Prof. Ing. BRANKO BORČIĆ — Zagreb

TRANSFORMACIJA KOORDINATA IZMEĐU SUSJEDNIH KOORDINATNIH SISTEMA KOD GAUSS-KRÜGEROVE PROJEKCIJE

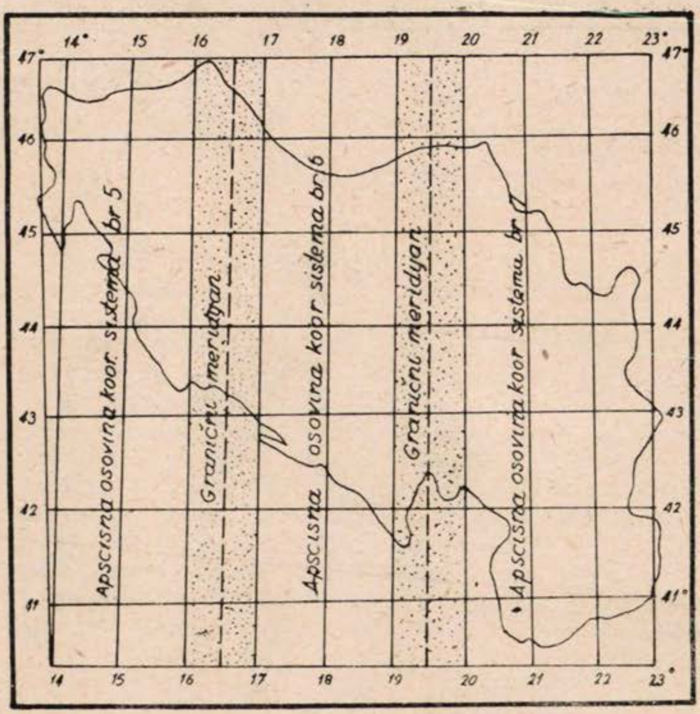
Transoformacija koordinata iz jednog koordinatnog sistema u drugi-susjedni spada u one zadatke, koji se redovno javljaju pri prikazivanju većih dijelova Zemljine površine u jednoj kartografskoj projekciji uz neku unaprijed određenu tačnost projekcije. Kako se danas postavljaju relativno strogi zahtjevi na tačnost projekcije, ako se radi o primjeni projekcije za potrebe državnog premjera u krupnim mjerilima, to su vrlo rijetki slučajevi da se područja i manjih država mogu prikazati u jednom koordinatnom sistemu, odnosno u jednoj ravnini projekcije. Danas se, gotovo redovno, traži da deformacija dužina (greška projekcije) kod izabrane projekcije ne bude veća od 1 dm na 1 km, odnosno da ne bude veća od $0{,}000^1$ dotične dužine. Pored toga se, gotovo redovno, primjenjuju projekcije koje zadržavaju jednakost kutova, što ima za posljedicu veliku sličnost geometrijskih likova konačnih veličina i apsolutnu sličnost beskonačno malih likova u prirodi i u projekciji.

Ispitujući mogućnost prikazivanja našeg državnog područja u jednom koordinatnom sistemu, došlo se do zaključka, da ne postoji nijedna kartografska projekcija u kojoj bi se to područje moglo prikazati u jednom koordinatnom sistemu s deformacijom dužina manjom od 0,0006 neke dužine, odnosno s greškom projekcije manjom od 6 dm na 1 km. Do sličnog rezultata došlo se i ranije, u periodu između dva posljednja rata, kada se je postavilo pitanje izbora projekcije za naše državno područje, iako tada unutar naših državnih granica nije bilo Istre i nekih dalmatinskih otoka.

Daljnjim računanjima i ispitivanjima došlo se do takvih rezultata i prema njima do zaključka, da za naše državno područje trebaju tri koordinatna sistema, pa da deformacija dužina ne bude veća od 1 dm na 1 km. Tako, mi danas imamo tri koordinatna sistema, čije apscisne osi predstavljaju projekcije meridijana od 15^0, 18^0 i 21^0 geografske dužine. Prema tome vidimo, da naš jedan koordinatni sistem zahvata područje od 3^0 geografske dužine (Sl. 1).

Da bismo postigli vezu između pojedinih koordinatnih sistema, odnosno da bismo mogli granično područje između dvaju sistema prikazati u jednom koordinatnom sistemu, potrebno je naći što jednostavnije formule i načine za transformaciju koordinata iz jednog koordinatnog sistema u drugi-susjedni.

Rješenje ovog problema je od velike važnosti u geodetskoj kartografiji, i od što povoljnijeg njegovog rješenja zavisi često i sam izbor projekcije za potrebe državnog premjera.



Sl. 1

Kad se radi o ovome zadatku kod Gauss-Krügerove projekcije, onda je potrebno naglasiti, da je od 1912. godine do danas nađeno vrlo mnogo načina za njegovo rješenje, koji se međusobno bitno ne razlikuju. Posebnu pažnju ovome problemu posvetio je bugarski učenjak prof. dr. Vladimir Hristov, čiji se teoretski izvodi odlikuju originalnošću i kratkoćom, iako su i kod njega konačne formule i rezultati ostali u granicama poznatih rješenja.

Svi ti poznati načini ove transformacije koordinata mogli bi se razvrstati u ove četiri grupe:

1. pomoću prelaza na geografske koordinate;
2. posredstvom jedne pomoćne tačke i redukcije dužina i pravaca;
3. prelazom na Soldnerove koordinate; i

4. neposredno pomoćnim tačkama na graničnom ili na glavnom meridijanu.

Prvi način

Neka su nam date pravokutne koordinate x i y u Gauss-Krügerovoj projekciji u koordinatnom sistemu, čiji glavni (srednji) meridijan ima geografsku dužinu L, a traže se pravokutne koordinate x' i y' u susjednom koordinatnom sistemu, čiji glavni meridijan ima dužinu $L=L+3^0$.

Zadatak rješavamo na ovaj način:

Iz datih pravokutnih koordinata — poznatim postupkom i po poznatim formulama — izračunat ćemo najprije geografske (geodetske) koordinate φ i l (Vidi prilog broj 1). Koordinata l se tada odnosi na glavni meridijan koordinatnog sistema, čija je apscisna os projekcija meridijana koji ima geografsku dužinu L. Koordinatu λ, koja se odnosi na početni meridijan (na pr. Greenwich), dobit ćemo sabiranjem geografske dužine glavnog meridijan L i dužine l, koja se odnosi na dotični glavni meridijan, pa ćemo dobiti:

$$\lambda=L+l. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Sad imamo geografske kordinate φ i λ date tačke i po poznatim formulama Gauss-Krügerove projekcije izračunat ćemo pravokutne koordinate u susjednom koordinatnom sistemu (Vidi prilog br. 2). S tim je računski postupak kod ovog načina potpuno završen.

Potrebno je napomenuti da na ovaj način možemo transformirati pravokutne koordinate iz bilo koje projekcije u neku drugu — kad pređemo na geografske koordinate — pa prema tome i u bilo koji sistem Gauss-Krügerove projekcije. Ovaj način transformacije može se preporučiti u slučaju ako se radi o transformaciji malog broja tačaka. Tada možemo transformirati posebno svaku pojedinu tačku na naprijed opisani način ili se može transformirati samo jedna tačka pomoću geografskih koordinata, a ostale se mogu izračunati iz dužina s i azimuta α geodetskih linija, koje imamo ili iz triangulacije, ili ih možemo odrediti u datom koordinatnom sistemu na poznati način (Vidi prilog broj 5).

Iz priloženih priloga br. 1 i br. 2 vidi se, koliki broj i kakvih računskih operacija je potrebno izvršiti pri rješenju ovog zadatka. Ako se ima u vidu, da će rezultat sveukupnog toga računanja biti transformacija koordinata svega jedne tačke iz jednog koordinatnog sistema u drugi, onda se mora doći do zaključka, da je ovaj način dug i neekonomičan i da se mora pristupiti traženju nekog praktičnijeg rješenja. Prednost ovoga načina je u tome, što on osigurava onu tačnost, koja odgovara tačnosti osnovnih formula Gauss-Krügerove projekcije. Stoga, ako se radi o nekom ispitivanju tačnosti, onda bi se prvenstveno trebao primjeniti ovaj način transformacije.

