



Globalny Nawigacyjny System Satelitarny GLONASS

dr inż. Paweł Zalewski



Wprowadzenie

System **GLONASS** (**Global Navigation Satellite System** lub **Globalna Nawigacyjna Sputnikowaja Sistiema**) został zaprojektowany w latach 70-tych równoległe z amerykańskim systemem GPS. Analogicznie do systemu GPS **GLONASS jest systemem stadiometrycznym**, a określanie za jego pomocą pozycji naziemnego użytkownika polega na pomiarze odległości dzielącej tego użytkownika od znajdującego się na orbicie satelity, którego pozycja jest w danym momencie znana. **Linia pozycyjną jest więc sfera, której środek stanowi wspomniana pozycja satelity, zaś promień zmierzona odległość.**



*Logo programu
GLONASS*



Budowa systemu GLONASS

Fazę wdrażania systemu GLONASS zakończono w styczniu 1996 r. i rozpoczęto fazę w pełni operacyjną.

System GLONASS składa się z trzech komponentów:

- konstelacji satelitów (segment kosmiczny - **space segment**);
- naziemnej infrastruktury kontroli (segment kontrolny - **control segment**);
- sprzętu (odbiorników) użytkownika (segment użytkownika - **user segment**).



Segment kontrolny - naziemny

Segment kontrolny zawiera **Centrum Kontroli Systemu** (stację główną) oraz **sieć 4 stacji śledzących i korygujących** rozmieszczonych na terytorium Rosji.

Do jego najważniejszych zadań należy:

- monitorowanie stanu konstelacji – śledzenie i kierowanie satelitami,
- określenie, prognozowanie i uaktualnianie efemeryd wszystkich satelitów,
- synchronizacja wzorców czasu zainstalowanych na satelitach z czasem systemu oraz ustalenie różnicy pomiędzy czasem systemu a UTC (SU),
- transmisja depeszy nawigacyjnej.



