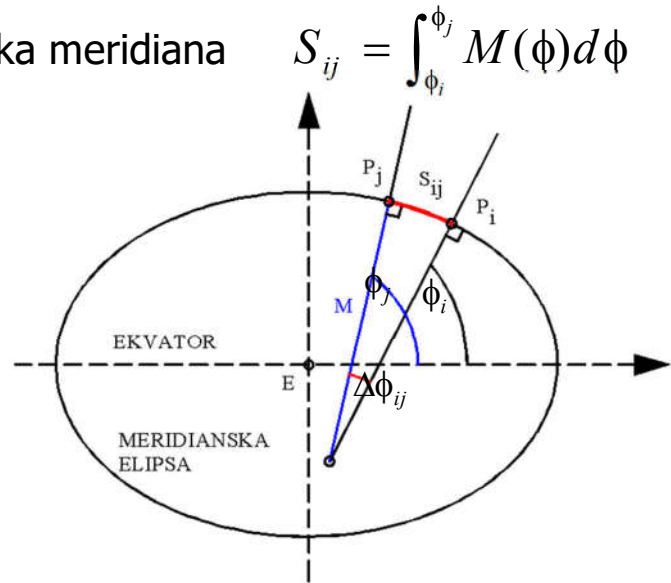
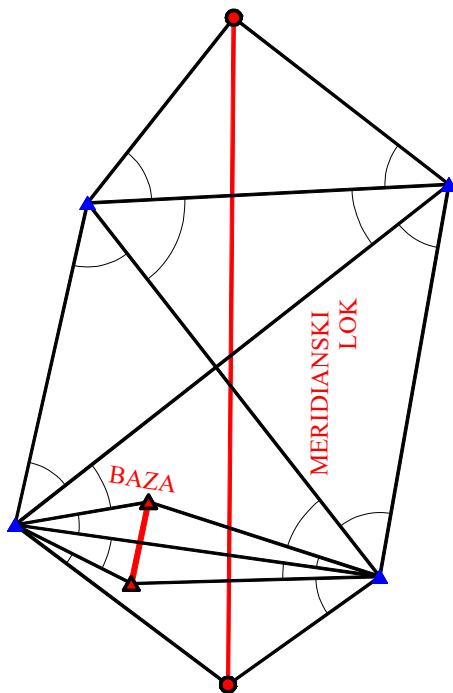
- ❑ Izbira referenčnega elipsoida;
- ❑ izbira fundamentalne točke mreže: pogoj $\phi_0 = \Phi_0$, $\lambda_0 = \Lambda_0$, $h_0 = H_0$
 $\Rightarrow \xi_0 = \eta_0 = 0$; $\alpha_0 = A_0$;
- ❑ pogoj vzporednosti: $(A - \alpha) - (\Lambda - \lambda) \sin \phi = 0$ (Laplaceova enačba).



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Določitev parametrov referenčnega elipsoida

- Stopinjske meritve $\Rightarrow$ dolžina loka meridiana



Vsaj dve enačbi oblike:

$$S_{ij} = a(1 - e^2) \int_{\phi_i}^{\phi_j} (1 - e^2 \sin^2 \phi)^{-3/2} d\phi$$

rešitev $\Rightarrow a, e$

Primer stopinjskih meritev - Struve

Meridianski lok dolžine 2822 km.

Meritve izvajane: 1816 – 1855,

258 trikotnikov, 265 točk.

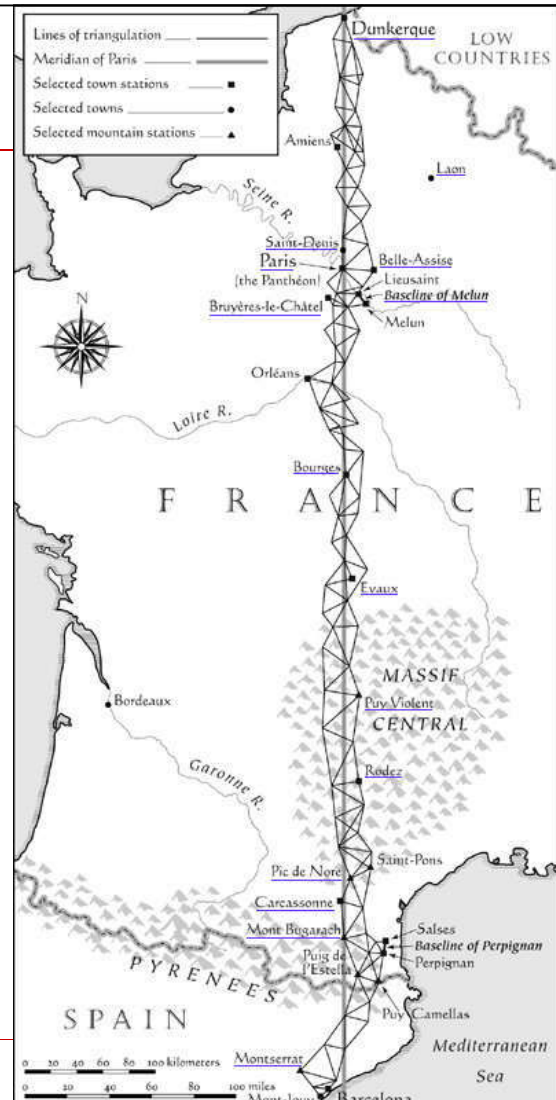


Spominska točka v Hammerfestu (N)



Meridian skozi Pariz: Dunkerque - Barcelona

- ❑ Izvedla Pierre Méchain in Jean-Baptiste Delambre, med letoma 1791 - 1799.
- ❑ Osnova za uvedbo "meterskega sistema":
 - Meter je leta 1791 določila Francoska akademija znanosti kot eno desetmilijoninko razdalje na površju Zemlje med polom in ekvatorjem, potegnjene po poldnevniku skozi Pariz.



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Friedrich Wilhelm Bessel

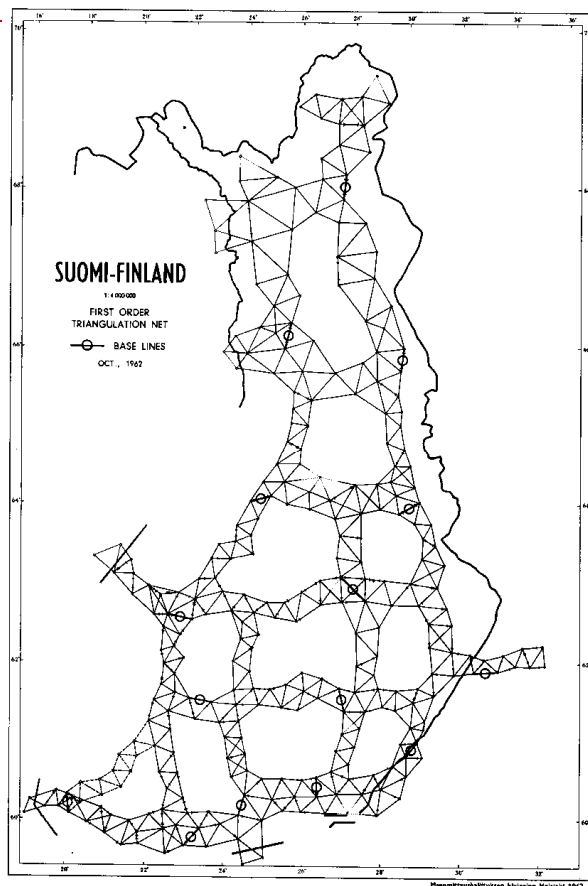
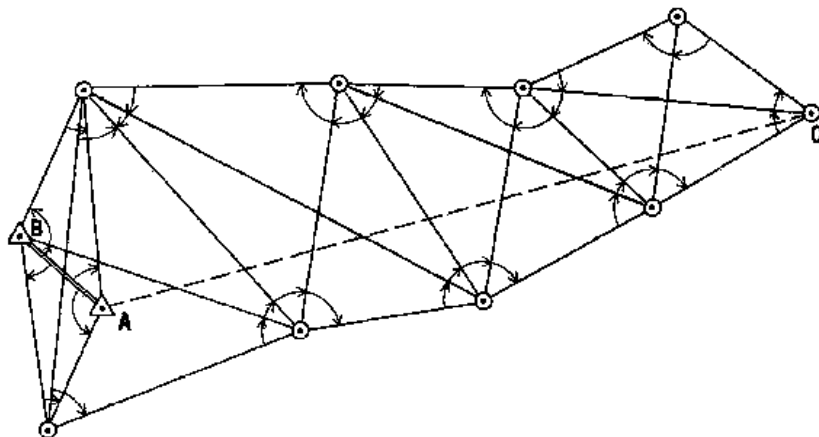
- ❑ Uporabil naslednje stopinjske meritve (1737-1841):
 - Peru,
 - Indija 1,
 - Indija 2,
 - Francija,
 - Anglija,
 - Hannover (Gauss),
 - Danska,
 - Prusija (Bessel),
 - Rusija,
 - Švedska
- ❑ parametri elipsoida:
 - $a = 6\,377\,397,155$ m
 - $1/f = 299,1528$



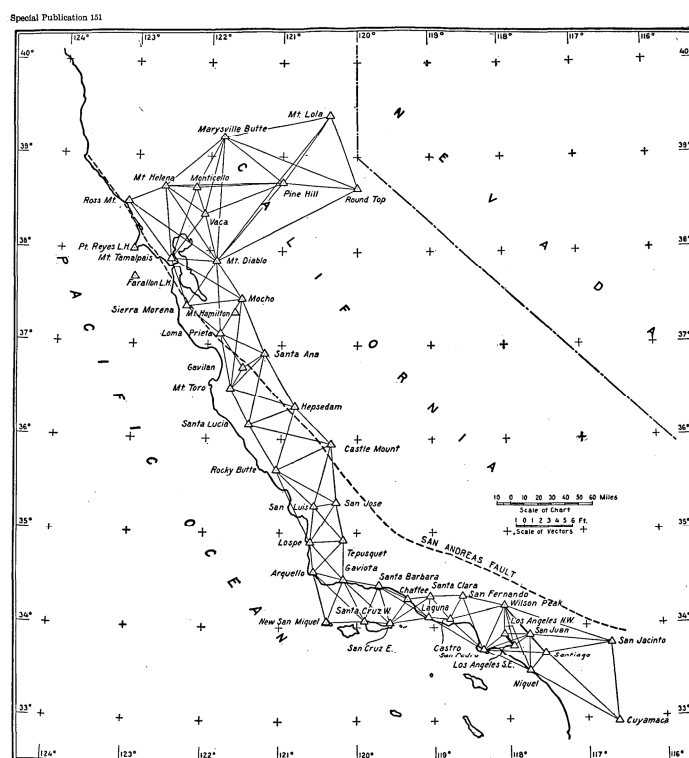
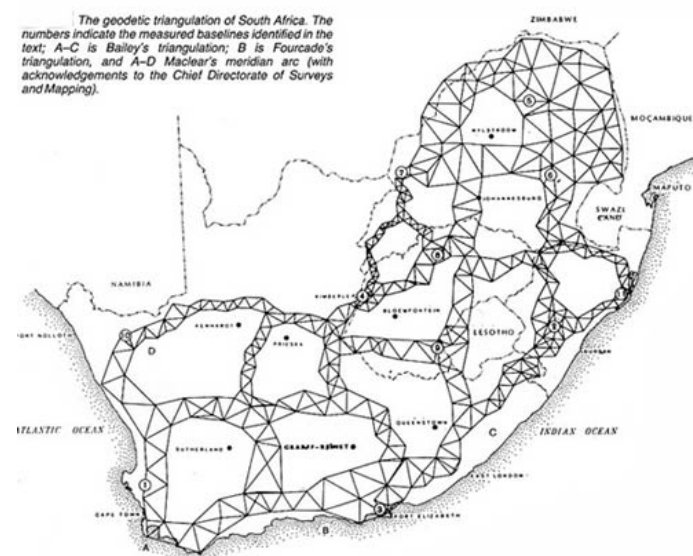
M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Trigonometrične mreže