Drugi način

Zadata je tačka P_1 sa svojim pravokutnim Gauss-Krügerovim koordinatama x_1 i y_1 u koordinatnom sistemu, čija je apscisna os projekcija meridijana koji ima geografsku dužinu L. Potrebno je odrediti pravokutne koordinate za tu istu tačku u susjednom koordinatnom sistemu, čija je apscisna os projekcija meridijana koji ima geografsku dužinu L'.

Pretpostavimo li da su koordinatni sistemi od po 3^0 geografske dužine, onda je

$$L' = L + 3^0.$$

U ovome slučaju zadatak riješavamo posredstvom jedne pomoćne tačke p, koju biramo na x-osi zadanog koordinatnog sistema, i to u neposrednoj blizini tačke p_1, koja predstavlja projekciju tačke P_1, koju transformiramo (Sl. 2).

Iz slike vidimo da su koordinate pomoćne tačke p u koordinatnom sistemu L

$$y = 0$$
$$x = X,$$

gdje X biramo dovoljno blizu apscisi tačke P_1, čije se koordinate transformiraju.

Pošto sad imamo koordinate dviju tačaka u istom koordinatnom sistemu, možemo između njih izračunati dužinu i azimut geodetske linije. Prema oznakama na sl. 2 dužinu i azimut geodetske linije odredit ćemo po ovim formulama:

$$\mathrm{tg}\,\nu_1 = \frac{y_1}{x_1 - x} \qquad d = \frac{x_1 - X}{\cos \nu_1} = \frac{y_1}{\sin \nu_1} \qquad \log s = \log d - u$$

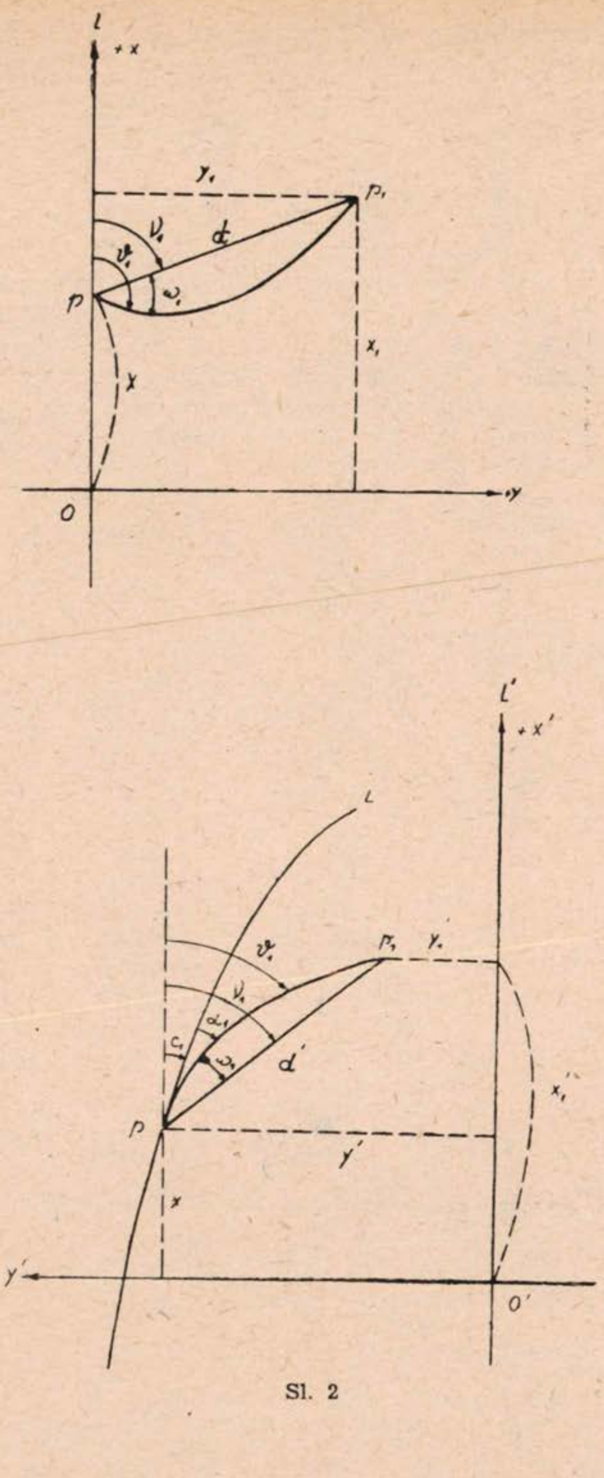
$$u = \frac{\mathrm{Mod}\, y^2_1}{8R^2_n} + \frac{\mathrm{Mod}\, y^2_1}{24R^2_m} = \frac{\mathrm{Mod}\, y^2_1}{6R^2_m}$$

$$\omega''_1 = \varrho'' \frac{x_2 - x_1}{6R^2_m}(2y_1 + y_2) = \varrho'' \frac{x_1 - X}{6R^2_m} y_1 \qquad \alpha_1 = \theta_1 = \nu_1 + \omega_1$$

Ovdje se srednji radius krivine R odnosi na apscisu

$$X + \frac{x_1 - X}{2} = \frac{X + x_1}{2}$$

Sad dolazi do izražaja uloga pomoćne tačke P. Prema uslovima pod kojima smo je birali i njenim pravokutnim koordinatama (X, O), njezine su geografske koordinate φ i λ, gdje širina φ odgovara apscisi X, a $1 = -3^0$, s obzirom na koordinatni sistem br. n+1. Za ove geografske koordinate možemo izračunati pravokutne koordinate u koordinatnom sistemu br. n+1 po poznatim formulama za Gauss-Krügerovu projekciju. Neka su te koordinate y' i x' (Sl. 2). Zadatak je sad doveden do stanja iz koga se već može vidjeti konačno rješenje. Naime, sada u novom koordinatnom sistemu imamo koordinate pomoćne točke P (x', y') i dužinu i azimut prema točki P_1, a traže se koordinate točke P_1 (y'_1, x'_1).



Sl. 2

Prema poznatim formulama,[1]) a držeći se oznaka sa slike 2, tok računanja je slijedeći:

Najprije izračunamo konvergenciju meridijana c_1 u točki p po formuli

$$c''_1 = (c_1)''y' + (c_2)''y'^3 + (c_3)''y'^5 \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2)^{2})$$

$$\text{ili } \log c_1 = (\varepsilon \operatorname{tg} \varphi) - \tau_1 + 2\mu_1; \quad \acute{\varepsilon} = \varrho'' \frac{y'}{N'}$$

Za izračunavanje konvergencije meridijana c po ovim formulama potrebna nam je geografska širina φ tačke P, koja odgovara apscisi X, a nju dobivamo na poznati način.[3])

Zatim prelazimo na računanje približnih koordinatnih razlika, koje će nam omogućiti izračunavanje redukcija pravaca i dužina u novom koordinatnom sistemu. Kao što je poznato, te koordinatne razlike moraju biti određene za tačke triangulacije I reda sa tačnošću od 0,1 km, a kod triangulacije II i III reda sa tačnošću od 1 km. Prema sl. 2, te koordinatne razlike računat ćemo po ovim formulama:

$$\Delta y_0 = y'_1 - y' = s \sin(\alpha_1 - c_1);$$
$$\Delta x_0 = x'_1 - x' = s \cos(\alpha_1 - c_1);$$

a zatim srednje apscise i ordinate

$$y_m = y' + \frac{\Delta y_0}{2}$$

$$x_m = x' + \frac{\Delta x_0}{2}$$

Pošto sad imamo koordinatne razlike i srednje apscise i ordinate, prelazimo na računanje redukcija dužina i pravaca po poznatim formulama. Ako geodetska linija predstavlja stranu triangulacije I reda, onda redukciju pravaca računamo po formuli:

$$\omega_1 = \psi_1 - \psi_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

gdje su:

$$\psi_1 = k_1 y_m \Delta x_0 - k_2 y^3{}_m \Delta x_0 + k_3 y^2{}_m \Delta y_0 \qquad \psi_2 = k_4 \Delta y_0 \Delta x_0 \quad . \; . \quad (5)$$

Koeficijente k_1, k_2, k_3 i k_4, koji su zavisni od argumenta x_m, uzimamo iz tablica.[4])

Ako se radi o triangulaciji II ili III reda, onda veličine ψ_1 i ψ_2 uzimamo iz tablica za argumente $y_m \Delta x_0$ i $\Delta y_0 \Delta x_0$.

