

## TRANS\_ETRF\_PL\_2 – zmodyfikowany program transformacji 7-mioparametrowej pomiędzy układami: PL-ETRF89 i PL-ETRF2000

[ Publikacja internetowa 1(4)/2013 © ALGORES-SOFT, [www.geonet.net.pl](http://www.geonet.net.pl), 12 sierpnia 2013 ]

---

### 1. Wstęp

Kolejna wersja (2.0) programu TRANS\_ETRF\_PL pojawia się w związku z wprowadzeniem na obszar Polski konkretnej realizacji układu odniesienia PL-ETRF2000 (na epokę 2011.0). Kwestia dotyczy ściśle przyjętego wariantu współrzędnych stacji referencyjnych w systemie ASG-EUPOS. Współrzędne te (opublikowane na stronie [www.asgeupos.pl](http://www.asgeupos.pl)) są wynikiem opracowania kampanii pomiarowej (2008-2011) wykonanego przez zespół Politechniki Warszawskiej (WUT)[4]. W poprzedniej wersji programu oparto się na alternatywnym wariantie opracowania numerycznego, pochodzącym z CBK [2]. Wprowadzanie różnic w wartościach współrzędnych pomiędzy dwoma rozwiązaniami (CBK i WUT) są niewielkie, maksymalnie rzędu kilkunastu milimetrów [1], to z przyczyn formalnych należy dostosować program do układu obowiązującego. W zbiorze punktów w obszarze Polski statystyka różnic pomiędzy rozwiązaniem WUT i rozwiązaniem CBK jest następująca:

Ekstremalne wartości różnic (WUT – CBK):

eXmin = -0.008	eYmin = -0.011	eZmin = -0.005
eXmax = 0.009	eYmax = 0.007	eZmax = 0.011

Przeciętne wartości różnic (WUT – CBK):

eXśr = -0.001	eYśr = 0.000	eZśr = -0.000
---------------	--------------	---------------

Odchylenia średniokwadratowe (WUT-CBK):

Sx = 0.002	Sy = 0.001	Sz = 0.002
------------	------------	------------

W zakresie samych wysokości elipsoidalnych, odchylenia pomiędzy rozwiązaniami WUT i CBK, są następujące:

eHmin = -0.0100 (wartość najmniejsza)
eHmax = 0.0126 (wartość największa)
eHśr = -0.0003 (wartość średnia)
sH = 0.0025 (wartość średniokwadratowa)

Drugą zmianą w nowym programie TRANS\_ETRS\_PL jest to, że w zbiorze punktów dostosowania nie uwzględniono obecnie punktów sieci EUREF-POL i EUVN, ponieważ jak wynika z wielu analiz, punkty tych sieci zostały wyznaczone pierwotnie w układach niespójnych z układem sieci POLREF, a ten ostatni przyjmujemy umownie jako zrealizowany układ PL-ETRF89. Takie założenie wynika również z faktu, że punkty sieci POLREF były podstawą wyrównania dawnej sieci I klasy, a następnie – zgodnie z hierarchiczną strukturą osnów – wyrównania sieci podrzędnych.

W obecnej wersji programu pominięto również układ stosowany w poprzednim okresie funkcjonowania systemu ASG-EUPOS (układ PL-ETRF2005 /ep. 2008.13), który nie ma już praktycznego zastosowania.

Program służy do przekształcania współrzędnych geocentrycznych XYZ pomiędzy obowiązującymi aktualnie w Polsce układami odniesienia:

- 1) PL-ETRF89 , zrealizowany przez sieć POLREF, a następnie przez osnowy podrzędne.
- 2) PL-ETRF2000 na epokę 2011.0 - nowy układ odniesienia, wprowadzony od 1. lipca 2013 w systemie ASG-EUPOS.

Przekształcenie to jest realizowane według zasad transformacji 7-mio parametrowej (konforemnej), o parametrach estymowanych metodą najmniejszych kwadratów w oparciu o 330 punktów dostosowania, bez wprowadzania lokalnych korekt *Hausbrandta*, jakie mogą być istotne ze względu na lokalne deformacje sieci POLREF i osnów podrzędnych. Transformację 7-mio parametrową, bez wprowadzenia lokalnych korekt empirycznych, nazywamy umownie przekształceniem „teoretycznym”. Wprowadzenie ewentualnych korekt lokalnych wiąże się z wpasowaniem wyników współrzędnych w układ reprezentowany przez lokalną osnowę geodezyjną. Może być to zrealizowane już na poziomie układu płaskiego, np. PL-2000, po odpowiednim przeliczeniu współrzędnych z trójwymiarowego układu geocentrycznego.

## 2. Parametry i wzory transformacji

### 2.1. Użyte punkty dostosowania i założenia do estymacji parametrów

Do wyznaczenia parametrów transformacji pomiędzy układami PL-ETRF2000 i PL-ETRF89 użyto 330 punktów dostosowania sieci POLREF, posiadających współrzędne geocentryczne XYZ w obu układach. Współrzędne w układzie PL-ETRF2000 pochodzą z kampanii pomiarowej (2008-2011) służącej m.in. powiązaniu stacji ASG-EUPOS z osnowami podstawowymi. Jak już stwierdzono, przyjęto rozwiązanie numeryczne zespołu Politechniki Warszawskiej [4, 6] jako jedno z dwóch alternatywnych rozwiązań (drugie to rozwiązanie CBK). W układzie PL-ETRF89 przyjęto natomiast współrzędne katalogowe [5] punktów sieci POLREF.