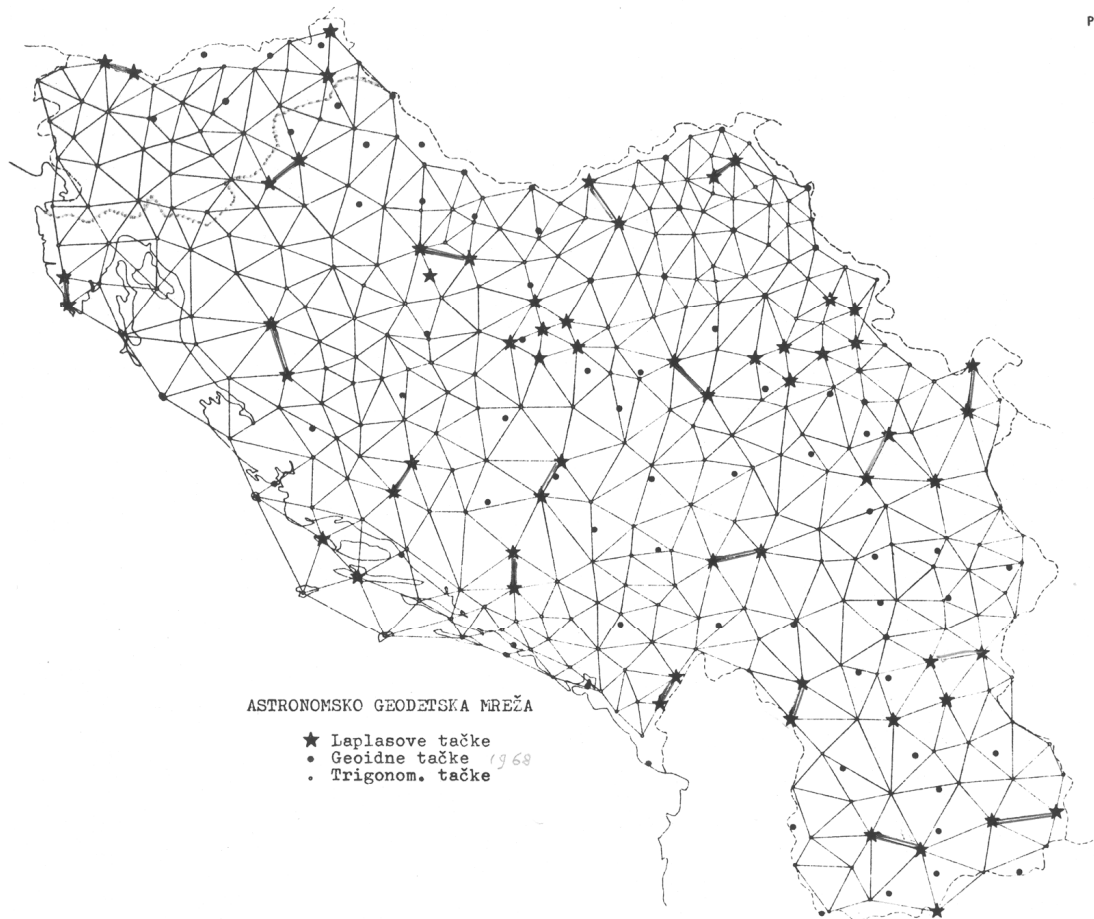
- Trigonometrične mreže so bile nekoč osnovne geodetske mreže.
- Razvite so bile kot trikotniške mreže na principu triangulacije.



Trigonometrične mreže - primeri



Trigonometrične mreže – primeri (2)



M. Kuhar - R

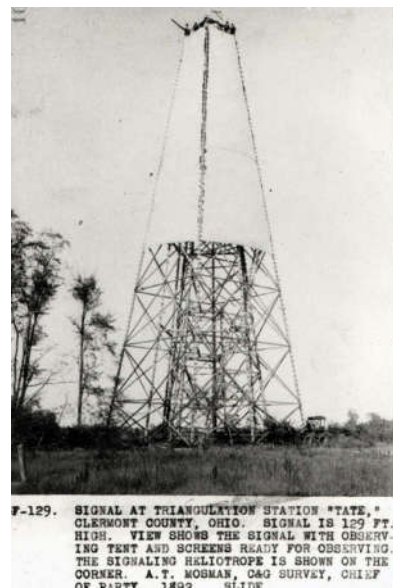
9

Trigonometrične mreže – stabilizacija (1)

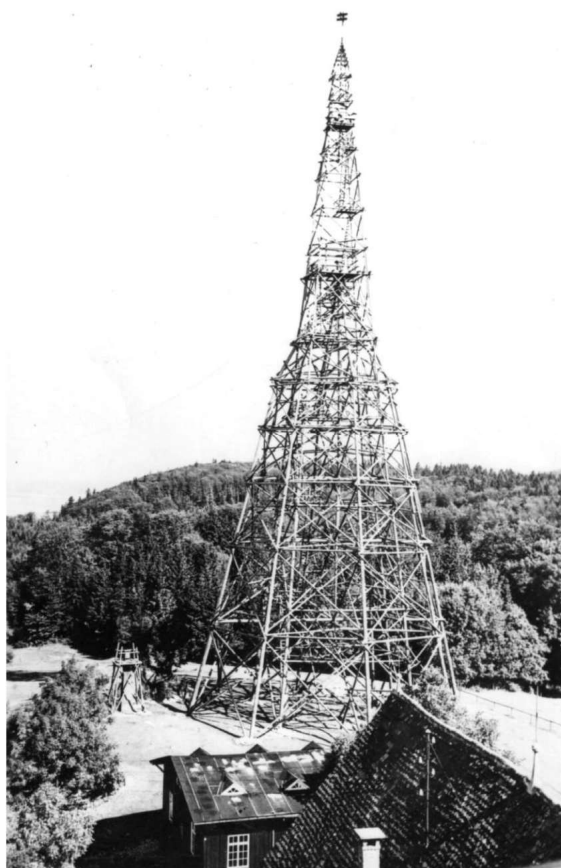
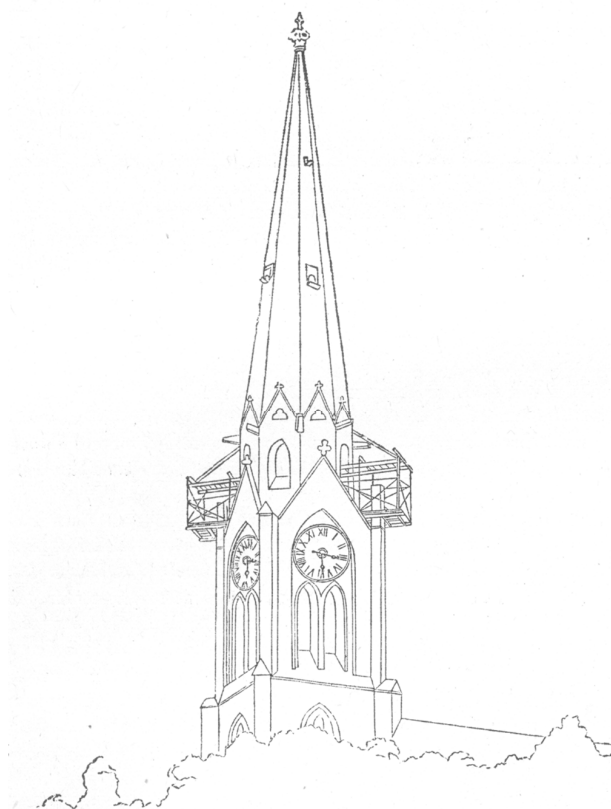
- ❑ Točke so morale biti medsebojno vidne, kljub velikim razdaljam
⇒ potreba po visokih stebrih, oz. lesenih in jeklenih piramidah.



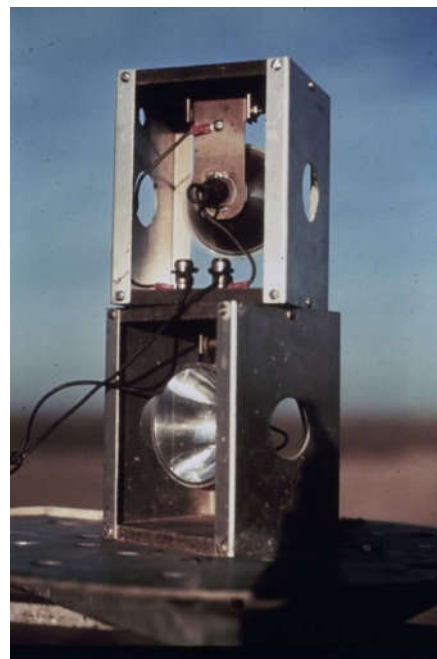
Trigonometrične mreže – stabilizacija (2)



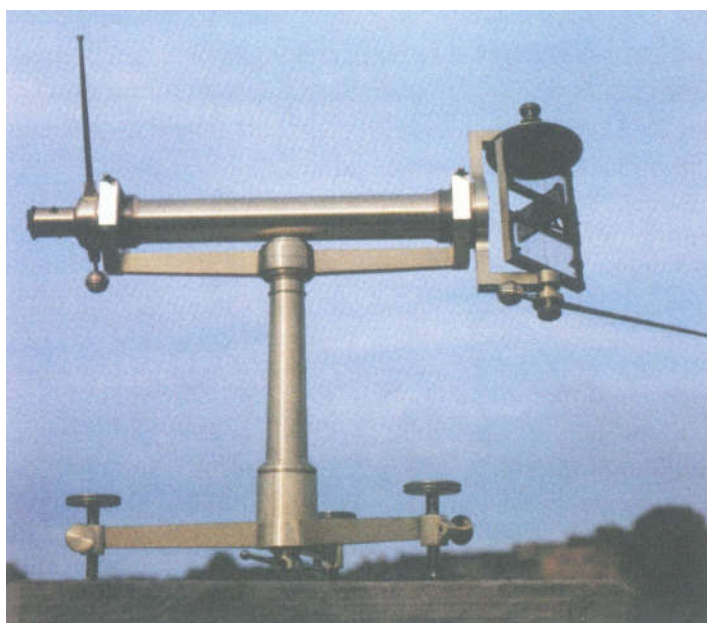
Trigonometrične mreže – stabilizacija (3)