---

[1]) B. Borčić: Gauss-Krügerova projekcija, str. 107
[2]) idem str. 108
[3]) B. Borčić: Gauss-Krügerova projekcija, str. 145
[4]) idem str. 108

Pri računanju veličina ψ_1 i ψ_2 po formulama (5), računamo proizvode

$$y_m \Delta x_0 \text{ i } \Delta y_0 \Delta x_0 \text{ na } 0.01 \text{ km}^2,$$
$$\text{a} \quad y^3_m \Delta y. \text{ i } y^2_m \Delta y_0 \text{ na km}^4, \text{ odnosno na km}^3$$

Zatim izračunavamo redukciju dužina u po formuli:

$$u = k_5 y^2_m + k_6 \Delta y^2 - k_7 y^4_m, \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

ako strana triangulacije pripada mreži I reda, a inače po formuli:

$$u = \frac{10^7 \text{ Mod } y^2_m}{2 R^2_m} + \frac{10^7 \text{ Mod } \Delta y^2}{24 R^2_m} \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

Članove na desnoj strani ovoga izraza uzimamo iz tablica na poznati način. Veličine y^2_m i Δy^2 u prednjim izrazima računaju se na 0,01 km², a y^4_m na 1 km⁴.

Kad smo izračunali redukciju dužina u, onda dužinu tetive d′ dobijemo po formuli:

$$\log d' = \log s + u$$

Prema sl. 2 vidimo da je smjerni kut ν_1 tetive d′ određen izrazom

$$\nu_1 = \alpha_1 - c_1 - \omega_1 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

Sad imamo sve podatke za računanje definitivnih koordinatnih razlika po formulama:

$$\Delta y = d' \sin \nu_1$$
$$\Delta x = d' \cos \nu_1$$

a zatim su koordinate točke P_1 u novom koordinatnom sistemu dobivamo:

$$y'_1 = y' + d' \sin \nu_1,$$
$$x'_1 = x' + d' \cos \nu_1.$$

S ovim je završen računski postupak oko transformacije koordinata tačke P_1 u susjedni koordinatni sistem.

Ovaj zadatak znatno se skraćuje, ako imamo unaprijed izračunate koordinate y′ i x′ i konvergenciju meridijana c_1 za pomoćnu tačku p, i to za svaki stepen (ili pola stepena) geografske širine, a za dužine $l = \pm 3^0$. Međutim, i u tome slučaju zadatak je opterećen još uvijek velikim brojem računskih operacija.

Primjer: Date su pravokutne Gauss-Krügerove koordinate tačke Kloštar Ivanić u koordinatnom sistemu br. 5, a traže se koordinate za tu istu tačku u koordinatnom sistemu br. 6. Koordinate u zadanom koordinatnom sistemu imaju ove brojne vrijednosti:

$$y = +\ 110\,832{,}253\ \text{m}$$
$$x = +5067\,536{,}203\ \text{m}.$$

Pomoćna tačka P neka bude na širini $\varphi = 45^{0}\,30'$. Toj širini odgovara apscisa $X = 5\,040\,001{,}427$ m. Kako se tačka nalazi na x-osi, njena ordinata je $y = 0$. Sad je najprije u ovom (starom) koordinatnom sistemu potrebno odrediti dužinu i azimut između pomoćne tačke P i tačke P_1, koju transformiramo. To računanje se vrši, prema našem Pravilniku za državni premjer u trigonometrijskom obrascu br. 30 a (Vidi prilog br. 3).

Pošto smo sad odredili odnos između date i pomoćne tačke, odnosno pošto smo između njih izračunali dužinu i azimut geodetske linije, prelazimo na računanje koordinata pomoćne tačke P iz njezinih geografskih kooordinata u novom koordinatnom sistemu, čiji srednji meridijan ima geografsku dužinu L'.

Kao što se vidi iz sl. 2, geografske koordinate pomoćne tačke P, s obzirom na koordinatni sistem dužine L', iznose:

$$\varphi = 45^{0}\,30'\,00''$$
$$l = -3^{0}\,00'\,00''.$$

Sad kad su nam poznate geografske koordinate pomoćne tačke, onda njene pravokutne Gauss-Krügerove koordinate računamo po poznatim formulama. Po našem Pravilniku za državni premjer to računanje vršimo u trig. obrascu br. 29 (Vidi prilog br. 4).

Ovdje je potrebno napomenuti, da bi ovaj način računanja trebalo tako pripremiti da se za izvjesno područje, na pr. za jednu državu, izračunaju koordinate i konvergencije meridijana za pomoćne tačke za svakih 30' ili za svaki stepen geografske širine. Tada bi kod konkretnih zadataka otpadalo ovo računanje, koje je pokazano u prilogu br. 4, a potrebni podaci uzimali bi se iz pripremljenih tablica.

Najzad prelazimo na završni dio računanja. Iz pravokutnih koordinata pomoćne tačke, koje smo izračunali u Prilogu br. 4, i dužine i azimuta geodetske linije prema tački P_1, koje smo izračunali u Prilogu br. 3, računamo koordinate za točku P_1 u novom koordinatnom sistemu. To računanje vršimo u trig. obr. br. 30 (Vidi Prilog br. 5). Koordinate y_b i x_b u tome prilogu predstavljaju koordinate u novom koordinatnom sistemu.

Treći način

Kod ovog načina transformaciju koordinata iz jednog koordinatnog sistema u drugi vršimo pomoću tzv. Soldnerovih koordinata. Ponajprije Gauss-Krügerove koordinate preračunavamo u Soldnerove. Zatim Soldnerove koordinate transformiramo u susjedni koordinatni sistem, pa ih poslije transformacije ponovo preračunavamo u Gauss-Krügerove.

Između konformnih Gauss-Krügerovih koordinata (y, x) i sferoidnih Soldnerovih (Y, X) postoje slijedeći odnosi:

$$y = Y + \frac{Y^3}{6 R_x^2} + \frac{Y^5}{24 R_x^4};$$

$$Y = y - \frac{y^3}{6 R_x^2} + \frac{y^5}{24 R_x^4} = y - dy;$$

$$x = X + \frac{e'^2 \sin 2\varphi_x Y^4}{12 R_x^3}; \qquad \ldots \ldots \quad (1)$$

$$X = x - \frac{e'^2 \sin 2\varphi_x Y^4}{12 R_x^3} = x - dx.$$

Ovdje širina φ_x i srednji radius krivine R_x odgovaraju krajnjoj tački apscise X, odnosno x.

Za transformaciju Soldnerovih koordinata iz sistema br. n u sistem br. n+1 služe ove formule:

$$Y_{n\pm1} = Y_H + v + E + G + I + L$$

$$X_{n\pm1} = X_H + u + F + H + K + M \qquad \ldots \quad (2)$$

gdje su:

$$v = Y + A + C$$

$$u = x_H + B + D$$

$$x_H = X - X_H \qquad \ldots \ldots \quad (3)$$

$$A = Q_1 x_H; \quad B = Q_1 Y; \quad C = Q_2 Y; \quad D = Q_2 x_H Y; \quad F = Q_1 E;$$

$$G = Q_4 Y^2 x_H; \quad H = Q_5 G; \quad I = Q_3 u^2 v; \quad K = Q_3 u v^2;$$

$$L = Q_6 Q_7 u^2; \quad M = Q_7 u Y^2_{n+1}.$$

Logaritmi koeficijenata Q, koordinate Y_H, y_H iz dužinu luka meridijana X_H uzimaju se iz tablica za izabratu pomoćnu tačku, koja se bira tako da njezina apscisa bude što bliže zadatoj apscisi koja se transformira.