Estymację parametrów wykonano programem TRANS\_3D w systemie GEONET [8], wybierając opcję transformacji konforemnej (7-parametrowej). Program realizuje zadanie według metody najmniejszych kwadratów, dając w wyniku, obok szukanych parametrów, statystyczną analizę dokładności estymacji. Zadanie wykonano dla dwóch wzajemnie odwrotnych przekształceń:

$$(XYZ)_{\text{PL-ETRF89}} \Rightarrow XYZ_{(\text{PL-ETRF2000})}$$

$$(XYZ)_{\text{PL-ETRF2000}} \Rightarrow XYZ_{(\text{PL-ETRF89})}$$

## 2.2. Wyniki estymacji parametrów

W wyniku wykonania zadania otrzymano wartości parametrów transformacji, zapisane w dwóch równoważnych formułach przekształcenia:

- pierwsza (różnicowa) z użyciem współrzędnych środka ciężkości zbioru punktów dostosowania w układzie pierwotnym, adekwatna dla transformacji lokalnych,
- druga, będąca równoważnym przekształceniem pierwszej (stosowana w transformacjach globalnych)

Formułę różnicową dla transformacji **PL-ETRF89**  $\Rightarrow$  **PL-ETRF2000/ep2011.0** zapisujemy poniżej w formie kodu (w j. Delphi) aplikowanego wprost w załączonym programie:

### TRANS PL-ETRF89 $\Rightarrow$ PL-ETRF2000/ep2011.0 (POLREF) (nowy)

```
procedure xyz89_xyz2000 (var x1, y1, z1, x2, y2, z2: extended);
var DX,DY,DZ,XS1,YS1,ZS1: extended;
begin
  //środek ciężkości w układzie pierwotnym:
  XS1:= 3696570.6591; YS1:= 1297521.5905; ZS1:= 5011111.1273;
  //różnice w układzie pierwotnym:
  DX := X1-XS1; DY:= Y1-YS1; DZ:= Z1-ZS1;
  //FORMUŁA RÓŻNICOWA TRANSFORMACJI 7-parametrowej:
  X2 := X1 + (-0.0322)+(-0.00000005102)*DX+(-0.00000000746)*DY+( 0.00000004804)*DZ;
  Y2 := Y1 + (-0.0347)+( 0.00000000746)*DX+(-0.00000005102)*DY+( 0.00000006152)*DZ;
  Z2 := Z1 + (-0.0507)+(-0.00000004804)*DX+(-0.00000006152)*DY+(-0.00000005102)*DZ;
  // zmiana skali wynosi dm = - 0.051 mm /km
end;
```

W formule tej odczytujemy bezpośrednio składowe wektora przesunięcia środka ciężkości układu pierwotnego jako wektor  $(-0.032, -0.035, -0.051)$ . Zauważamy też, że bez szkody dla wyniku, przyrosty **DX, DY, DZ** mogą być zaokrąglone co najmniej do metra.

Podane wzory różnicowe można łatwo przekształcić do postaci stosowanej w transformacjach globalnych (z przesunięciem początku układu współrzędnych), czyli:

```
FORMUŁA DLA TRANSFORMACJI GLOBALNYCH:
X2 = X1 + (-0.0747)+(-0.00000005102)*X1+(-0.00000000746)*Y1+( 0.00000004804)*Z1
Y2 = Y1 + (-0.3044)+( 0.00000000746)*X1+(-0.00000005102)*Y1+( 0.00000006152)*Z1
Z2 = Z1 + ( 0.4624)+(-0.00000004804)*X1+(-0.00000006152)*Y1+(-0.00000005102)*Z1
```

Estymowane parametry i wzory odwrotnej transformacji matematycznej pomiędzy układami: PL-ETRF2000 i PL-ETRF89 są następujące:

**TRANS PL-ETRF2000/ep2011 ⇒ PL-ETRF89  
(nowy) (POLREF)**

```

procedure xyz2000_xyz89(var x1,y1,z1,x2,y2,z2: extended);
var DX,DY,DZ,XS1,YS1,ZS1: extended;
begin
  //środek ciężkości w układzie pierwotnym
  XS1:= 3696570.6268; YS1:= 1297521.5559; ZS1:= 5011111.0767;
  //różnice w układzie pierwotnym
  DX := X1-XS1; DY := Y1-YS1; DZ := Z1-ZS1;
  // FORMUŁA RÓŻNICOWA TRANSFORMACJI 7- parametrowej
  X2 := X1 + ( 0.0322)+( 0.00000005102)*DX+( 0.00000000746)*DY+(-0.00000004804)*DZ;
  Y2 := Y1 + ( 0.0347)+(-0.00000000746)*DX+( 0.00000005102)*DY+(-0.00000006152)*DZ;
  Z2 := Z1 + ( 0.0507)+( 0.00000004804)*DX+( 0.00000006152)*DY+( 0.00000005102)*DZ;
  // zmiana skali wynosi dm = + 0.051 mm / km
end;

```

Zauważamy, że wektor przesunięcia środków ciężkości ma teraz przeciwne znaki składowych.