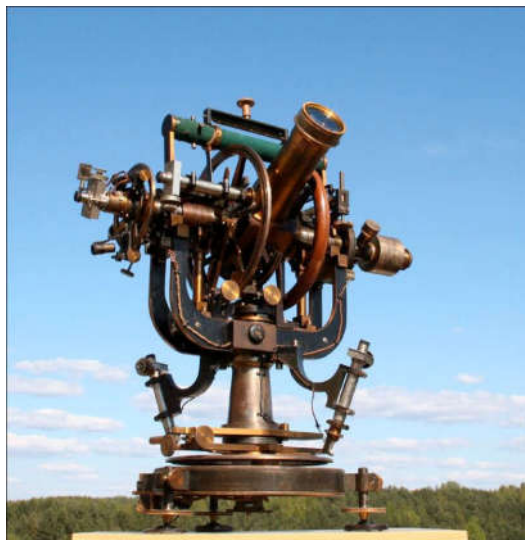
Trigonometrične mreže – signalizacija



Heliotropi



Trigonometrične mreže – merjenje kotov (1)



teodolita iz časa meritev meridianskega loka
pod vodstvom Struvea, 1816 - 1855

Trigonometrične mreže – merjenje kotov (2)



Ramsden-ov teodolit iz leta 1791

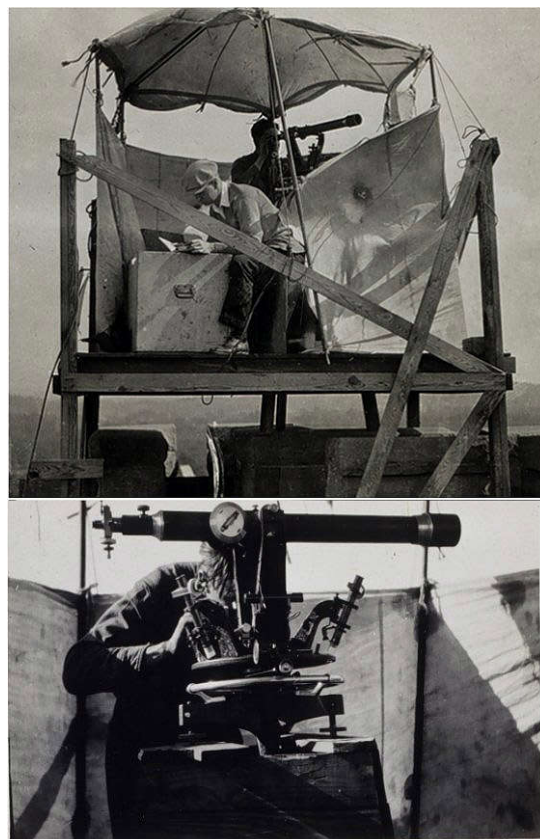


Lambtonov 36" teodolit (1830 – 1843), izmera Indije

Trigonometrične mreže – merjenje kotov (2)

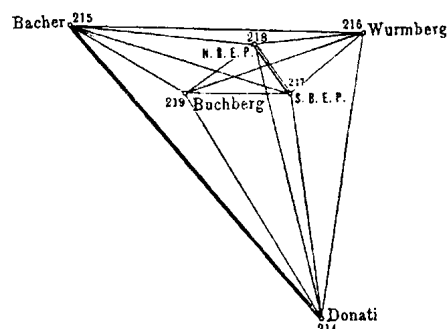
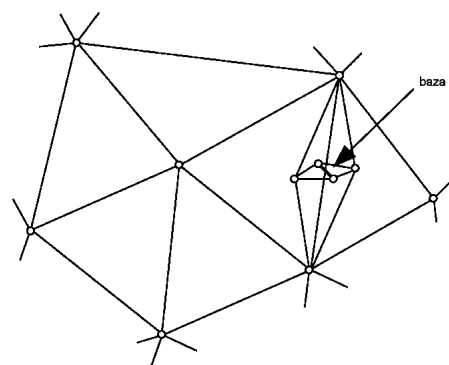
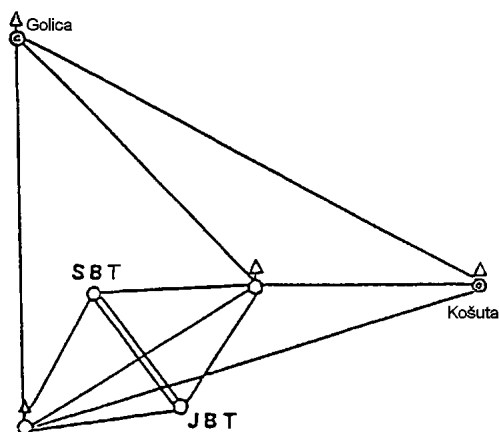


kotne meritve v ZDA, prva polovica XX. st.



Triangulacija - izračun

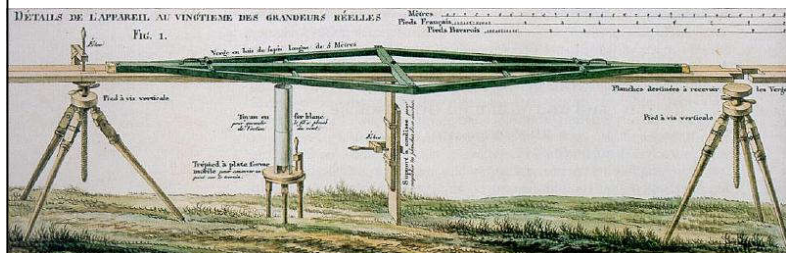
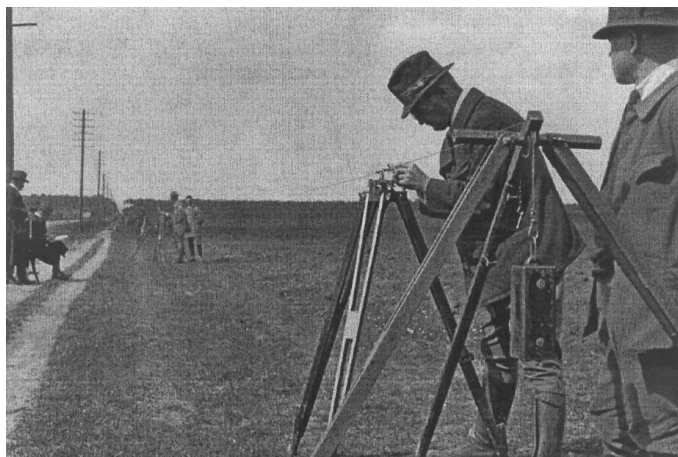
- ❑ Da bi lahko rešili trikotnik, potrebujemo saj eno stranico:
⇒ meritve baze
- ❑ Dolžinske meritve, dolgotrajne in zamudne.



Merjenja baze (1)



merjenje z invar žicami



merjenje z latami

merska veriga



Merjenja baze (2)



Natančnost merjenja baz 1: 2 000 000 (pribl. 1 cm na 5 km)

Instrumenti za merjenje baz – Oeri iz leta 1834



Leto	Merski pribor	Vrednost [m]
1791	Jeklana veriga (Ramsden)	13 053,86
1797	7,8 m dolge železne palice	13 053,93
1834	5,8 m dolge železne cevi	13 053,75
1915	izračun iz koordinat točk	13 053,83
2006	meritve GPS	13 053,75

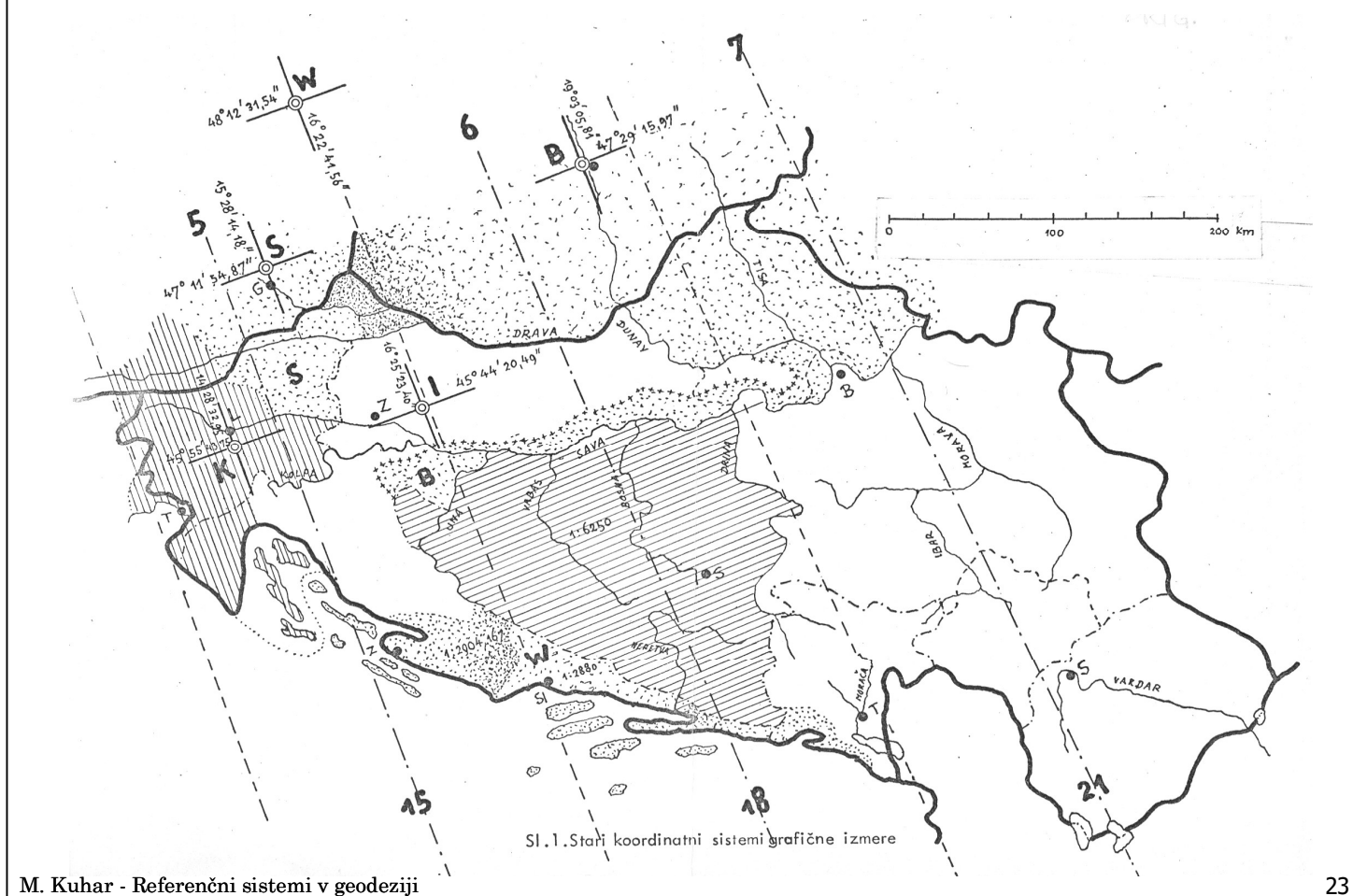
Slovenija – prve astrogeodetske meritve

- ❑ 1762 Jezuit pater Liesgang: stopinjska meritev ob meridianu Brno – Varaždin. V Sloveniji štiri točke: Urban nad Mariborom, Kapela, Jeruzalem in Urban na Belskem Vrhu.
- ❑ Prva prava triangulacija 1. reda: Francozi v času Napoleona – do 1806 (na Primorskem; npr. Oglej, Slavnik, Učka).
- ❑ Avstrijska triangulacija: vojaška in katastrska (prevzela od vojaške točke 1. reda).
- ❑ Leta 1817 ustanovljen Krimski koordinatni sistem (za potrebe katastra).
- ❑ Mreži 2. in 3. reda računani iz merjenja kotov. mreža 4. reda grafično (merske mize).