Predznaci korekcionih članova A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L i M određuju se prema priloženoj tablici, koju vidi na strani 270.

TABLICA ZA ODREĐIVANJE PREDZNAKA

1. slučaj. Ordinata Y_H je pozitivna

Transformacija iz sistema br. n u sistem br. n — 1

Y_n pozitivno (+) X_H pozitivno (+)		Y_n pozitivno (+) Y_H negativno (—)		Y_n negativno (—) X_H negativno (—)		Y_n negativno (—) X_H pozitivno (+)	
A —	B +	A +	B +	A +	B —	A —	B —
C —	D —	C —	D +	C +	D +	C +	D —
E +	F +	E +	F +	E —	F —	E —	F —
G +	H —	G —	H +	G —	H +	G +	H —

I ima predznak suprotan od predznaka v	K ima predznak suprotan od predznaka u
L ima predznak negativan (—)	M ima predznak isti sa predznakom u

2 slučaj. Ordinanta Y_H je negativna

Transformacija iz sistema br. n u sistem br. n + 1

Y_n pozitivno (+) X_H pozitivno (+)		Y_n pozitivno (+) X_H negativno (—)		Y_n negativno (—) X_H negativno (—)		Y_n negativno (—) X_H pozitivno (+)	
A +	B —	A —	B —	A —	B +	A +	B +
C —	D —	C —	D +	C +	D +	C +	D —
E +	F —	E +	F —	E —	F +	E —	F +
G —	H —	G +	H +	G +	H +	G —	H —

Ima predznak suprotan od predznaka v	K ima predznak suprotan od predznaka u
L ima predznak pozitivan (+)	M ima predznak isti sa predznakom u

Pošto smo pomoću formula (2) transformirali Soldnerove koordinate u susjedni koordinatni sistem, prelazimo na njihovo preračunavanje u Gauss-Krügerove koordinate (razumije se u susjednom koordinatnom sistemu) pomoću ovih formula :

$$y_{n\pm1} = Y_{n\pm1} + dY \qquad x_{n\pm1} = X_{n\pm1} + dX \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

gdje su:

$$dY = \frac{Y^3_{n+1}}{6 R_x^2} + \frac{Y^5_{n+1}}{24 R_x^4}$$

$$dX = \frac{e'^2 \sin 2\varphi_x Y^4_{n+1}}{12 R^3_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Ove formule za preračunavanje Gauss-Krügerovih koordinata u Soldnerove i obratno vrijede samo u tome slučaju ako im je zajednički glavni meridijan, koji se kod jednih i drugih koordinata predstavlja kao x-os.

Postupak računanja vidi se u Prilogu br. 6, strana 277.

Ovaj način transformacije, iako je opterećen velikim brojem računskih operacija, još uvijek je povoljniji od prva dva načina. Nedostatak mu je, što nema nikakvih kontrola u toku računanja, te se eventualne greške primjećuju tek na kraju računanja, odnosno pri kontrolnom računanju, koje se sastoji u ponavljanju postupka, samo tada iz sistema broj n+1 u sistem broj n, ako je prije toga računanje vršeno iz sistema broj n u sistem broj n+1.

Veliko je olakšanje kod ovog načina transformacije u tome, što znatan broj veličina, koje ulaze u računanje, uzimamo iz tablica bez ikakve interpolacije.

[5]) Pravilnik za državni premjer, I dio, Triangulacija, strana 79 i 80. Vermessugsanweisung, XI., strana 35.

Koordinatni sistem br. 5 *Mreža I reda*

Tačka čije se koordinate računaju: **Kloštar Ivanić**

Formule:
$$\log l_{u\,sek} = \log \frac{\varepsilon}{\cos\varphi'} + \sigma_1 - \tau_1 - \mu_1$$
$$\log C_{u\,sek} = \log(\varepsilon\, tg\varphi') - \tau_1 + 2\mu_1$$
$$\log(\varphi'-\varphi)_{u\,sek} = [7.3678899-20] + \log \frac{\rho''}{N'}\varepsilon^2 + \log tg\varphi' - \sigma_1 - \tfrac{3}{4}\tau_1 + \mu_2$$
$$\varepsilon = \frac{\rho''}{N'}\bar{y};\quad \varphi = \varphi' - (\varphi'-\varphi);\quad \lambda = \lambda_0 + l;\quad \gamma = c - (c-\gamma)$$

Formule za kontrolno računanje: c i $(\varphi'-\varphi)$
$$\log 2c_{u\,sek} = \log(2l\sin\varphi') - \sigma_1 + 3\mu_1$$
$$\log 2(\varphi'-\varphi) = [7,6689199-20] + \log\left(\frac{\rho''^2}{N'^2}\varepsilon\, c\right) - \sigma_1 + \tfrac{1}{4}\tau_1 + \mu_3$$

$$\sigma_1 = [5.23078-10]\,\varepsilon^2$$
$$\tau_1 = [5.53181-10]\left(\frac{\varepsilon}{\cos\varphi'}\right)^2 - f\left(\frac{\varepsilon}{\cos\varphi'}\right)^4 = A - B$$
$$\mu_1 = [7.8273-10]\,\sigma_1\cos^2\varphi'$$
$$\mu_2 = g_1\mu_1$$
$$\mu_3 = g_2\mu_1$$

( ) $\bar{x}$ =	5 067 536 203	IIII	$\bar{y}$ =	+ 110 832 253	IIII	$(N_{90°}:\rho''^3)$...	7 367 88990	
$\bar{X}_0$ =	5 065 932 102	1	$2\bar{y}$ =	+ 221 664 506	11	$(\rho'':N')^2$...	7 018 07364	58
$\bar{x}-\bar{X}_0$ =	1 604 101	4		5 345 69620	12	ε^2...	7 107 40596	20
δ_1 =	0.3	5	$\bar{y}$	5 044 66616	13	$tg\,\varphi'$...	0 011 33724	59
$(x-\bar{X}_0)$...	3 205 23171	7	$\rho'':N'$	8 509 03682	14	$-\sigma_1$ =	− 2179	60
$1:\Delta 1''$	8 510 45590	3	ε	3 553 70298	15	$-\frac{3}{4}\tau_1$ =	− 6710	61
δ_2 =	+ 10	6	$1:\cos\varphi'$...	0 156 25760	17	$+\mu_2$ =	30	62
$\Delta\varphi'$..	1 715 68771	8	$+\sigma_1$ =	+ 2179	40	$(\varphi'-\varphi)$ u sek...	504 61815	63
— =	51 9622	9	$-\tau_1$ =	− 8947	41	=	31,9608"	72
$\varphi'x_0$ =	45 44	2	$-\mu_1$ =	− 7	42	=	31,9622"	73
φ' =	45 44 519622	10	l u sek ...	3 709 89283	43	φ' =	45°44' 51 9622"	75
			=	5127,3484"	44	φ =	45 44 20,0014	76
$10^7M:6\rho''^2$...	5 23 078 −10		=	+1° 25' 27.3484"	45	$(2N_{90°}:\rho''^3)$....	7 668 91990	
ε^2..	7 10 741	19	λ_0 =	15°	IIII	$(\rho'':N')^2$...	7 018 07364	64
σ_1....	2 33 819 = 217.87	21	λ =	16° 25' 27.3484"	74	ε...	3 553 70298	65
e'^2...	7 8273 −10					c...	3 564 95089	66
$\cos^2\varphi'$...	9 6875	22	ε.....	3 553 70298	46	$-\sigma_1$ =	− 2179	67
μ_1...	5'8530 = 0,7	23	$tg\,\varphi'$.....	0 011 33724	18	$+\frac{1}{4}\tau_1$ =	+ 2237	68
g_1	0 628	24	$-\tau_1$ =	− 8947	47	$+\mu_3$ =	+ 16	69
g_2	0 350	25	$+2\mu_1$ =	+ 14	48	$2(\varphi'-\varphi)$ u sek.....	1 805 64815	70
μ_2	0 481	27	C u sek	3 564 95089	49	=	63,9217	71
μ_3	0 203	28	=	3 672,4077	55	$2l$ =	10254,6968	50
$10^7M:3\rho''^2$	5 53 181 −10		=	1° 01' 12,4077"	56	$2l$...	4 010 92282	51
$\varepsilon^2:\cos^2\varphi'$....	7 41 992	29	$c-\gamma$ =	25"	77	$\sin\varphi'$...	9 855 07964	16
A...	2 95 173 = 894,8	31	γ =	1° 01' 12,4052"	78	$-\sigma$ =	− 2179	52
f...	4 336	26				$+3\mu_1$ =	+ 21	53
$\varepsilon^4:\cos^4\varphi'$....	148398	30				2C u sek	3 865 98088	54
B...	9 1758 = 0,1	32				=	7344,8154"	57
$A-B=\tau_1$ =	894.7	39						