Podobnie jak w transformacji „wprost” formuła dla transformacji globalnych będzie mieć postać przekształconą równoważnie z postaci różnicowej:

**FORMUŁA DLA TRANSFORMACJI GLOBALNYCH:**

```

X2 = X1 + ( 0.0747)+( 0.00000005102)*X1+( 0.00000000746)*Y1+(-0.00000004804)*Z1
Y2 = Y1 + ( 0.3044)+(-0.00000000746)*X1+( 0.00000005102)*Y1+(-0.00000006152)*Z1
Z2 = Z1 + ( -0.4624)+( 0.00000004804)*X1+( 0.00000006152)*Y1+( 0.00000005102)*Z1

```

### 2.3. Ocena dokładności transformacji

**Pełny wykaz poprawek do współrzędnych X,Y,Z po transformacji 7-mio parametrowej XYZ(PL-ETRF89) => XYZ(PL-ETRF2000) (dla transformacji odwrotnej znaki poprawek zmieniają się na przeciwne)**

Nr punktu	Vx	Vy	Vz	V  = długość wektora poprawki [m]
401	-0.007	-0.005	0.012	0.015
402	-0.016	0.000	-0.035	0.038
403	0.002	-0.000	0.012	0.012
404	0.026	0.021	0.037	0.050
501	-0.014	0.005	-0.001	0.015
502	-0.011	0.010	-0.001	0.015
503	0.000	-0.004	0.008	0.009
504	0.016	0.008	0.004	0.018
505	0.002	0.004	0.004	0.006
601	0.001	0.001	-0.007	0.007
602	0.006	0.004	-0.003	0.007
603	-0.006	0.039	-0.016	0.043
604	0.006	0.009	-0.000	0.010
701	-0.012	-0.003	-0.011	0.016
702	-0.013	0.007	-0.012	0.019
703	-0.009	-0.001	-0.024	0.026
704	-0.011	0.003	-0.009	0.014
801	0.011	-0.007	-0.002	0.013
802	0.011	-0.009	-0.015	0.021
803	-0.012	0.003	-0.008	0.015

804	-0.013	0.006	-0.000	0.014
805	0.014	0.004	-0.015	0.021
806	-0.020	0.012	-0.028	0.036
1001	-0.018	-0.024	-0.045	0.054
1201	0.012	0.001	0.023	0.026
1202	-0.006	0.002	-0.001	0.006
1203	-0.010	0.013	0.004	0.017
1204	-0.016	0.036	0.004	0.039
1205	-0.015	-0.000	-0.025	0.029
1206	0.003	0.002	-0.001	0.004
1301	-0.005	-0.004	0.017	0.018
1302	-0.013	0.000	0.005	0.014
1303	-0.000	0.007	0.014	0.016
1304	0.003	0.004	0.010	0.011
1305	-0.005	0.011	0.007	0.014
1306	-0.005	0.003	0.015	0.016
1307	-0.010	0.000	0.003	0.010
1308	0.005	0.005	0.008	0.010
1309	-0.006	0.005	-0.003	0.008
1401	0.004	0.004	0.012	0.014
1402	0.006	0.016	0.006	0.018
1403	0.007	0.005	0.008	0.012
1404	0.031	0.012	0.040	0.051
1406	0.001	0.007	-0.019	0.020
1407	-0.015	0.016	0.016	0.027
1501	-0.009	-0.008	-0.011	0.016
1502	-0.000	-0.002	-0.001	0.002
1504	0.020	0.016	0.027	0.037
1505	-0.017	-0.003	-0.011	0.020
1506	0.009	0.007	0.006	0.013
1507	-0.005	0.002	0.007	0.009
1508	0.032	0.010	0.041	0.053
1509	-0.008	-0.019	-0.001	0.020
1601	-0.003	0.005	-0.005	0.007
1603	-0.009	-0.005	-0.002	0.010
1604	-0.017	-0.004	-0.009	0.019
1605	0.008	0.005	0.009	0.013
1606	-0.008	0.004	0.002	0.009
1607	-0.015	0.007	-0.003	0.017
1701	0.011	-0.007	-0.045	0.047
1702	0.000	-0.001	-0.016	0.016
1703	-0.001	0.002	0.008	0.008
1704	0.002	0.002	0.004	0.005
1705	-0.005	0.001	0.005	0.007
1706	-0.019	-0.006	-0.030	0.036
1707	-0.006	-0.004	-0.014	0.016
1708	-0.007	-0.004	-0.024	0.025
1709	-0.002	0.004	-0.007	0.008
1801	-0.008	-0.005	-0.020	0.022
1802	0.005	0.002	-0.009	0.011
1803	0.006	-0.002	-0.003	0.007
1804	0.004	0.020	-0.012	0.024
1805	-0.002	0.002	0.000	0.003
1806	-0.002	0.007	-0.005	0.009
1807	-0.016	-0.004	-0.010	0.019
1808	0.001	-0.012	-0.002	0.012
1901	0.008	-0.000	0.001	0.008
1902	0.020	-0.004	0.002	0.020
1903	0.003	-0.011	-0.014	0.019
1904	-0.003	-0.013	0.001	0.013
1905	0.004	-0.003	0.003	0.006
2001	0.003	-0.010	-0.004	0.011
2002	-0.000	-0.004	0.013	0.013
2101	0.003	-0.002	0.007	0.008
2102	0.001	-0.011	-0.004	0.011
2103	-0.047	-0.020	-0.042	0.066
2104	0.002	-0.006	0.002	0.007
2105	-0.040	-0.006	-0.037	0.055
2106	-0.013	-0.010	0.001	0.016
2107	0.013	0.002	0.038	0.040
2108	0.009	-0.003	0.013	0.016
2109	-0.001	-0.009	-0.003	0.010
2110	-0.013	-0.014	-0.002	0.020
2201	-0.019	-0.004	-0.002	0.019
2202	-0.002	-0.005	-0.006	0.008
2203	-0.003	-0.001	0.015	0.015
2205	-0.012	-0.002	0.002	0.012