Merska miza (Kippregel),
1820



Katastrski koordinatni sistemi grafične izmere



Meritve MGI

- ❑ 1839 ustanovitev Vojnogeografskega inštituta na Dunaju (MGI): obnova osnovne trigonometrične mreže; Slovenija na vrsti v zadnjih desetletjih XIX. stoletja.
- ❑ Uradni rezultati v: "Die Ergebnisse der Triangulierungen des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes. I. Band: Triangulierung I. Ordnung im westlichen Theile der Monarchie und den südlich anschliessenden Gebieten", 1901.
- ❑ Koordinate točk so izključno geografske in sicer v pariškem sistemu (geogr. dolžine imajo izhodišče na skrajnem kanarskem otoku Ferro (danes El Hierro - svetilnik na južnem koncu otoka); Pariz ima potem okroglo dolžino 20°E.

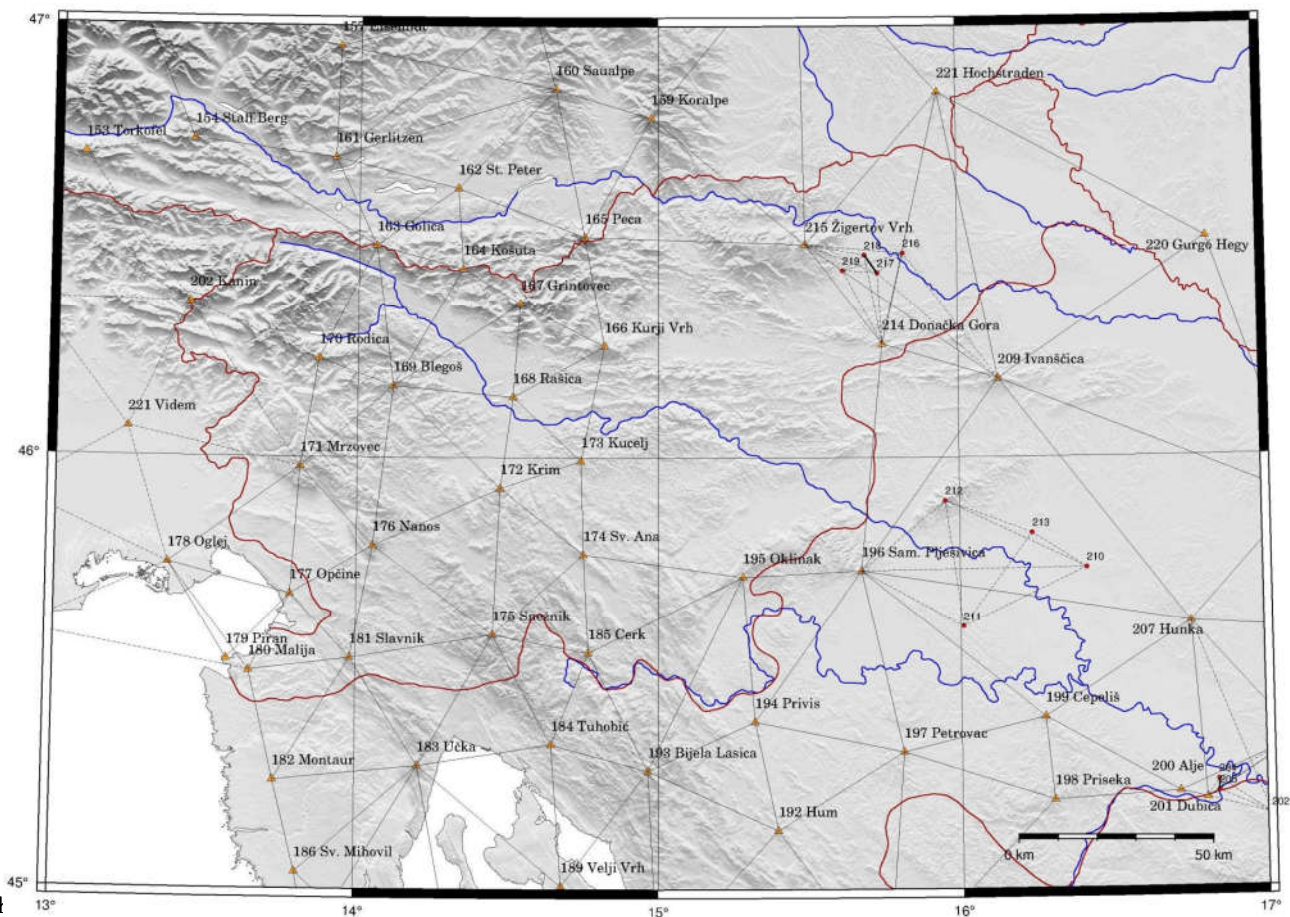
Trigonometrična mreža 1. reda MGI



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

25

Trigonometrična mreža 1. reda MGI – del v Sloveniji



M. Kul

26

Trigonometrična mreža 1. reda MGI - rezultati, stran iz "Ergebnisse..."

60

Geodätische Koordinaten.

Richtung nach	Correction aus der Netzausgleichung	Azimuth von Nord über Ost	Log der Entfernung in Metern
171. Mrzavec.			
Spezialkartenblatt, Zone 22, Colonne IX.			
(Küstenland, Bezirk Görz). Hervorragender Gipfel des Tirovaner Waldes, 4 Stunden östlich des Ortes Tmova, über dem aufgefundenen Centrum. Markierungsstein $\lambda = 1^{\circ}05'$, $\lambda' = 0^{\circ}55'$.			
$\varphi = 45^{\circ} 58' 42'' 3141$ $\lambda = 31^{\circ} 28' 22'' 9811$ $H = 1408$ m.			
170 Hradca	- 0'125	9° 24' 16' 863	4'449 0775,7
169 Blegas	+ 0'656	48 49 10' 914	4'499 5850,0
176 Nanos	- 0'995	137 0 57' 312	4'443 4502,2
177 Opčina	- 0'442	158 55 1' 655	4'517 8938,2
178 Aquileja	+ 0'903	235 44 40' 272	4'612 1713,9
172. Krimberg.			
Spezialkartenblatt, Zone 22, Colonne XI.			
(Krain, Bezirk Laibach). Höchster Gipfel des südlich von Laibach sich erhebenden Gebirges, in 2 Stunden von Oberigg zu erreichen. Der gegenwärtige Markstein befindet sich 1'1 m im Azimute von 23° vom Punkte erster Ordnung entfernt. Markierungsstein $\lambda = 0^{\circ}48'$, $\lambda' = 0^{\circ}40'$.			
$\varphi = 45^{\circ} 55' 43'' 7228$ $\lambda = 32^{\circ} 8' 18'' 8027$ $H = 1106$ m.			
168 Uršičica	+ 0'585	7° 41' 22' 494	4'374 6531,2
173 Kutschel	+ 0'471	71 8 31' 052	4'340 8789,3
174 Annaberg	- 1'042	126 15 22' 968	4'437 6125,8
175 Schneeberg	- 0'183	152 46 45' 428	4'577 9357,7
176 Nanos	- 0'447	245 48 31' 952	4'555 8896,2
169 Blegas	+ 0'614	313 37 53' 773	4'581 5699,7
173. Kutschel.			
Spezialkartenblatt, Zone 22, Colonne XX.			
(Krain, Bezirk Weizelburg). Auf dem flachen Bergrücken nördlich von Weizelburg auf einer der aufgesetzten Kuppen, die untereinander an Höhe nur wenig differieren. Man gelangt in 2 1/2 Stunden von Weizelburg aus zum trigonometrischen Punkte. Markstein mit der Bezeichnung K. V. wurde vorgefunden. Markierungsstein $\lambda = 0^{\circ}55'$, $\lambda' = 0^{\circ}40'$.			
$\varphi = 45^{\circ} 59' 32'' 1150$ $\lambda = 32^{\circ} 24' 22'' 8920$ $H = 748$ m.			
166 Kurji vrh	+ 0'667	11° 26' 11' 445	4'476 6725,8
174 Annaberg	- 0'554	178 22 23' 034	4'351 2593,0
172 Krimberg	+ 0'380	251 20 4' 098	4'340 8789,3
168 Uršičica	- 0'490	313 12 19' 897	4'380 8507,1

M. Kuhar - referenčni sistemi v geodeziji

27

Geodätische Koordinaten.

61

Richtung nach	Correction aus der Netzausgleichung	Azimuth von Nord über Ost	Log der Entfernung in Metern
174. Annaberg.			
Spezialkartenblatt, Zone 22, Colonne XI.			
(Krain, Bezirk Gottschee). Auf dem Bergrücken 1 1/2 Stunden nördlich von Reifnitz, 20 Minuten nördlich der St. Anna Kapelle. Markierungsstein $\lambda = 0^{\circ}28'$, $\lambda' = 0^{\circ}37'$.			
$\varphi = 45^{\circ} 46' 33'' 1286$ $\lambda = 32^{\circ} 24' 54'' 5121$ $H = 964$ m.			
195 Oklinak	+ 1'036	97° 51' 53' 636	4'613 0375,0
185 Zerk	- 0'307	177 4 31' 723	4'406 7345,9
175 Schneeberg	- 0'417	228 26 58' 698	4'426 3863,3
172 Krimberg	+ 0'379	308 27 17' 439	4'497 6129,5
173 Kutschel	- 0'793	358 22 45' 737	4'581 2592,0
175. Schneeberg.			
Spezialkartenblatt, Zone 23, Colonne XI.			
(Krain, Bezirk Loitzsch). Scharf markierte felsige, kahle Kuppe des Krainer Schneeberges, 3 1/2 Stunden von Leskova dolina. Genau über der vorgefundenen Markierung. Markierungsstein $\lambda = 0^{\circ}62'$, $\lambda' = 0^{\circ}00'$.			
$\varphi = 45^{\circ} 35' 19'' 4382$ $\lambda = 32^{\circ} 6' 54'' 1507$ $H = 1706$ m.			
172 Krimberg	+ 0'480	2° 43' 44' 784	4'577 9357,7
174 Annaberg	+ 0'124	48 14 5' 628	4'496 3863,3
186 Zerk	+ 1'078	100 36 38' 192	4'400 7361,8
184 Tuhovici	- 0'867	151 40 40' 517	4'506 1575,1
183 Monte Maggiore	- 1'567	209 46 0' 767	4'589 0438,2
181 Slannik	+ 0'146	290 48 52' 550	4'571 9535,7
176 Nanos	+ 0'624	306 38 48' 558	4'586 7200,3
176. Nanos.			
Spezialkartenblatt, Zone 22, Colonne X.			
(Krain, Bezirk Adelsberg). Höchster Theil des steil abfallenden Berg-Plateaus zwischen Wippach, Präwald und St. Michael. Von Präwald in 4 Stunden zu erreichen. Markierungsstein $\lambda = 0^{\circ}20'$, $\lambda' = 0^{\circ}48'$.			
$\varphi = 45^{\circ} 47' 43'' 5068$ $\lambda = 31^{\circ} 42' 59'' 5263$ $H = 1300$ m.			
169 Blegas	+ 0'896	6° 53' 58' 640	4'616 9990,8
172 Krimberg	- 0'418	65 30 21' 616	4'555 8786,2
175 Schneeberg	- 0'603	126 21 41' 941	4'556 7300,3
181 Slannik	- 0'494	131 8 35' 690	4'471 1551,6
177 Opčina	- 0'119	239 35 31' 795	4'391 4084,4
171 Mrzavec	+ 0'742	317 11 26' 646	4'443 4562,2