$\cos\varphi' = 9\,843\,76240$

Koordinatni sistem br 6

Mreža I reda

Računanje ravnih pravouglih koordinata i konvergencije meridijana iz geogr. koordinata

Tačka: čije se koordinate računaju: Kloštar Ivanić

Formule: $\log y = \log\left(\frac{N}{\rho''} l \cos\varphi\right) - \sigma + \tau + \nu - \kappa l^4$

$$\sigma = \frac{10^7 M}{6\rho''^2} l^2 [5\ 230783_{-10}] l^2 \qquad \log(\bar{x} - \bar{X}) = \log\left(\frac{N l^2}{4\rho''^2} \sin 2\varphi\right) - \frac{\sigma}{2} + \frac{3}{2}\tau + \frac{9}{2}\nu$$

$$\bar{x} = (\bar{x} - \bar{X}) + \bar{X}$$

$$\tau = \frac{10^7 M}{3\rho''^2} l^2 \cos^2\varphi = 2\sigma\cos^2\varphi \qquad \log\gamma = \log(l\sin\varphi) + \tau + 2\nu \quad \text{ili} \quad \log 2\gamma = \log(2l\sin\varphi) + \tau + 2\nu$$

$$\nu = \frac{e'^2}{2}\cos^2\varphi.\tau = [7\ 5263]\cos^2\varphi\,\tau$$

Formule za kontrolno računanje σ, τ, ν i κl^4:

$$\sigma = (10^{-3} l)^2 \cdot 17{,}013075$$

$$\tau = \sigma(1 + \cos 2\varphi)$$

$$\nu = \frac{\tau}{2} \cdot \eta^2$$

$$\kappa l^4 = (10^{-3}\sigma)^2 \cdot 0{,}20$$

$$\kappa = \frac{M}{180\rho''^4}(1 + 20\cos^2\varphi - 26\cos^4\varphi)$$

( ) λ =	16 2527, 3484	IIII
λ_0 =	18°	III
$\lambda - \lambda_0 = l$ =	−1° 34 32 6516	3
l u sek =	− 5672, 6516"	5
l …	3 753 7861 1	7
$\frac{N}{\rho''}$ …	1 490 9629 5	19
$\cos\varphi$	9 843 8114 7	22
$-\sigma$ =	− 547 5	48
τ =	+ 533 3	49
ν =	+ 9	50
$-\kappa l^4$ =	0	51
$\bar{y}$ …	5 088 5592 0	52
=	− 122 619 404	53
$2y$ =	− 245 238 808	54
$2l$ u sek.	4 054 8161 0	8
$\sin\varphi$ …	9 855 0140 7	21
τ =	+ 533 3	56
2ν =	+ 1 7	57
2γ =	3 909 8836 6	58
=	8126, 1280	60
γ …	3 608 8536 6	59
=	4063, 0640	61
=	1° 07 43, 064"	62
		1

2λ =	32 5054 6968	1
$2\lambda_0$ =	36	2
$2\lambda - 2\lambda_0 = 2l$ =	3 09 05 3032	4
2λ u sek	11345 3032	6
$\frac{1}{4\rho''^2}$	4 083 5149 0	
$\frac{Nl}{\rho''}$	5 244 74 906	24
l …	3 753 7861 1	63
$\sin 2\varphi$ …	9 999 855 3	23
$-\frac{\sigma}{2}$ =	− 273 7	64
$+\frac{3}{2}\tau$ =	+ 800 0	65
$+\frac{9}{2}\nu$ =	+ 3 9	66
$\bar{x} - \bar{X}$	3 081 9586 2	67
=	1 207, 699	74
$\bar{X}$ =	5 066 549 555	75
$\bar{x}$ =	5 067 757 254	76
$\frac{1}{2\rho''}$ …	4 384 5449 0	
γ …	3 608 8536 6	68
$2\bar{y}$ …	5 389 5892 0	55
$+\frac{\sigma}{4}$ =	+ 273 7	69
$-\frac{\tau}{3}$ =	− 266 6	70
$+\frac{2}{3}\nu$ =	+ 1 3	71
$2(\bar{x} - \bar{X})$ …	3 382 9886 0	72
=	2415 3974	73

Kontrolno računanje razl. $(\bar{x} - \bar{X})$: $\log 2(\bar{x} - \bar{X}) = \log(2\bar{y}\gamma : 2\rho'') + \frac{\sigma}{4} - \frac{\tau}{3} + \frac{2}{3}\nu$

Kontrolno računanje

( ) φ =	45 44 20 0014	IIII
2φ =	91 28 40 0028	20
δ_1 =	x 6	12
$\Delta 1'' \cdot \Delta\varphi$ =	617 454	10
$\Delta\bar{X}$ =	617 453	17
$\bar{X}_0$ =	5 065 932 102	9
$\bar{X}$ =	5 066 549 555	18
δ_2 =	x 60	13
$\Delta\varphi$ …	1 301 0603 9	14
$\Delta 1''$ …	1 489 5441 0	11
$\Delta\bar{X}$	2 790 60409	15
=	617, 453	16
$10^7 M : 6\rho''^2$ …	5 23 078	
l^2 …	7 50 757	25
σ …	2 73 835 = 547,46	26
2 …	0 30 103	
$\cos^2\varphi$ …	9 68 762	27
τ …	272 700 = 533,34	28
$e'^2 : 2$ …	7 52 63	
$\cos^2\varphi$ …	9 68 76	29
ν …	9 94 09 = 0,87	30
κ …	3 786	31
l^4	15 015	32
κl^4	8 801 = 0,06	33
$(10^{-3} l)$ =	5,6726	38
$(10^{-3} l)^2$ =	32,178	39
σ =	547,45	40
$1 + \cos 2\varphi$ =	0,974108	41
τ =	533,28	42
$\frac{\tau}{2}$ =	266,64	43
η^2 =	0,003 273	44
ν …	0,87	45
$(10^{-3}\sigma)^2$ =	0,299	46
κl^4 =	0,06	47