2206	0.011	0.002	0.020	0.023
2207	-0.002	-0.008	0.009	0.012
2301	-0.009	-0.000	-0.000	0.009
2302	-0.005	-0.005	0.001	0.007
2303	0.017	-0.001	0.003	0.017
2304	-0.017	-0.002	-0.014	0.022
2305	0.000	0.006	0.003	0.006
2306	0.005	0.001	-0.005	0.007
2307	-0.003	-0.000	0.004	0.005
2308	0.012	0.011	0.017	0.023
2309	-0.008	-0.005	-0.000	0.010
2310	0.001	-0.006	0.007	0.009
2311	-0.012	-0.001	0.001	0.012
2401	0.004	0.005	-0.007	0.010
2402	0.014	0.011	0.019	0.026
2403	0.005	-0.003	0.019	0.019
2404	0.010	0.008	0.014	0.019
2405	0.007	-0.000	0.016	0.017
2406	0.002	0.005	0.012	0.013
2407	0.007	0.004	0.022	0.024
2408	0.010	-0.002	0.015	0.018
2409	0.010	0.008	0.031	0.034
2501	0.002	-0.000	0.001	0.003
2502	0.001	0.000	-0.004	0.004
2503	-0.003	0.007	0.005	0.009
2504	0.006	0.002	0.008	0.010
2505	-0.010	-0.016	-0.006	0.019
2506	-0.008	0.009	-0.001	0.013
2507	0.006	0.002	0.003	0.007
2601	0.018	0.004	0.015	0.024
2602	-0.004	-0.002	-0.012	0.013
2603	0.002	-0.003	-0.009	0.010
2604	0.006	0.005	-0.014	0.016
2605	0.001	0.002	-0.005	0.005
2606	0.006	0.010	0.011	0.016
2607	0.011	0.004	0.007	0.014
2608	0.001	0.007	-0.001	0.007
2609	0.001	-0.000	-0.006	0.006
2701	-0.006	-0.006	-0.006	0.011
2702	0.016	-0.005	-0.000	0.016
2703	-0.002	0.000	-0.007	0.008
2704	0.003	0.006	0.005	0.009
2706	0.006	0.004	0.005	0.009
2707	-0.016	0.004	-0.009	0.019
2801	-0.008	-0.003	-0.014	0.016
2802	0.002	-0.006	-0.010	0.012
2803	-0.002	0.008	-0.005	0.010
2804	0.007	0.001	-0.006	0.009
2805	0.011	-0.002	0.009	0.014
2806	0.009	0.005	0.003	0.010
2807	0.003	0.005	-0.002	0.006
2808	0.007	0.001	0.000	0.007
2901	0.020	0.005	0.025	0.032
2902	0.002	-0.000	-0.004	0.005
2903	-0.005	-0.006	-0.019	0.020
2904	-0.001	-0.007	0.002	0.007
2905	-0.003	-0.008	-0.020	0.021
2906	0.006	-0.001	0.001	0.006
3001	-0.000	-0.018	-0.015	0.024
3003	-0.005	0.002	-0.025	0.026
3101	-0.002	-0.004	0.005	0.007
3102	0.021	0.001	0.016	0.027
3103	0.001	-0.007	-0.006	0.010
3104	0.010	-0.004	0.011	0.016
3105	0.010	-0.003	0.010	0.014
3106	0.004	-0.002	0.009	0.010
3108	0.010	-0.018	-0.004	0.021
3201	0.002	0.004	-0.004	0.006
3202	-0.009	-0.028	0.014	0.033
3203	-0.021	-0.000	-0.022	0.030
3204	-0.013	-0.001	-0.006	0.014
3205	-0.004	-0.005	-0.019	0.020
3206	0.007	-0.004	0.003	0.008
3207	-0.004	-0.000	-0.002	0.005
3301	-0.004	0.004	0.002	0.006
3302	0.004	0.001	0.011	0.011
3303	0.008	0.004	-0.002	0.009