Trigonometrični obrazec 5b - "sedemdeseta leta"

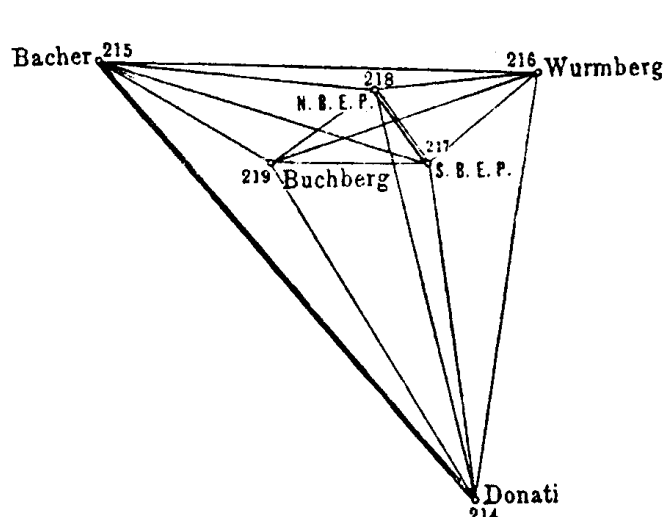
VIZURNA TAČKA	Popravka iz izravnanja mreže	Azimut α	Direkcionni uglovi γ	Logaritmi strana
1	2	3	4	5
172 Krim				
$\varphi = 45^{\circ} 55' 43'' 7412$ $\lambda = 32^{\circ} 12' 22'' 9472$ $H = 1107,13$ (47 2/100)				
$\gamma = - 40654,909$ $x = 5087,799912$				
$y = 5459,35216$ $x = 5087,22213$				
C = -				
168 Rošica	- 0'438	7 41 21,264	8 03 57,085	4 374 63 93,7
173 Kutselj	+ 0'166	71 08 41,899	71 31 17,720	4 340 86 32,2
174 Sv. Ana	+ 0'605	128 15 28,421	128 38 04,242	4 437 60 94,6
		05 31,584	13 19,047	
		07 47,463		
		13 19,047		
168 Rošica	- 0'438	7 41 21,264	8 03 57,085	4 374 63 93,7
174 Sv. Ana	+ 0'605	128 15 28,421	128 38 04,242	4 437 60 94,6
175 Snežnik	+ 0'697	182 46 47,805	183 09 23,626	4 577 93 03,5
176 Nanos	- 0'084	245 48 33,812	246 11 09,633	4 555 88 21,4
169 Blegas	+ 0'591	313 37 53,275	314 00 29,096	4 584 55 63,0
		10 04,577	03 03,682	
		32 39,105		
		03 03,682		

VIZURNA TAČKA	Popravka iz izravnanja mreže	Azimut α	Direkcionni uglovi γ	Logaritmi strana
1	2	3	4	5
174 Sv. Ana				
$\varphi = 45^{\circ} 46' 33'' 1334$ $\lambda = 32^{\circ} 14' 45'' 086278$ $H = 967,13$ (47 22/100)				
$\gamma = - 19253,135$ $x = 5070,624227$				
$y = 5480,14677$ $x = 5070,18216$				
C = -				
173 Kutselj	+ 0'120	358 22 47,524	358 33 26,298	4 584 55 63,0
168 Zduvanica	- 1'151	62 36 47,145	63 07 25,917	4 522 42 00,4
176 Gorjanci	+ 1'192	92 04 04,290	92 14 43,061	4 617 52 16,8
185 Zerk	+ 0'559	177 04 33,319	177 15 12,613	4 400 74 39,8
172 Krim	- 0'730	308 27 22,871	308 38 01,645	4 437 60 94,6
		55 35,669	- 48 44,539	
		53 13,870		
		48 49,539		
172 Krim	+ 0'730	308 27 22,871	308 38 01,645	4 437 60 94,6
185 Zerk	- 0'006	177 04 33,319	177 15 12,613	4 400 74 39,8
176 Snežnik	- 0'423	228 27 02,248	228 37 41,022	4 495 37 56,2
		58 58,958	30 55,280	
		34 56,322		
		30 55,280		

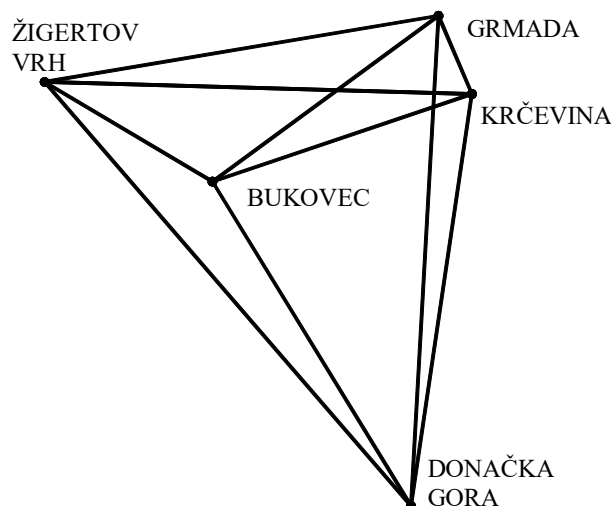
M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

28

Trigonometrična mreža 1. reda MGI - baza Maribor



izvirna bazna mreža (I. 1860)



bazna mreža izmerjena I. 1939
(samo koti)

Namen vzpostavljanja bazisnih mrež je določitev izhodne stranice med dvema točkama 1. reda trigonometrične mreže.

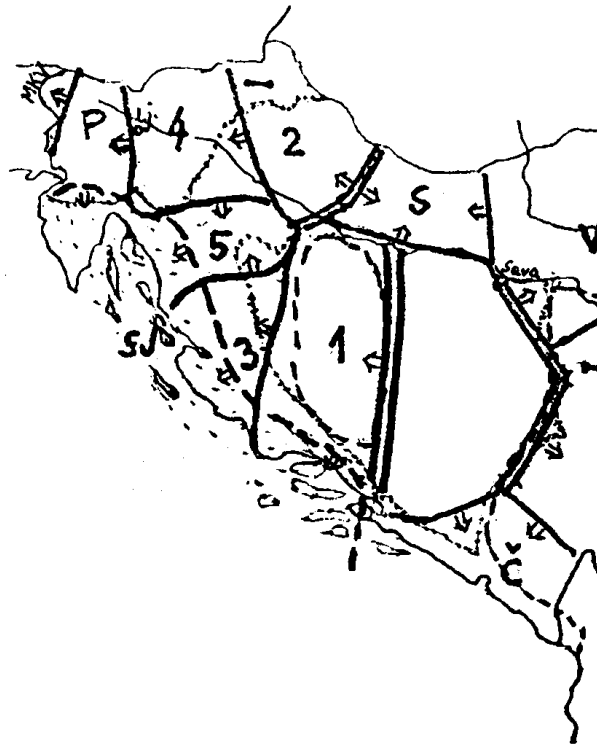
Čas med obema vojnama (1)

- ❑ Kraljevina SHS je sprejela avstroogrsko mrežo 1. reda kot situacijsko osnovo za nadaljnja geodetska dela v celotni državi.
- ❑ Obenem je vpeljala GK-projekcijo v treh meridianskih conah z osmi 15° , 18° in 21° vzhodno od Greenwicha. Za prehod od pariških geografskih dolžin na greenwiške je bilo treba slednje zmanjšati za $17^\circ 39' 46.02''$ (Albrechtova konstanta*), nakar se je lahko računala transformacija geografskih v pravokotne GK-koordinate.
- ❑ Ozemlja sedanje Slovenije, Hrvaške, Bosne in Hercegovine avstroogrsko mreža ni v celoti pokrivala. Leta 1937 so se začela dela na mreži 1. reda v zahodnem delu države: nastala je neprekinjena in enakomerna mreža 1. reda z vključenimi že obstoječimi točkami.

*Theodor Albrecht (1843-1915) - nemški geodet, astronom, soustanovitelj ILS

Čas med obema vojnama (2)

- ❑ Zaradi mnogih in nesigurno identificiranih in celo uničenih avstroogrskih točk, so enotno izmerili celoten blok od osrednje Bosne in Slavonije do Ljubljane, avstrijske in madžarske meje.
- ❑ Leta 1940 so končali terensko delo. Računanje je bilo končano po vojni.
- ❑ Računsko so razdelili to sicer enovito mrežo na pet skupin. Slovenijo sta zajemali:
 - 2. skupina, pas, ki se je opiral na dve dani točki v Slavoniji (Vis in G. Humka) in na obnovljeno mariborsko bazno omrežje, in večja
 - 4. skupina, ki se je naslanjala na 2. skupino in sicer na stranici Žigertov vrh - Donačka gora - Sljeme.
 - Zahodna meja 4. skupine je bila črta Grintovec-Rašica-Krim-Sv. Ana-Cerk.



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Čas med obema vojnama (3)

- ❑ S tem računanjem so dobile ohranjene točke (Krim, Rašica, ...) seveda nove koordinate.
- ❑ V 4. skupini so se po vojni žal pokazale sistematične, proti zahodu naraščajoče položajne razlike.
- ❑ Glede na dotedanjo mrežo je bila nova mreža postopoma vse bolj skrčena. Ordinata točke Krim se je npr. razlikovala za cca 3 m, abscisa pa okoli 1 m (čeprav je od Krima do Donačke gore le 105 km).