Kontrolno računanje

Koordinatni sistem br 5 Mreža I. reda

Računanje dužine i azimuta geodet. linije iz ravnih pravouglih koordinata

Date tačke: T_a: P (pomoćna točka) T_b: Kloštar Ivanić

Formule: $tg\,\nu_a^b = \frac{\Delta\bar{y}}{\Delta\bar{x}}$; $tg(45° + \nu_a^b) = \frac{\Delta\bar{x}+\Delta\bar{y}}{\Delta\bar{x}-\Delta\bar{y}}$; $d_{a\text{-}b} = \frac{\Delta\bar{y}}{\sin\nu_a^b} = \frac{\Delta\bar{x}}{\cos\nu_a^b}$

$$\psi_a = k_1\bar{y}_m\Delta\bar{x} - k_2\bar{y}_m^3\Delta\bar{x} + k_3\bar{y}_m^2\Delta\bar{y}; \quad \psi_b = k_4\Delta\bar{y}\cdot\Delta\bar{x}$$

$$W_a^b = \psi_a - \psi_b; \quad \Theta_a^b = \nu_a^b + W_a^b; \quad u = k_5\bar{y}_m^2 + k_6\Delta\bar{y}^2 - k_7\bar{y}_m; \quad \log S_{a\text{-}b} = \log d_{a\text{-}b} - u$$

$$\log \underset{u\,sek}{c_a} = \log(\varepsilon\, tg\,\varphi') - \tau_1 + \mu_1; \quad \tau_1 = \frac{10^7 M}{3\rho''^2}\frac{\varepsilon^2}{\cos^2\varphi'} - f\frac{\varepsilon^4}{\cos^4\varphi'}; \quad 2\mu_1 = \frac{10^7 M}{3\rho''^2 e'^2}(\varepsilon\cos\varphi')^2$$

± $\alpha_a^b = \Theta_a^b + c_a$ ±

( ) $\bar{y}_b$ =	+ 110 832.253	≡	$\bar{X}_b$ =	5 067 536,203	≡	$\bar{y}_m$ =	+ 55 416,126	16
( ) $\bar{y}_a$ =	0.000	≡	$\bar{X}_a$ =	5 040 001,427	≡	$\bar{X}_m$ =	5 053 768,815	17
$\bar{y}_b - \bar{y}_a = \Delta\bar{y}$ =	+ 110 832.253	1	$\bar{x}_b - \bar{x}_a = \Delta\bar{x}$ =	+ 27 534.776	2	$\bar{y}_m^2$ =	3 070,933	18
$\Delta\bar{x} + \Delta\bar{y}$ =	+ 138 367.029	3	$\Delta\bar{x} - \Delta\bar{y}$ =	− 83 297,477	4	$\bar{y}_m \cdot \Delta\bar{x}$ =	1 525,880	19
$\Delta\bar{y}$....	5 044 66616	5	$(\Delta\bar{x} + \Delta\bar{y})$....	5 141 03261	7	$(\bar{y}_m \cdot \Delta\bar{x})\bar{y}_m^2$ =	4 686 346,0	20
$\Delta\bar{x}$....	4 439 88155	6	$(\Delta\bar{x} - \Delta\bar{y})$....	4 920 63185n	8	$\bar{y}_m^2 \cdot \Delta\bar{y}$ =	340 881,0	21
$tg\,\nu_a^b$ ...	0 604 78461	9	$tg(45° + \nu_a^b)$....	0 220 40076n	10	$\Delta\bar{y}\cdot\Delta\bar{x}$ =	3051,15	22
			=	1210253,163	11	$\Delta\bar{y}^2$ =	12 276,64	23
						$\bar{y}_m^4$ =	9 431 041,0	24
$\sin\nu_a^b$ ...	9 986 99486	13						
$\cos\nu_a^b$....	9 382 21025	14	$\bar{y}_a$ =	0,000	49	$k_1(\bar{y}_m \cdot \Delta\bar{x})$ =	+ 3,869	25
$d_{a\text{-}b}$ ...	5 057 67130	15	$\rho'' : N'$		50	$-k_2(\bar{y}_m^3\Delta\bar{x})$ =	0	26
u =	2185	37	ε ...		51	$-k_3(\bar{y}_m^2\Delta\bar{y})$ =	0	27
$S_{a\text{-}b}$	5 057 64945	38	$tg\,\varphi'$...		56	ψ_a =	+ 3,869"	29
			$-\tau_1$ =		68	$k_4\Delta\bar{y}\Delta\bar{x} = \psi_b$ =	+ 1,288	28
ν_a^b =	76 02 53 161	12	$+2\mu_1$ =		69	$W_a^b = \psi_a - \psi_b$ =	+ 2,581"	30
$+W_a^b$ =	2 581	35	c_a =	0,000"	70			
Θ_a^b =	76 02 55 742	36	=		71	$k_5\bar{y}_m^2$ =	+ 163,94	31
			Θ_a^b =	76 02 55 742	72	$k_6\Delta\bar{y}^2$ =	+ 54 61	32
$\bar{x}_a$ =	5 040 001 427	39	α_a^b =	76 02 55 742	73	$-k_7\bar{y}_m^4$ =	0	33
$\bar{X}_0$ =		41				u =	+ 218,55	34
$\bar{x}_a - \bar{X}_0$ =		44	$\frac{10^7 M}{3\rho''^2}$	5 53 181				
.....		45	$\varepsilon^2 : \cos^2\varphi'$....		57	ε....		52
$1 : A_1''$...		42	A....		60	$\cos\varphi'$....		53
$+\delta_2$ =		43				$\varepsilon.\cos\varphi'$...		54
$\Delta\varphi'$ =		46	f....		59	$\varepsilon : \cos\varphi'$...		55
=		47	$\varepsilon^4 : \cos^4\varphi'$....		58			
$\varphi'_{\bar{X}_0}$ =		40	B...		61	$\frac{10^7 M}{3\rho''^2 e'^2}$....	3.359	
φ'_a =	45 30 00,0000	48	$\tau_1 = A - B$ =		64	$(\varepsilon\cos\varphi')^2$....		65
						$2\mu_1$....		66

Koordinatni sistem br. 6 | Mreža I. reda

Računanje ravnih pravouglih koordinata i konvergencije meridijana iz geografskih koordinata

Tačka: čije se koordinate računaju: **Pomoćna točka P**

Formule:
$$\log y = \log\left(\frac{N}{\rho''} l \cos\varphi\right) - \sigma + \tau + \nu - \kappa l^4$$
$$\log(\bar{x} - \bar{X}) = \log\left(\frac{N l^2}{4\rho''^2} \sin 2\varphi\right) - \frac{\sigma}{2} + \frac{3}{2}\tau + \frac{9}{2}\nu$$
$$\bar{x} = (\bar{x} - \bar{X}) + \bar{X}$$

$\sigma = \frac{10^7 M}{6\rho''^2} \cdot l^2 [5{:}230783_{-10}].l^2$ | $\log\gamma = \log(l.\sin\varphi) + \tau + 2\nu$ ili $\log 2\gamma = \log(2l.\sin\varphi) + \tau + 2\nu$

$\tau = \frac{10^7 M}{3\rho''^2} \cdot l^2 \cos^2\varphi = 2\sigma\cos^2\varphi$

$\nu = \frac{e'^2}{2}\cos^2\varphi.\tau = [7.5263]\cos^2\varphi.\tau$

$\kappa = \frac{M}{180\rho''^4}(1 + 20\cos^2\varphi - 26\cos^4\varphi)$

Formule za kontrolno računanje σ, τ, ν i κl^4:
$= (10^{-3} l)^2 . 17{,}013075$
$\tau = \sigma(1 + \cos 2\varphi)$
$\nu = \frac{\tau}{2}\eta^2$
$\kappa l^4 = (10^{-3}\sigma)^2 . 0{,}20$

( ) $\lambda =$	$15°$	≡
$\lambda_0 =$	$18°$	≡
$\lambda - \lambda_0 = l =$	$-3°$	3
l u sek. $=$	-10800	5
l....	4 033 42376 0_n	7
$\frac{N}{\rho''}$	1 490 956890	19
$\cos\varphi$....	9 845 661800	22
$-\sigma =$	x 801660	48
$\tau =$	19 4980	49
$\nu =$	322	50
$-\kappa l^4 =$	x 18	51
$\bar{y}$.....	5 370 03923$0_n$	52
$=$	$-$ 234 444 058	53
$2y =$	$-$ 468 888 116	54
$2l$ u sek.....	4 334 45376 n	8
$\sin\varphi$....	9 853 24205	21
$\tau =$	19498	56
$2\nu =$	64	57
$2\gamma =$	4 187 89143 n	58
$=$	$-$ 15 413,1509	60
γ....	3 886 86142 n	59
$=$	$-$ 7 706,5755	61
$=$	$-$2 0826,576"	62