3306	0.014	0.002	0.015	0.021
3307	-0.003	-0.003	-0.006	0.008
3308	-0.002	0.001	0.001	0.002
3309	0.006	-0.001	0.010	0.012
3401	0.004	-0.002	-0.001	0.004
3402	0.011	-0.005	0.003	0.012
3403	-0.005	0.030	0.019	0.035
3404	0.008	0.003	0.011	0.014
3405	0.011	0.005	0.015	0.019
3406	0.005	0.001	0.016	0.017
3407	0.012	0.008	0.022	0.026
3408	0.008	0.008	0.006	0.013
3409	0.003	0.001	0.014	0.014
3501	0.016	0.006	0.020	0.026
3502	0.009	0.007	0.003	0.011
3503	0.006	0.007	0.016	0.018
3504	0.016	-0.008	-0.004	0.018
3505	-0.003	0.006	0.002	0.007
3506	0.001	0.004	-0.003	0.005
3507	0.013	0.010	0.025	0.029
3601	-0.001	0.003	-0.010	0.010
3602	-0.012	-0.009	-0.005	0.015
3603	-0.029	-0.006	-0.027	0.039
3604	0.011	0.007	0.016	0.020
3701	0.006	0.005	0.001	0.007
3702	-0.011	0.002	-0.007	0.013
3703	0.001	0.002	-0.011	0.011
3704	-0.003	-0.002	-0.003	0.005
3705	0.012	0.004	0.009	0.015
3706	-0.008	-0.002	-0.011	0.014
3707	0.003	-0.000	0.007	0.008
3708	0.010	0.013	0.010	0.019
3709	0.008	0.003	0.002	0.009
3801	0.007	-0.005	-0.004	0.009
3802	-0.002	-0.010	-0.010	0.014
3803	0.001	-0.001	-0.001	0.002
3804	0.002	-0.001	-0.010	0.010
3805	0.003	-0.004	0.007	0.009
3806	0.007	-0.006	0.012	0.015
3807	-0.008	-0.013	-0.015	0.022
3808	0.004	-0.006	-0.005	0.009
3901	0.012	0.003	0.016	0.020
3902	-0.003	-0.005	-0.011	0.012
3903	-0.001	-0.000	-0.006	0.006
3904	-0.017	-0.011	-0.019	0.028
3905	0.005	-0.004	0.017	0.018
3906	0.017	0.004	0.023	0.029
4001	-0.017	-0.001	-0.012	0.021
4002	0.005	0.001	-0.006	0.008
4003	0.005	-0.007	0.004	0.010
4004	0.001	-0.005	-0.011	0.012
4005	0.002	-0.000	-0.005	0.005
4007	-0.002	-0.007	-0.006	0.009
4101	-0.006	-0.002	-0.007	0.009
4102	-0.018	-0.025	-0.015	0.035
4104	-0.015	0.005	-0.024	0.029
4105	-0.001	-0.006	-0.008	0.009
4106	0.020	-0.007	-0.003	0.022
4107	-0.015	-0.008	-0.019	0.026
4108	-0.001	-0.004	-0.009	0.010
4109	0.008	0.001	-0.005	0.009
4201	0.004	0.004	0.007	0.009
4202	-0.013	-0.003	-0.008	0.016
4203	0.019	0.004	0.009	0.021
4204	-0.012	0.011	-0.032	0.036
4205	-0.005	-0.005	0.001	0.007
4206	-0.007	0.007	-0.006	0.012
4207	0.012	0.008	0.021	0.025
4208	-0.001	-0.001	0.003	0.003
4209	0.010	0.002	0.007	0.012
4210	0.016	0.010	0.015	0.024
4301	-0.003	-0.001	0.005	0.005
4302	-0.013	-0.001	-0.011	0.017
4303	-0.022	0.005	-0.011	0.025
4304	-0.009	0.003	-0.015	0.018
4305	-0.005	0.013	-0.001	0.014
4306	-0.003	0.001	-0.001	0.003