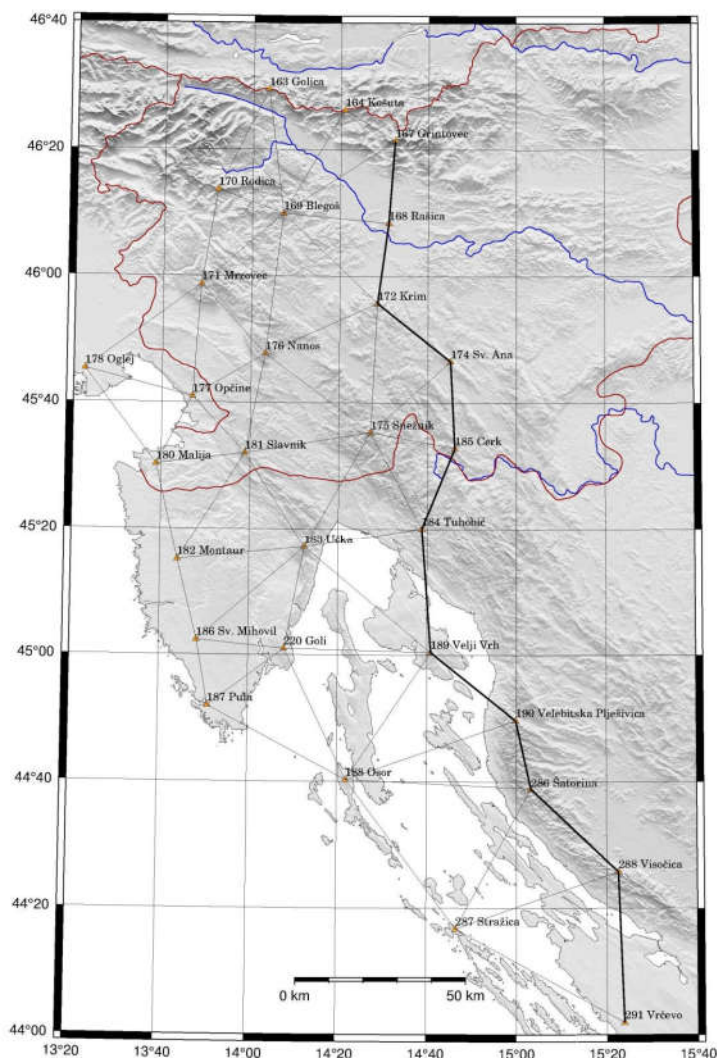
Dela po letu 1945

- ❑ Takoj po vojni je takratni VGI pospešeno pokrival zahodno Slovenijo in cono B slovenskega Primorja in Istre s triangulacijsko mrežo 2. in 3. reda. Mreže 1. reda tu ni obnovil, pač pa je s kotnimi opazovanji prevzetimi iz "Ergebnissov" osnoval podolgovato skupino obstoječih točk 1. reda od Karavank in čez Istro do Zadra ter jo izravnal v naslonu na točke zahodnega roba 4., 5. in 3. skupine (1947). To mrežo so poimenovali mreža "pridruženih območij".
- ❑ Južni del tega pasu (od Reke naprej) pa je bilo treba zaradi nekaterih uničenih točk zares obnoviti, torej tudi v celoti opazovati (1948). Ta skupina točk, imenovana "Severni Jadran", zajema vse otočje in sega do otoka Vis in Lastovo.
- ❑ Mreža na ozemlju Slovenije je vedno bila del večjih mrež: avstrijske, jugoslovanske.
- ❑ Zaradi spreminjanja meje, je mreža večkrat popravljana, nikoli pa iz vrednotena kot celota.

Računska mreža Grintovec - Vrčevo

Pokriva območja vrnjena k
matični domovini : SLO, HR.

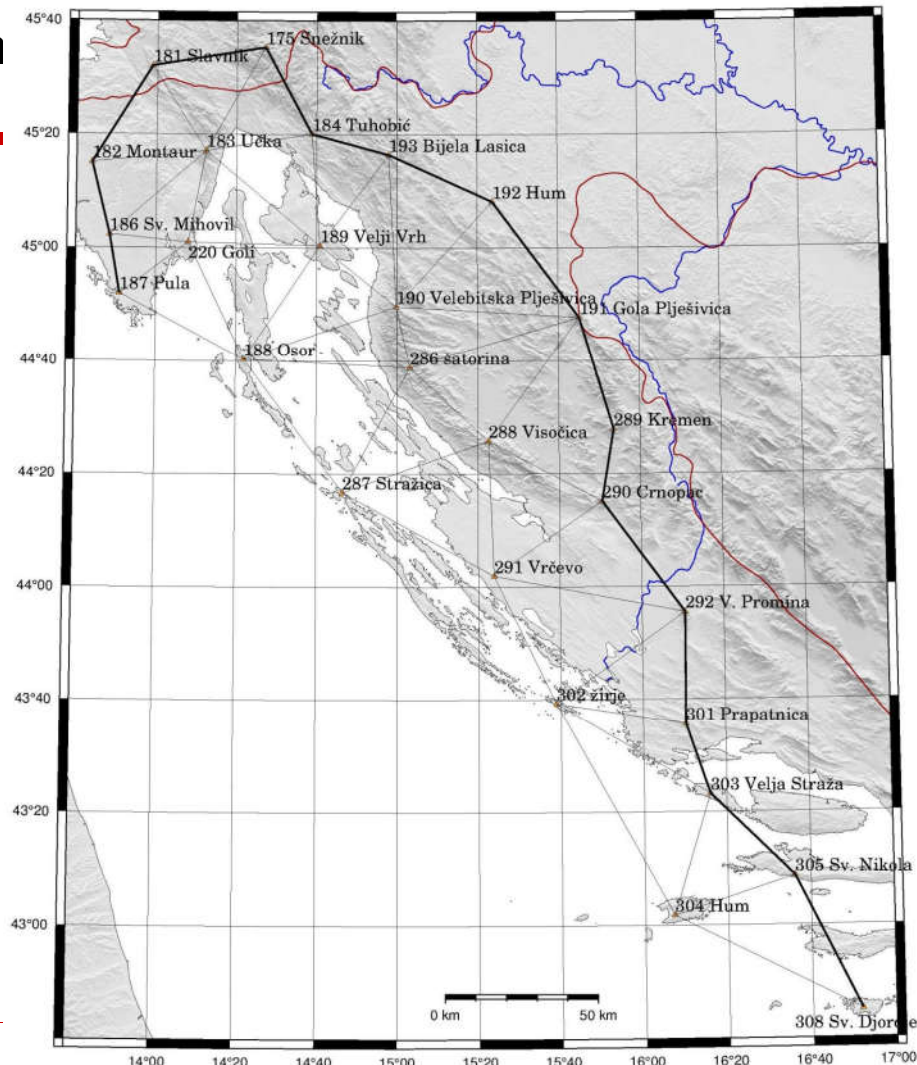
— dane točke
in stranice



Mreža Severni Jadran

dane točke
in stranice

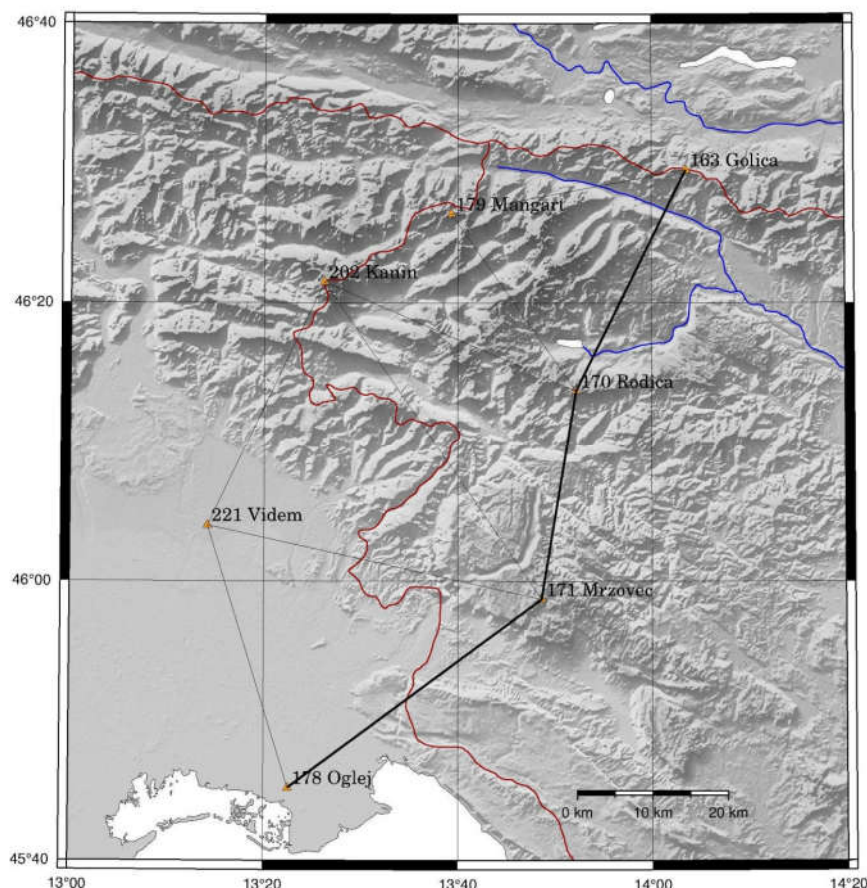
Op: mreža vsebuje najdaljšo
stranico jugoslovanske trig. mreže:
Žirje – Hum, 79,2 km!



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Mreža na meji SLO - IT

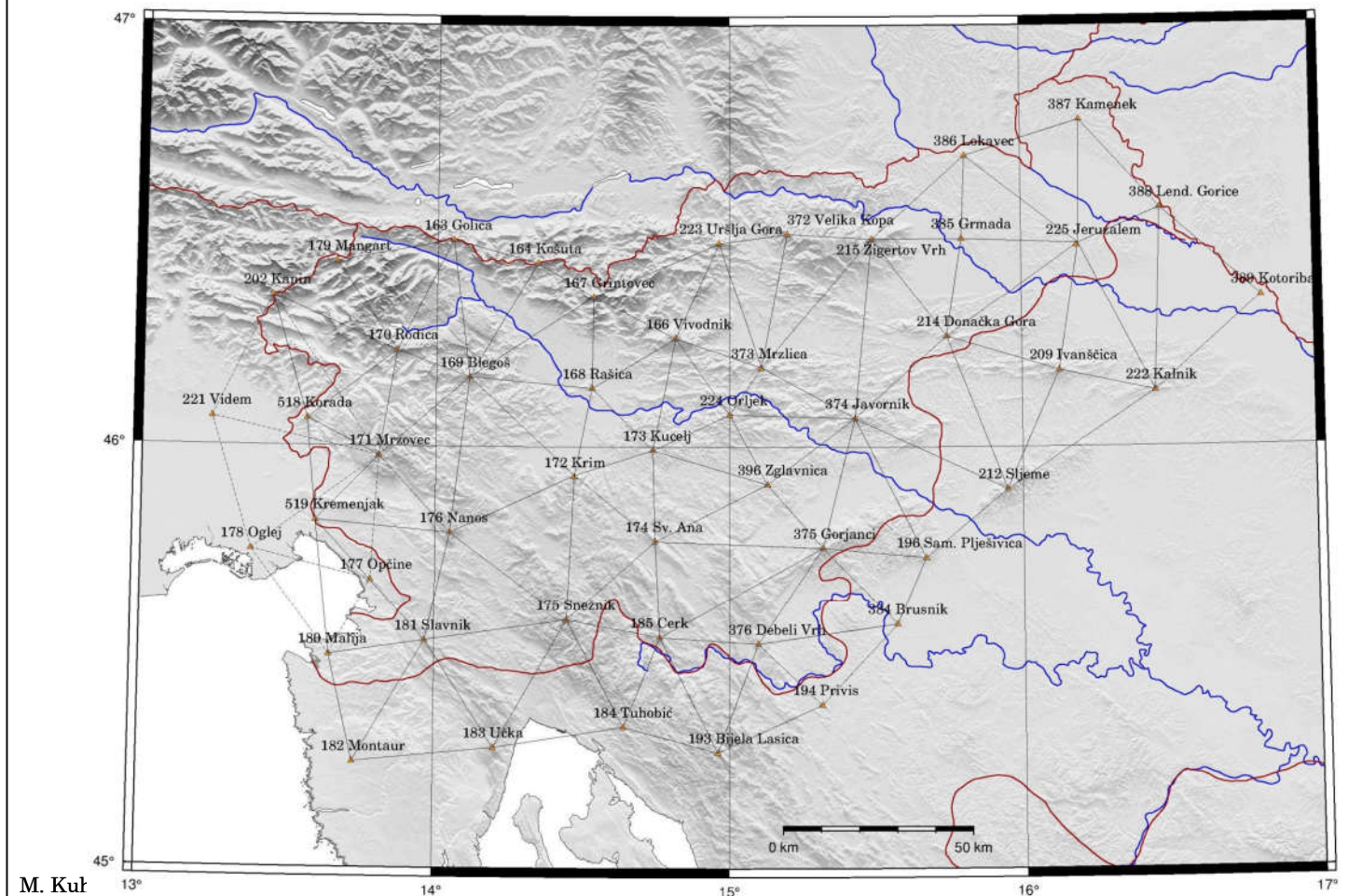
Na skrajnem severozahodu Slovenije je bilo treba po priključitvi Primorske dodati še točki Kanin in Mangart (ki jih ni bilo v "Ergebnissih"). V sodelovanju z Italijo je tako bila izmerjena še skupina Mangart-Kanin-Videm, naslonjena na dane točke Oglej, Mrzavec, Rodica in Golica.