Kontrolno računanje razlike $(\bar{x} - \bar{X})$
$\log 2(\bar{x} - \bar{X}) = \log(2\bar{y}\gamma : 2\rho'') + \frac{\sigma}{2} - \frac{\tau}{2} + \frac{3}{2}\nu$

$2\lambda =$	$30°$	1
$2\lambda_0 =$	$36°$	2
$2\lambda - 2\lambda_0 = 2l =$	$-6°$	4
$2l$ u sek $=$	-21600	6
$\frac{1}{4\rho''}$	4 083 5149 0	
$\frac{Nl}{\rho''}$....	5 524 3806 5	24
l....	4 033 4237 6	63
$\sin 2\varphi$...	9 999 9338 5	23
$-\frac{\sigma}{2} =$	x 007 8	64
$+\frac{3}{2}\tau =$	2924 7	65
$+\frac{9}{2}\nu =$	14 5	66
$\bar{x} - \bar{X}$.....	3 641 4478 6	67
$=$	4 379,735	74
$\bar{X} =$	5 040 001,427	75
$\bar{x} =$	5 044 381,162	76
$\frac{1}{2\rho''}$...	4 384 5449 0	
γ....	3 886 8614 3	68
$2\bar{y}$...	5 671 06923	55
$+\frac{\sigma}{2} =$	9922	69
$-\frac{\tau}{2} =$	x 0251	70
$+\frac{3}{2}\nu =$	48	71
$2(\bar{x} - \bar{X})$...	3942 4777 6	72
$=$	8759,469	73

( ) $\varphi =$	45 30 00	≡
$2\varphi =$	91 00 00	20
$\delta_1 =$		12
$\Delta 1''.\Delta\varphi =$		10
$\Delta\bar{X} =$		17
$\bar{X}_0 =$		9
$\bar{X} =$	5 040 001,427	18
$\delta_2 =$		13
$\Delta\varphi$....		14
$\Delta 1''$...		11
$\Delta\bar{X}$....		15
$=$		16
$10^7 M : 6\rho''^2$	5 23 078	
l^2...	8 06 685	25
σ....	3 29 763 = 1984,4	26
2...	0 30 103	
$\cos^2\varphi$...	9 69 132	27
τ....	3 28 998 = 1949,76	28
$e'^2 : 2$....	7 52 63	
$\cos^2\varphi$..	9 69 13	29
ν...	0 50 76 = 3,22	30
κ...	3 78 2	31
l^4...	16 13 4	32
κl^4...	9 91 6 = 0,82	33
$(10^{-3} l) =$	10,8	38
$(10^{-3} l)^2 =$	116,64	39
$\sigma =$	1984,4	40
$1 + \cos 2\varphi =$	0,9825476	41
$\tau =$	1949,8	42
$\tau/2 =$	974,9	43
$\eta^2 =$	0,003301	44
ν....	3,22	45
$(10^{-3}\sigma)^2 =$	3,94	46
$\kappa l^4 =$	0,79	47

Koordinatni sistem br 6 — Mreža I. reda

Računanje ravnih pravouglih koordinata iz dužine i azimuta geodet. linije

Data točka: T_a — Točka čije se koordinate računaju: T_b

Pomoćna točka P	Kloštar Ivanić

Formule:

$$\varphi'_a = \varphi'_{\bar x_0} + \Delta\varphi' = \frac{(\bar x_a - \bar X_0) - \delta_1}{\Delta 1''}; \quad c_a = (c_3)\bar y_a + (c_4)\bar y_a^3 + (c_5)\bar y_a^5$$

$$\Theta_a^b = \alpha_a^b - c_a^b; \quad \Delta\bar y_0 = s_{ab}\sin\Theta_a^b; \quad \Delta\bar x_0 = s_{ab}\cos\Theta_a^b; \quad \bar y_m = \bar y_0 + \frac{\Delta\bar y_0}{2}; \quad \bar x_m = \bar x_0 + \frac{\Delta\bar x_0}{2}$$

$$\psi_a = k_1\bar y_m\Delta\bar x_0 - k_2\bar y_m^3\Delta\bar x_0 + k_3\bar y_m^2\Delta\bar y_0; \quad \psi_b = k_4\Delta\bar y_0\Delta\bar x_0; \quad W_a^b = \psi_a - \psi_b$$

$$u = k_5\bar y_m^2 + k_6\Delta\bar y^2 - k_7\bar y_m^4; \quad \nu_a^b = \Theta_a^b - W_a^b; \quad \Delta\bar y = d_{ab}\sin\nu_a^b; \quad \Delta x = d_{ab}\cos\nu_a^b$$

$$d_{ab} = s_{ab} + u; \quad \bar y_b = y_a + \Delta y; \quad \bar x_b = \bar x_a + \Delta\bar x$$

$\bar x_a =$	5 044 381 162	1
$\bar X_0 =$	5 043 705 744	2
$x_a - \bar X_0 =$	+ 675,418	4
$-\delta_1 =$		5
$\Delta\varphi' =$	21.8798	6
$\varphi'_{\bar x_0} =$	45 32	3
$\varphi'_a =$	45 32 21, 8798	7
$(c_3)_0$	8 517 1279 2	8
$\Delta c_3 =$	+ 920 0	9
$\bar y_a$	5 370 0392 3	12
$(c_3)\bar y_a$ ...	3 887 2591 5	15
(c_4) ...	4 73 79	10
$\bar y_a^3$	16 11 01 − 20	13
$(c_4)\bar y_a^3$	0 84 80	16
(c_5)	1 14 − 30	11
$\bar y_a^5$	26 85	14
$(c_5)\bar y_a^5$ ...	7.99 − 10	17
$(c_3)\bar y_a =$	− 7713,6362	18
$(c_4)\bar y_a^3 =$	+ 7,0486	19
$(c_5)\bar y_a^5 =$	− 0,0098	20
c_a sek =	− 7706,5974	21
	− 2°08' 26.597"	

( ) $\bar y_0 =$	− 234 444,058	≡
$\Delta\bar y =$	+ 111 824 656	57
$\bar y_b =$	− 122 619 402	59
$\Delta\bar y_0$ ...	5 048 376 396	27
$\sin\Theta_a^b$ ...	9 990 707 282	25
s_{ab} ...	5 057 669 114	24
$\cos\Theta_a^b$	9 311 064 48 8	26
$\Delta\bar x_0$	4 368 733 60 2	28
$\Delta y_0 =$	+ 111 783,163	29
$\Delta\bar x_0 =$	+ 23 374.030	30
$\bar y_m = y_0 + \frac{\Delta\bar y_0}{2} =$	− 178 552,477	31
$\bar x_m = \bar x_0 + \frac{\Delta\bar x_0}{2} =$	5 056 068,177	32
$\bar y_m^2 =$	+ 31 880,1	33
$\bar y_m\Delta\bar x_0 =$	− 4 172 7	34
$(\bar y_m\Delta\bar x_0)\bar y_m^2 =$	− 133 035 240	35
$\bar y_m^2\Delta\bar y_0 =$	3 563 546	36
$\Delta\bar y_0\Delta\bar x_0 =$	+ 2612.3	37
$\Delta\bar y_0^2 =$	+ 12494,77	38
$\bar y_m^4 =$	1 016 334 400	39