4401	-0.013	-0.003	0.005	0.014
4402	-0.000	-0.019	-0.010	0.021
4403	0.009	-0.033	0.006	0.035
4404	-0.006	0.011	0.014	0.019
4405	-0.021	-0.002	0.005	0.021
4406	-0.027	0.004	-0.012	0.030
4407	-0.015	0.005	-0.013	0.021
4408	0.000	0.001	0.001	0.002
4409	0.007	0.007	0.012	0.016
4501	0.002	0.000	-0.020	0.020
4502	-0.011	0.007	-0.007	0.015
4503	0.002	-0.011	0.006	0.012
4504	-0.012	0.000	-0.004	0.013
4505	-0.008	0.001	-0.007	0.011
4506	0.010	-0.003	0.015	0.018
4507	0.008	0.006	0.011	0.014
4601	-0.006	-0.001	-0.005	0.008
4602	0.035	0.014	0.038	0.053
4603	-0.010	-0.009	-0.020	0.024
4604	-0.005	0.002	0.004	0.007
4606	-0.013	-0.008	0.018	0.024
4701	0.002	-0.007	-0.017	0.019
4702	0.007	-0.006	0.003	0.009
4703	-0.007	-0.004	-0.011	0.013
4704	0.001	-0.001	0.004	0.004
4705	-0.000	-0.010	-0.001	0.010
4706	0.008	0.001	0.006	0.010
4707	-0.007	-0.010	-0.005	0.013
4708	0.010	0.006	0.011	0.016
4801	-0.000	-0.004	0.010	0.011
4802	-0.020	-0.011	-0.027	0.035
4803	0.010	-0.007	0.010	0.015
4804	0.005	0.005	-0.000	0.007
4805	-0.000	-0.018	-0.012	0.021
4806	0.002	-0.001	0.013	0.013
4807	0.030	0.021	-0.015	0.040
4808	0.005	0.001	0.013	0.014
4901	-0.004	-0.000	0.005	0.006
4902	0.017	0.008	0.030	0.035
4903	-0.002	0.023	0.017	0.028
4904	0.015	-0.004	0.002	0.015
5101	-0.003	0.000	-0.008	0.008
5102	0.005	-0.004	0.010	0.012
5201	-0.014	0.000	0.008	0.016
5202	0.020	0.001	0.005	0.021
5203	0.002	0.005	-0.002	0.006
5204	0.009	-0.008	-0.011	0.016
5205	0.005	-0.002	-0.009	0.010
5206	0.008	0.002	0.015	0.017
5301	0.005	-0.001	0.006	0.008
5302	-0.002	0.010	-0.000	0.010
5303	-0.002	0.002	0.001	0.003
5304	0.011	0.005	0.014	0.018
5305	-0.001	-0.000	0.006	0.006
5306	-0.016	-0.001	-0.007	0.017
5401	0.003	0.001	0.014	0.014
5402	-0.001	0.004	0.008	0.009
5403	-0.014	0.004	0.002	0.015
5404	-0.002	-0.012	-0.015	0.019
5406	-0.001	0.003	0.002	0.003
5407	-0.009	-0.005	-0.011	0.015
5408	-0.010	0.007	-0.010	0.016
5501	0.009	0.001	0.005	0.010
5502	0.000	0.002	-0.003	0.003
5503	-0.000	0.002	0.000	0.002
5601	0.004	-0.001	0.003	0.005
5602	-0.014	0.010	-0.021	0.027
5603	0.010	0.005	-0.014	0.018
5604	-0.004	0.013	0.004	0.014
5605	0.008	-0.012	-0.026	0.029
5701	-0.003	-0.008	0.003	0.009
5702	0.006	0.012	-0.006	0.015
5703	-0.020	-0.010	-0.028	0.035
5801	0.007	-0.012	0.009	0.017
5802	0.005	-0.018	0.002	0.019
5803	0.002	-0.009	-0.004	0.009
5901	-0.007	-0.017	-0.000	0.018



5902	0.003	-0.018	0.013	0.022
5903	0.014	-0.009	0.021	0.027

### Średniokwadratowe odchyłki współrzędnych:

sX	sY	sZ	wypadkowa
0.011	0.008	0.013	0.019

### Przedziałowe liczebności poprawek wypadkowych:

Przedział [cm]	n <sub>i</sub> punktów	Σ n <sub>i</sub>	%
< 0 - 1 cm >	106	106	32%
( 1 - 2 cm >	140	246	75%
( 2 - 3 cm >	56	302	92%
( 3 - 4 cm >	19	321	97%
( 4 - 5 cm >	3	324	98%
( 5 - 6 cm >	5	329	99.6%
6,6 cm	1	330	100%

Analiza statystyczna poprawek do współrzędnych wskazuje, że mają one rozkład empiryczny zbliżony do modelu trójwymiarowego rozkładu normalnego. Tylko dla frakcji ok. **3%** następuje przekroczenie podwójnej wartości szacowanego dla sieci **POLREF** błędu położenia, ok. **2cm**.

W zbiorze punktów dostosowania nie uwzględniono następujących **5** punktów sieci, które z przyczyn fizycznych lub na podstawie wstępnej analizy wykazującej nieuzasadnione duże poprawki, zwłaszcza wysokościowe, zostały odrzucone:

Nr	Komentarz
1602	(punkt przestabilizowany)
2705	(punkt na brzegu lasu, o ograniczonym horyzoncie obserwacyjnym)
3002	(punkt położony w obszarze zalewowym)
3305	(nieuzasadniona duża zmiana wysokości)
5405	(nieuzasadniona duża zmiana wysokości)

Można oczywiście, zgodnie z uwagami w [2], dokonywać innych wykluczeń odwołując się do wielkości otrzymywanych z transformacji residuów, lecz nie czyniono tego z następujących względów:

- biorąc pod uwagę relatywnie niewielką – jak na lata 90-te dokładność pomiarów i opracowań sieci (pozycjonowania GPS), określoną błędem standardowym położenia punktu na ok. **2 cm**, można zauważyć, że otrzymany empiryczny rozkład poprawek w istocie nie wykracza poza ten standard. Błędy prawdziwe współrzędnych większe od **2 cm**, mają prawo pojawić się, zgodnie z modelem prawdopodobieństwem błędu przypadkowego. W kompletnym zbiorze 330 punktów dostosowania tylko 6 wykazuje maksymalne bezwzględne wartości odchyłek współrzędnych od 4,0 do 4,7 cm.
- wykluczenie niewielkiej liczby punktów nie spowoduje istotnej zmiany parametrów i wyników transformacji, zaś wykluczenie większej ich liczby nie ma uzasadnienia przyczynowego i mogłoby

zdeformować rzeczywiste relacje pomiędzy układem PL-ETRF89 a nowym układem PL-ETRF2000.