dane točke
in stranice

M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Trigonometrična mreža 1. reda leta 1948

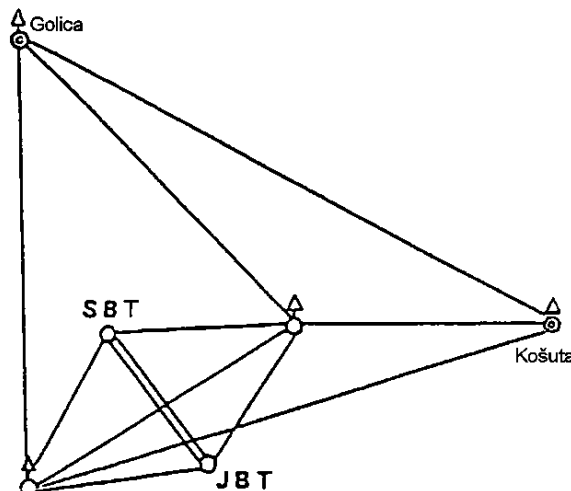


D48

- ❑ Z izračunom te skupine točk na ozemlju Slovenije (leta 1948) je bila mreža 1. reda v celotni Sloveniji končana in predstavlja uporaben, čeprav z napakami in deformacijami obremenjen koordinatni sistem, ki mu pravimo "**Datum '48'**" (D48).

Radovljiška baza

- ❑ Leta 1949 je bila stabilizirana, leta 1950 pa izmerjena Radovljiška baza s pripadajoč omrežjem.
- ❑ Ko so iz baze izračunali dolžino t.i. izhodne stranice 1. reda Golica-Košuta (cca 23 km), so ugotovili, da je 6 dm daljša od vrednosti računane iz koordinat Golice in Košute.
- ❑ To je bil najboljši dokaz za obstoj deformacij merila triangulacijske mreže, ki po kasnejših raziskavah v določenem delu severne Primorske presežejo 30 mm na kilometer.
- ❑ Baza je bila izmerjena zaman, saj bi vključitev njene izhodne stranice v mrežo 1. reda nedvomno povzročila znatne položajne spremembe in verjetno še kakšen problem povrhu.



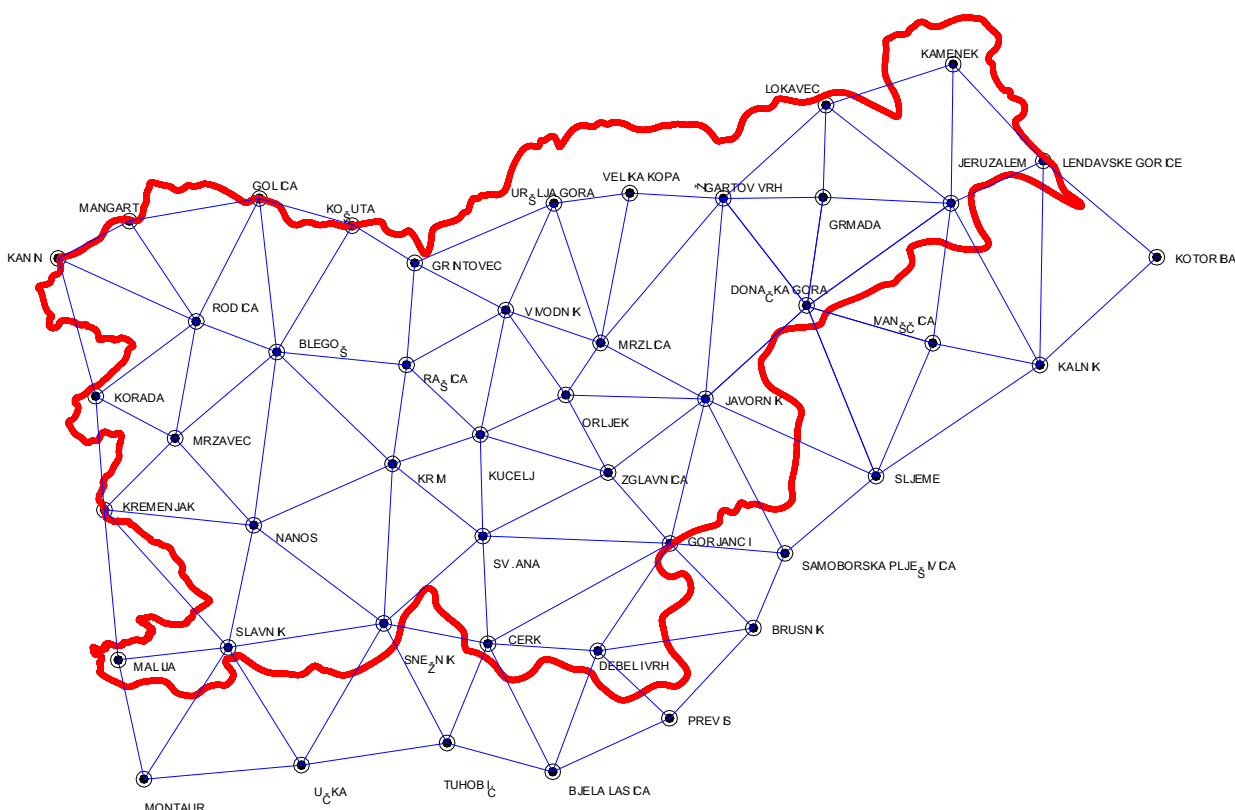
Dela po letu 1948

- ❑ Po vsebini in kvaliteti jugoslovanska mreža 1. reda ni ustrezala mednarodnim standardom.
- ❑ Tudi to je bil razlog, da so v 60-ih letih XX. stoletja začeli z deli za povsem novo mrežo, ki naj bi imela dobro in homogeno natančnost kotnih opazovanj, pravilno razporejene baze, Laplaceove azimute in geoidne točke. Tej mreži so dali ime "[astronomsko-geodetska mreža](#)" - AGM.
- ❑ Za Slovenijo so pomembne zlasti fizična obnova mreže in kotne meritve (1963-65).
- ❑ Mariborska baza je odpadla; najbližji Sloveniji sta bazi pri Zagrebu in pri Puli.

Dela po letu 1948 (2)

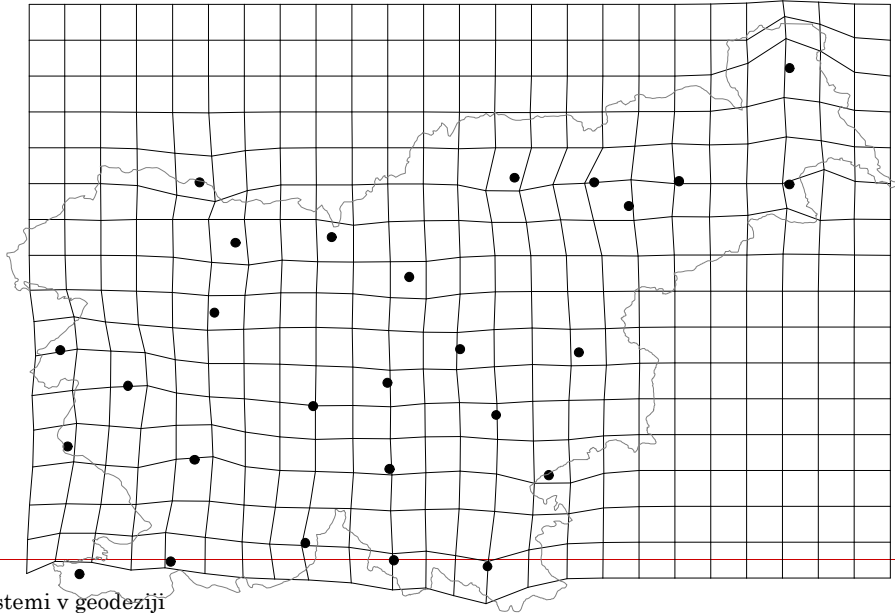
- ❑ Stare opazovalne stebre so skoraj povsod nadomestili z novimi, bolj masivnimi, z značilno štirioglasto glavo. Opuščene so bile točke na italijanskem ozemlju in nadomeščene s točkama Korada in Kremenjak. Točke Golica, Košuta in Jeruzalem so bile prestavljene, enako velja za Sljeme in Samoborsko Plješivico (zato so dobile nove številke). - Merjenje kotov je doseglo planirano kvaliteto v skladu s priporočili IUGG.
- ❑ Med tem časom je bila Slovenija pokrita s triangulacijsko mrežo 2. reda (1953), 3. (1958) in 4. reda (1967).
- ❑ Po letu 1975 je bilo z laserskimi razdaljmeri izmerjenih do 57 razdalj med točkami 1. reda. Izmerjene dolžine so združili s kotnimi opazovanji AGM in z njimi opravili razne raziskovalne izravnave bloka 46 točk (35 Slo in 11 Hr).

AGM mreža danes



Uporaba satelitskih merskih tehnik za vzpostavitev geod. mrež

- ❑ Prve meritve GPS so bile izvedene leta 1991. Med leti 1993 in 2006 je GURS vzpostavil večje število navezovalnih mrež s pomočjo opazovanj GPS, za potrebe izmere.
- ❑ Spodnja slika kaže na nehomogenost stare mreže AGM (primerjava koordinat v k.s. ETRS89 ter D48).