( ) $\bar x_a =$	5 044 381 162	≡
$\Delta\bar x =$	+ 23 376 092	58
$x_b =$	5 067 757 254	60
) $\alpha_a^b =$	76 02 55 742	≡
$-c_a =$	+ 2 08 26 597	22
$\Theta_a^b =$	78 11 22 339	23
$-W_a^b =$	+ 11 674	50
$\nu_a^b =$	78 11 34 013	51
$k_1\bar y_m\Delta\bar x_0 =$	− 10,581"	40
$-k_2\bar y_m^3\Delta\bar x_0 =$	+ 0,003	41
$k_3\bar y_m^2\Delta\bar y_0 =$	+ 0,009	42
$\psi_a =$	− 10,569	44
$k_4\Delta\bar y_0\Delta\bar x_0 = \psi_b =$	+ 1,105"	43
$W_a^b = \psi_a - \psi_b =$	− 11,674	45
$(\omega_a): k_5\bar y_m^2 =$	+ 1701,49	46
$(\omega_b): k_6\Delta\bar y_0^2 =$	+ 55,62	47
$-k_7 y_m^4 =$	− 0,22	48
$u =$	+ 1756,89	49
$\Delta\bar y$ ...	5 048 53751 1	55
$\sin\nu_a^b$ ...	9 990 71 242 0	53
$u =$	175689	52
( ) s_{ab}	5 057 64946 2	≡
$\cos\nu_a^b$ ...	9 340 94675 9	54
$\Delta\bar x$ ...	4 368 77191 0	56

$k_1 = 0{,}002\,53548$ $k_4 = 0{,}000\,42258$ $k_5 = 0{,}053\,3847$

$k_2 = 20778 - 11$ $k_3 = 2671 - 9$ $k_6 = 0{,}004\,449$ $k_7 = 2188$

Pomoćna točka H

Mreža I. reda

Točka čije se koordinate transformiraju: **Kloštar Ivanić**

Transformacija se vrši iz koordinat. sistema br. ...... u koord. sistem br. ... ..

Formule: $\breve{y}_n = \bar{y}_n - d\bar{y}$; $\breve{x}_n = \bar{x}_n - d\bar{x}$

$d\bar{y} = d\bar{y}' - d\bar{y}'' = \bar{y}_n^3 Q_3 - \bar{y}_n^5 Q_8$; $dx = \bar{y}_n^4 Q_9$ $\quad A = Q_1 \hat{x}_H$ $\quad G = Q_4 \breve{y}^2 \hat{x}_H$

$\breve{y}_{n\pm1} = v + E + G + J + L + \breve{y}_H$ $\quad B = Q_1 \breve{y}_n$ $\quad H = Q_5 G$

$\breve{x}_{n\pm1} = u + F + H + K + M + \breve{x}_H$ $\quad C = Q_2 \breve{y}_n$ $\quad J = Q_3 u^2 v$

$v = \breve{y}_n + A + C$; $u = \hat{x}_H + B + D$; $\hat{x}_H = \breve{x}_n - \bar{X}_H$ $\quad D = Q_2 \hat{x}_H$ $\quad K = Q_3 u v^2$

$\bar{y}_{n\pm1} = \breve{y}_{n\pm1} + d\breve{y}$; $\bar{x}_{n\pm1} = d\breve{x}_{n\pm1} + d\breve{x}$; $\quad E = Q_3 \hat{x}_H^2 \breve{y}_n$ $\quad L = Q_9 Q_7 u^2$

$d\breve{y} = d\breve{y}' + d\breve{y}'' = \breve{y}_{n\pm1}^3 Q_3 + \breve{y}_{n\pm1}^5 Q_8$; $d\breve{x} = \breve{y}_{n\pm1}^4 Q_9$ $\quad F = Q_1 E$ $\quad M = Q_7 u \breve{y}_{n\pm1}^2$

	( ) $\bar{y}_n =$	+ 110 832 253	≡
	$-d\bar{y} =$	− 5 578	15
	$\breve{y}_n =$	+ 110 826 675	17
	$\breve{y}_n =$	+ 110 826 675	21
	$A =$	+ 337 629	32
	$C =$	− 77 786	34
	$v =$	+ 111 086 518	36
	$E =$	+ 0 037	70
	$G =$	− 0 034	71
	$J =$	− 0 011	73
	$L =$	+ 0 068	75
	$\breve{y}_H =$	− 233 698 426	76
	$\breve{y}_{n\pm1} =$	− 122 611 848	78
	$d\breve{y} =$	− 7 553	98
	$\bar{y}_{n\pm1} =$	− 122 619 401	100
B { A {	$\hat{x}_H$ ...	3 954 8681 2	22
	Q_1 ...	8 573 5713 4	26
	$\breve{y}_n$ ...	5 044 6443 1	24
	A ...	2 528 4394 6	28
	B ...	3 618 2156 5	29
D { C {	$\breve{y}_n$ ...	5 044 6443	25
	Q_2 ...	6 846 2651	27
	$\hat{x}_H$ ...	3 954 8681	23
	C ...	1 890 9094	30
	D ...	0 801 1332	31

( ) $\bar{x}_n =$	5 067 536 203	≡
$-d\bar{x} =$	0000	16
$\breve{x}_n =$	5 067 536 203	18
$\bar{X}_H =$	5 058 523 229	19
$\breve{x}_n - \bar{X}_H = \hat{x}_H =$	+ 9 012 974	20
$B =$	− 4 151 601	33
$D =$	− 6 326	35
$u =$	+ 4 855 047	37
$F =$	− 0 001	69
$H =$	− 0 907	72
$K =$	− 0 245	74
$M =$	+ 0 897	83
$\breve{x}_H =$	5 062 902 463	77
$\breve{x}_{n\pm1} =$	5 067 757 254	84
$d\breve{x} =$	0 000	99
$\bar{x}_{n\pm1} =$	5 067 757 254	101
$\hat{x}_H^2$ ...	7 90 974	38
$\breve{y}_n$ ...	5 04 464	39
Q_3 ...	5 61 250 62	42
E ...	8 56 688 = 0.037	45
Q_1 ...	8 57 357 63	43
F ...	7 14 045 = 0.001	46
$\breve{y}_n^2$ ...	10 08 928	40
$\hat{x}_H$ ...	3 95487	41
Q_4 ...	4 48 710 64	44
G ...	8 53 125 = 0.034	48
Q_5 ...	1 42 643 65	47
H ...	9 95 768 = 0.907	49

	$\bar{y}_n$ ...	5 044 666 16	1
	$\bar{y}_n^3$ ...	15 13 400	2
	Q_3 ...	5 61 250 41	5
	$d\bar{y}'$ ...	0 74 650 = 5,578	8
	$\bar{y}_n^5$ ...	25 22 333	3
	Q_8 ...	1 40 1 42	6
	$d\bar{y}''$ ...	6 624 = 0,000	9
	$d\bar{y} = d\bar{y}' - d\bar{y}'' =$	+ 5 578	14
	y_n^4 ...	20 17866	4
	Q_9 ...	6 3340 43	7
	$d\bar{x}$ ...	6 5126 = 0,000	10
K { J {	u ...	3 68619	50
	u ...	368619	51
	Q_3 ...	5 61250	56
	v ...	5 04566	54
	v ...	5 04566 66	55
	J ...	8 03 054 = 0,011	59
	K ...	9 39 001 = 0,245 67	60
M { L {	Q_6 ...	5 36 866	57
	u ...	3 68 619	52
	u ...	3 68 619	53
	Q_7 ...	6 08 962	58
	$\breve{y}_{n\pm1}$ ...	10 17 706 68	80
	L ...	8 83 066 = 0,068	61
	M ...	9 95 287 = 0,897 69	81
	$\breve{y}_{n\pm1}$ ...	5 08 853	79
	$\breve{y}_{n\pm1}^3$ ...	15 26559	85
	Q_3 ...	5 61250	88
	$d\breve{y}'$ ...	0 87809	91
	$\breve{y}_{n\pm1}^5$ ...	25 442	87
	Q_8 ...	1 401	89
	$d\breve{y}''$ ...	6 843 = 0,000	92
	$d\breve{y} = d\breve{y}' + d\breve{y}'' =$	7 553	97
	$\breve{y}_{n\pm1}^4$ ...	20 3541	86
	Q_9 ...	6 3340 66	90
	$d\breve{x}$ ...	6 6881 = 0.000	93