### 3. Relacje poziome i wysokościowe między układami

Przekształcając współrzędne kartezjańskie w obu układach  $(XYZ)_{PL-ETRF89}$  oraz  $(XYZ)_{PL-ETRF2000}$  na odpowiadające współrzędne geodezyjne  $(BLH)_{PL-ETRF89}$  i  $(BLH)_{PL-ETRF2000}$  możemy określić empiryczne związki pomiędzy wysokościami elipsoidalnymi obu układów. Przekształcając następnie współrzędne geodezyjne B, L w obu układach odniesienia na współrzędne płaskie (XY), określimy analogiczne zależności w poziomie.

Syntetyczne wyniki wykonanych przekształceń można ująć następująco: Pomiedzy współrzędnymi płaskimi  $xy_{92}$  (według definicji PL-1992) wyznaczonymi w układach odniesienia PL-ETRF89 i PL-ETRF2000 zachodzą następujące przybliżone zależności liniowe:

$$\begin{aligned}x_{92}(2) &= x_{92}(1) + dx \\y_{92}(2) &= y_{92}(1) + dy\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dx &= ( 0.0017) + (-0.00000004052)*p + ( - 0.00000001992)*q \\dy &= ( - 0.0218) + ( 0.00000001992)*p + ( - 0.00000004052)*q\end{aligned}$$

$$p = x_{92}-478097, \quad q = y_{92}-523344 \text{ [m]}$$

są to przyrosty współrzędnych względem przybliżonego środka układu (mogą być zaokrąglone do metra), indeks (1) oznacza układ PL-ETRF89, zaś (2) układ PL-ETRF2000.

Z powyższego wynika, że „średni” wektor przesunięcia to **(0.001m, - 0.022 m)** ale w całym obszarze Polski różnice współrzędnych płaskich mogą się zmieniać w następujących przedziałach:

$$\begin{aligned}dx: &< -0.044m, 0.029m > \\dy: &< -0.051m, 0.020m >\end{aligned}$$

Dla mniejszych obszarów można posłużyć się wartościami średnimi określonymi z powyższych wzorów.

Różnice wysokości elipsoidalnych w układach PL-ETRF89 i PL-ETRF2000 określają się natomiast wzorem

$$\begin{aligned}H_{el}(2) &= H_{el}(1) + dH \\dH &= ( - 0.0661) + ( 0.00000006575)*p + ( - 0.00000004170)*q\end{aligned}$$

(p, q oznaczone jak powyżej w układzie PL-1992 w zaokrągleniu do metra)

Średnia zmiana pionowego „usytuowania” elipsoidy GRS80 w obu układach wynosi - 0.066 m (elipsoida w układzie nowym PL-ETRF2000 jest usytuowana wyżej o **6.6cm**) ale ze względu na zmianę położenia względem środka układu, różnice wysokości elipsoidalnych mogą się zmieniać w przedziale:

$$dH: < -0.128m, -0.005m >$$

(krańce przedziału określono tutaj ze zbioru wysokości punktów dostosowania).

## 4. Opis obsługi programu

### 4.1. Zbiory wejściowe i wynikowe

Przetwarzanie danych ma charakter wsadowy. Plik wejściowy jako wykaz współrzędnych powinien być umieszczony na tym samym poziomie (w tym samym katalogu) co program **TRANS\_ETRS\_PL.exe**. Plik wynikowy z wykazem współrzędnych po transformacji będzie wytworzony również na tym samym poziomie i zapisany pod odpowiednią nazwą.

Plik wejściowy musi mieć obligatoryjnie jedną z następujących nazw (bez rozszerzenia):

**XYZ\_1989** (jeśli współrzędne XYZ dotyczą układu zrealizowanego przez sieć POLREF lub sieci podrzędne)

**XYZ\_2000** (jeśli współrzędne XYZ wyznaczone w systemie ASG-EUPOS)

Dane dotyczące punktu powinny być zapisane w jednej linii, w kolejności:

- numer (jako stała tekstowa o maksymalnie 16 znakach bez spacji),
- X, Y, Z jako liczby rzeczywiste z kropką dziesiętną. Dane powinny być oddzielone co najmniej jedną spacją. Po ostatniej danej i spacji może być wpisany dowolny komentarz. Przykładowe pliki wejściowe są dołączone do programu.

Pliki wynikowe uzyskują analogiczne nazwy ale z rozszerzeniem \*.1. Po zamianie nazwy (czyli po usunięciu rozszerzenia) plik wynikowy może być użyty jako plik wejściowy w odpowiednim układzie. Precyzja zapisu zbiorów wynikowych zależy od wybranej (przed wykonaniem obliczeń) opcji do 1mm, 0.1mm lub 0.01mm.