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

43

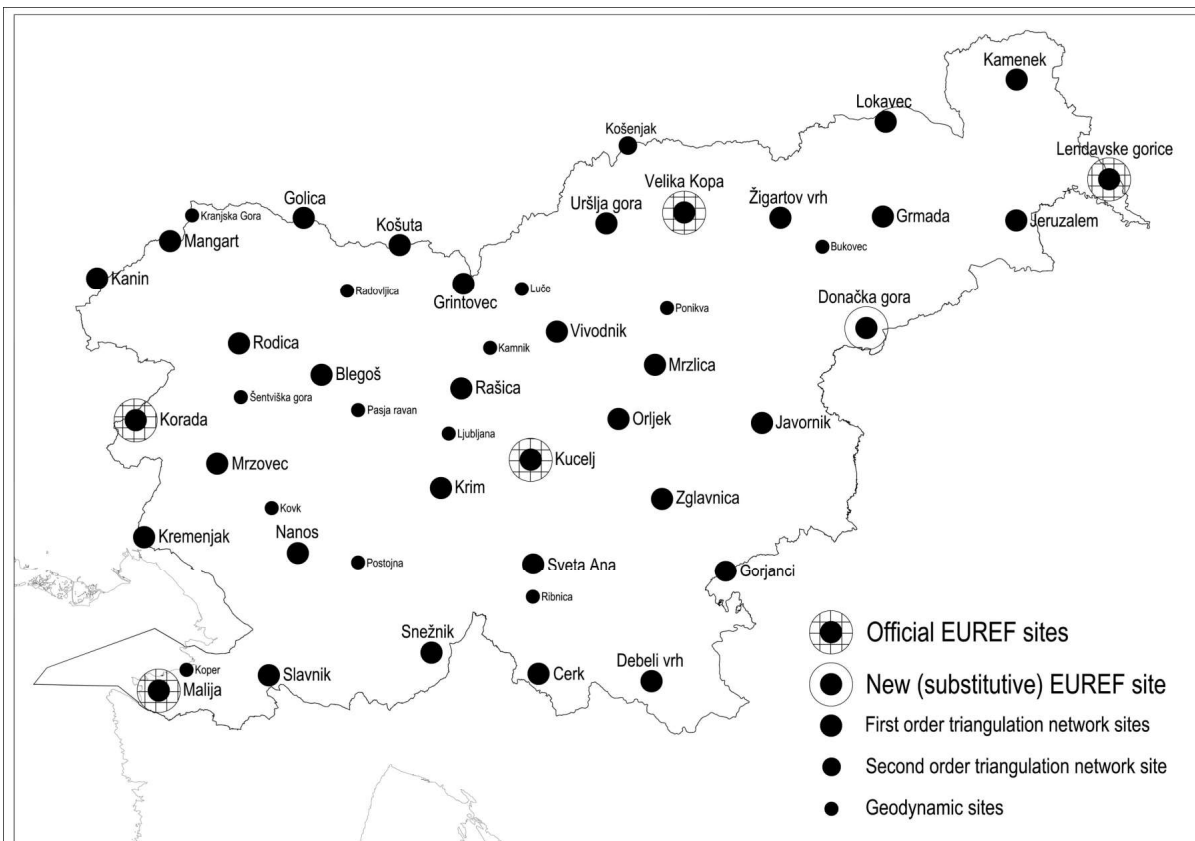
EUREF GPS-kampanje v Sloveniji

- ❑ V okviru EUREF GPS kampanij med letoma 1994 in 1996 so bile izvedene geodetske meritve s tehnologijo GPS, z namenom pridobitve natančnih koordinat temeljnih geodetskih točk v koordinatnem sistemu ETRS89.
 - **EUREF SLO-CRO '94**: 8 trigonometričnih točk 1. reda;
 - **SLOVENIJA '95**: vseh 34 trigonometričnih točk 1. reda
 - **CROREF '96**: 6 točk z območja Slovenije.
- ❑ V letih 2001 do 2003 je bil izveden preračun meritev EUREF GPS kampanij 94-96.
- ❑ Leta 2003 je IAG EUREF komisija potrdila in sprejela ta preračun kot kombinirana rešitev "**EUREF-SLOVENIA-94/95/96**".
- ❑ V okviru EUREF GPS kampanij 1994 - 1996 je bilo v preračun vključenih 49 točk na ozemlju Slovenije. Vključena je bila celotna triangulacijska mreža 1. reda. Izmed teh 49 točk jih ima 5 status uradnih točk EUREF (Donačka gora, Korada, Kucelj, Maliča in Velika Kopa). Te, kakovostno določene geodetske točke so osnovno ogrodje in geodetske točke najvišjega reda v RS.

M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

44

EUREF točke v Sloveniji



Novi koordinatni sistem v Sloveniji

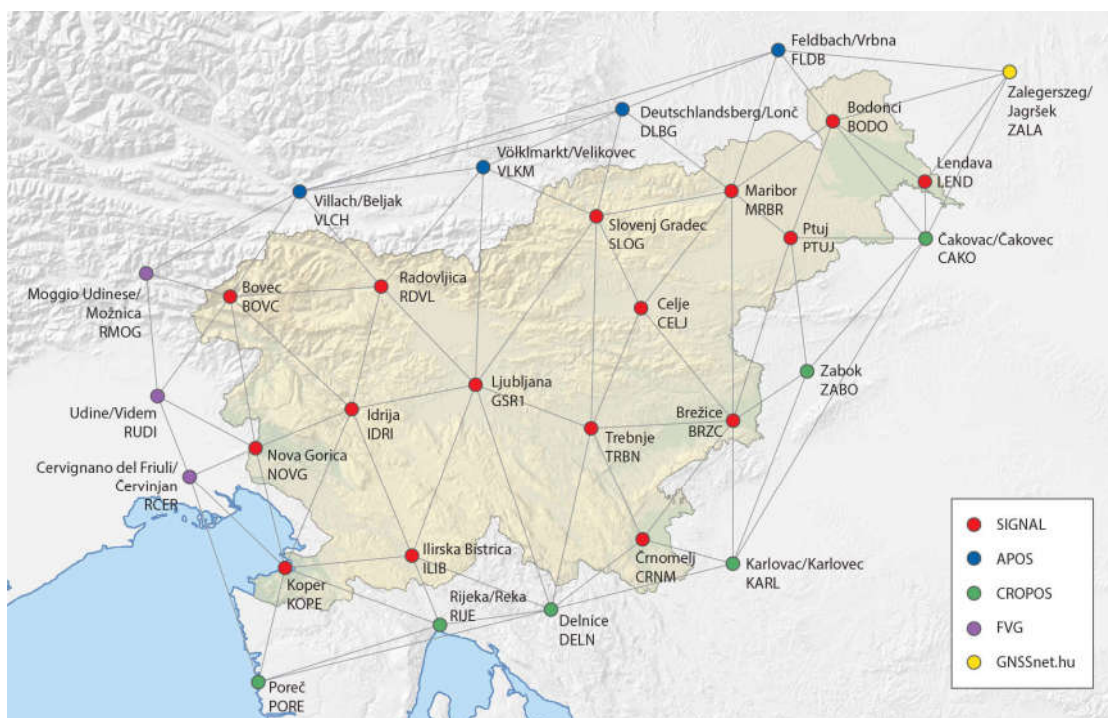
- ❑ Namen izvedbe kampanj EUREF je bila aktivna vključitev Slovenije v evropski koordinatni sistem ETRS89 in glede na površino države prispevanje petih temeljnih geodetskih točk v to omrežje. Preostale v kampanjah izmerjene točke so uporabljene kot del realizacije koordinatnega sistema.
- ❑ Državni koordinatni sistem je razdeljen na dve komponenti in sicer **horizontalno** in **višinsko** komponento. To pomeni, da položaj točke obravnavamo ločeno. Horizontalno komponento (lego) obravnavamo v okviru horizontalnega koordinatnega sistema in višinsko komponento (višine) obravnavamo v okviru višinskega (vertikalnega) koordinatnega sistema.

D48 in D96 - razlike

- ❑ Realizacijo novega koordinatnega sistema označujemo s kratico **D96** (geodetski datum, realiziran 1996), star koordinatni sistem pa označujemo s kratico **D48** (geodetski datum, realiziran 1948).
- ❑ Bistveni razliki med starim in novim slovenskim slovenskim horizontalnim sistemom sta torej v geometrijskih in fizikalnih parametrih, ki opisujejo Zemljo kot planet (geodetski referenčni sistem), ter v pritrditvi teoretično definiranega koordinatnega sistema na Zemljo kot planet, torej v datumskih parametrih (geodetski datum).
- ❑ Nova kartografska projekcija je enaka dosedanji Gauß-Krügerjevi projekciji, ki pa je jo zaradi uskladitve z evropsko terminologijo imenujemo prečna ali transverzalna Mercatorjeva projekcija.
- ❑ Staro državno kartografsko projekcijo označujemo z **GK** (Gauß-Krügerjeva projekcija), novo državno kartografsko projekcijo pa z **TM** (transverzalna Mercatorjeva projekcija).

GNSS - PERMANENTNE POSTAJE - SIGNAL

- ❑ V Sloveniji je vzpostavljeno državno omrežje stalnih GPS-postaj z imenom **SIGNAL** (SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija). Omrežje SIGNAL se je začelo vzpostavljati leta 2000 in je z letom 2006 dokončno dokončano in predano v operativno uporabo.
- ❑ Omrežje SIGNAL je temeljna državna geoinformacijska infrastruktura za določanje preciznega položaja s sodobno satelitsko tehnologijo GPS na celotnem ozemlju Republike Slovenije. Vzpostavila ga je Geodetska uprava Republike Slovenije. Omrežje tvori 16 stalnih GNSS-postaj, razporejenih po vsej državi. Omrežje je osnova državne geoinformacijske infrastrukture in predstavlja ogrodje novega slovenskega državnega koordinatnega sistema.



Izmera EUREF Slovenija 2016

- ❑ V drugi polovici leta 2016 je Geodetska uprava Republike Slovenije izvedla GNSS-izmero "EUREF Slovenija 2016". Osnovni izračun, ki se je osredotočil predvsem na uradne EUREF-točke v Sloveniji, je bil predstavljen in potrjen na 28. EUREF-simpoziju, spomladi 2018 v Amsterdamu.
- ❑ Naknadno je bil po enaki metodologiji izveden še izračun, ki upošteva celoten časovni razpon GNSS-izmere (vseh 80 zaporednih dni) ter skupaj 117 GNSS-točk:
 - 48 EUREF-točk,
 - 16 stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL (vključno s koprsko postajo 0. reda),
 - 21 v omrežje SIGNAL vključenih postaj sosednjih omrežij APOS, CROPOS, GNSSnet.hu
 - in Rete GNSS FVG,
 - 7 dodatnih stalnih GNSS-postaj kombinirane geodetske mreže 0. reda ter
 - 25 dodatnih stalnih GNSS-postaj omrežij EPN in IGS

Koordinate ETRS89/D96-17

- ❑ Rezultat izračuna GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 je nova realizacija ETRS89 v Sloveniji z oznako **ETRS89/D17** (v nadaljevanju: D17 – geodetski datum 2017); letnica predstavlja zaokrožitev srednjega trenutka GNSS-izmere, ki je 2016,75.
- ❑ Zaradi omenjenih različnih ogrodiš obeh realizacij, pa tudi dobrih dveh desetletij delovanja tektonike, koordinatne razlike med realizacijama D96 in D17 za EUREF-točke v Sloveniji presežejo 8 cm.
- ❑ Velika koordinatna odstopanja med realizacijama D96 in D17 pomenijo težavo. Če bi želeli uveljaviti D17 kot novi državni referenčni koordinatni sistem, bi morali izvesti novo transformacijo koordinat vseh zbirk prostorskih podatkov, kar je seveda nesprejemljivo.

ETRS89/D96-17

- ❑ Pragmatična rešitev za nastalo težavo je bila uporaba optimalne toge prostorske (6-parametrične) transformacije iz D17 v D96. Nove koordinate z oznako **ETRS89/D96-17** (v nadaljevanju: D96-17) v največji možni meri ohranjajo tako koordinate EUREF-točk kot tudi koordinate stalnih GNSSpostaj omrežja SIGNAL (tj. spremembe koordinat so kot se le da majhne), hkrati pa upoštevajo geometrijske odnose v obeh mrežah v času izvedbe GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016, torej dobrih 20 let po vzpostavitvi D96.