### 4.2. Dodatkowe zbiory wynikowe

Stosownie do wybranej opcji program może tworzyć zbiory współrzędnych w układach pochodnych:

- wykaz współrzędnych geodezyjnych B,L,H na elipsoidzie GRS80 w tym układzie, w którym wyznacza się współrzędne geocentryczne. Współrzędne B,L zapisuje się w stopniach, minutach i sekundach, natomiast wysokość elipsoidalną H w metrach.

Zbiór wynikowy ma wtedy odpowiednią z nazw: BLH\_1989, BLH\_2000.

- wykaz współrzędnych w układzie odwzorowawczym PL-1992 (odwzorowanie Gaussa-Kruegera z południkiem osiowym 19 stopni, skalą kurczenia  $m = 0.9993$  i przesunięciami:

$$X_0 = -5300000.00\text{m} \quad Y_0 = 500000.00\text{m}$$

czyli obliczonymi według wzorów finalnych:

$$X(1992) = m * X(\text{GK}) + X_0; \quad Y(1992) = m * Y(\text{GK}) + Y_0$$

gdzie X(GK), Y(GK) - oryginalne współrzędne Gaussa-Kruegera).

Oprócz współrzędnych, w kolumnach dodatkowych są podane dla każdego punktu:

- elementarne zniekształcenie długości (sigma) w cm/km oraz
- zbieżność południków - konwergencja (gamma) w gradach.

### 4.3. Edycja zbiorów

Niezależnie od użycia dowolnych edytorów zewnętrznych do tworzenia i edycji plików tekstowych, program daje możliwość użycia edytora wewnętrznego. W oknie programu, obok nazw zbiorów występują prostokątne panele. Kliknięcie w panel powoduje automatyczną edycję zbioru. Jeśli zbiór o odpowiedniej nazwie nie istnieje na poziomie programu, wówczas ukaże się puste okno edycyjne. Można go manualnie wypełnić treścią danego zbioru lub dokonać importu zbioru zewnętrznego z zapisaniem go pod odpowiednią nazwą.

## PUBLIKACJE I MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

[1] Bosy J.: Wyniki weryfikacji wyników integracji podstawowej osnowy geodezyjnej na obszarze kraju ze stacjami referencyjnymi systemu ASG-EUPOS. Wrocław, 30 listopada 2011r. Raport dla GUGiK-Warszawa

[2] Jaworski L. i in. : Zintegrowanie podstawowej osnowy geodezyjnej na obszarze Polski ze stacjami referencyjnymi systemu ASG-EUPOS ETAP IV. Opracowanie i wyrównanie obserwacji GNSS. Raport CBK dla GUGiK, Warszawa, lipiec - 2012 [Pomiary wykonane przez Konsorcjum: OPGK sp. z o.o. w Lublinie (lider), CBK-Warszawa - wykonanie prac w etapie IV, PPGK S.A.- Warszawa, PPG Sp. z o. o. -Warszawa, OPGK w Łodzi Sp. z o.o., PMG Sp z o.o., Katowice]

[3] Kadaj R.: GEOIDPOL-2008C ulepszony model quasi-geoidy dla obszaru Polski utworzony przez kalibrację modelu geopotencjalnego EGM2008 na sieciach ASG-EUPOS i EUVN. [Publikacja internetowa 3/2012 © ALGORES-SOFT, [www.geonet.net.pl](http://www.geonet.net.pl) , 30 września 2012]

[4] Liwosz T., Rogowski J., Kruczyk M., Rajner M., Kurka W.: Wyrównanie kontrolne obserwacji satelitarnych GNSS wykonanych na punktach ASG-EUPOS, EUREF-POL, EUVN, POLREF i osnowy I klasy wraz z oceną wyników. Katedra Geodezji i Astronomii Geodezyjnej Wydział Geodezji i Kartografii Politechnika Warszawska Warszawa, 15 grudnia 2011. Raport dla GUGiK-Warszawa.

### INNE ŹRÓDŁA:

[5] Podzbiory bazy danych CODGiK - sieci EUVN i POLREF (wg specyfikacji pismem z dnia 25.01.2007, L.dz. DOP/10130/2007 dla ALGORES-SOFT).

[6] Wyniki opracowania kampanii pomiarowych integrujących stacje ASG-EUPOS z osnowami podstawowymi (materiały elektroniczne CODGiK według zamówienia ALGORES-SOFT z dnia 28.05.2012)

[7] Materiały informacyjne ASG-EUPOS na stronie [www.asgeupos.pl](http://www.asgeupos.pl)

[8] System GEONET\_2006 (c) ALGORES-SOFT [www.geonet.net.pl](http://www.geonet.net.pl)

---

Program w j. DELPHI-7: Trans\_etrf\_pl.exe jest podany oddzielnie na stronie [www.geonet.net.pl](http://www.geonet.net.pl)

Autor programu: Roman Kadaj  
© ALGORES-SOFT Roman Kadaj i Tomasz Świętoń  
35-328 Rzeszów, ul. Geodetów 1a/126  
tel. (17) 86-42-455

---