Segment kontrolny - naziemny





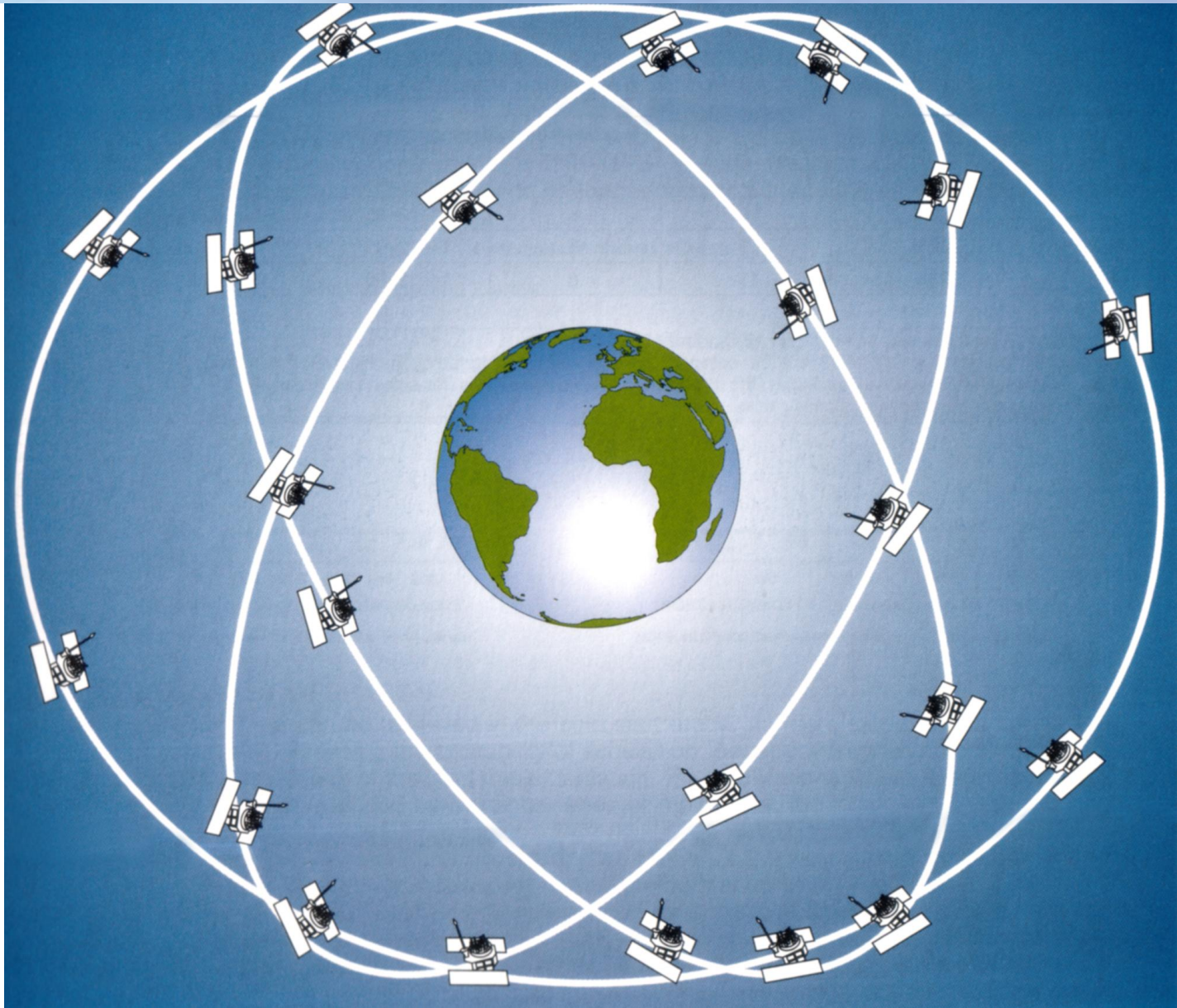
Segment kosmiczny

Konstelacja systemu GLONASS powinna w fazie operacyjnej składać się z 24 sprawnych satelitów rozmieszczonych na trzech płaszczyznach orbitalnych o parametrach:

- różnica długości geograficznych dla węzłów wstępujących orbit wynosi 120° ($120^\circ \times 3 = 360^\circ$),
- na każdej z 3 orbit znajduje się 8 równomiernie rozmieszczonych satelitów o argumentie szerokości dwóch sąsiednich 45° ($45^\circ \times 8 = 360^\circ$),
- płaszczyzny orbitalne oddalone są względem siebie o 15° argumentu szerokości,
- orbity są okręgami o wysokości 19100km i kącie inklinacji równym $64,8^\circ$,
- czas jednego obiegu Ziemi przez satelitę wynosi w przybliżeniu 11h 15min 44s.



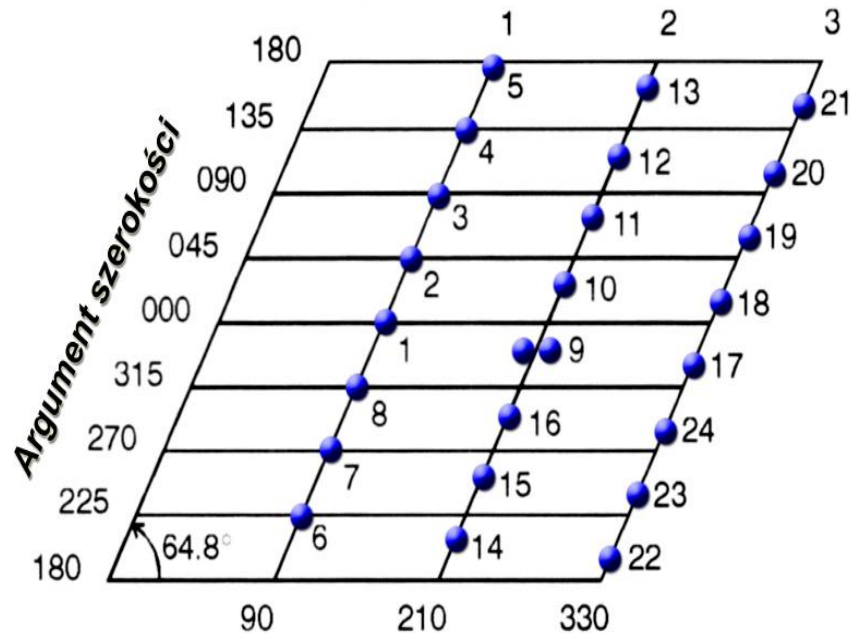
Segment kosmiczny



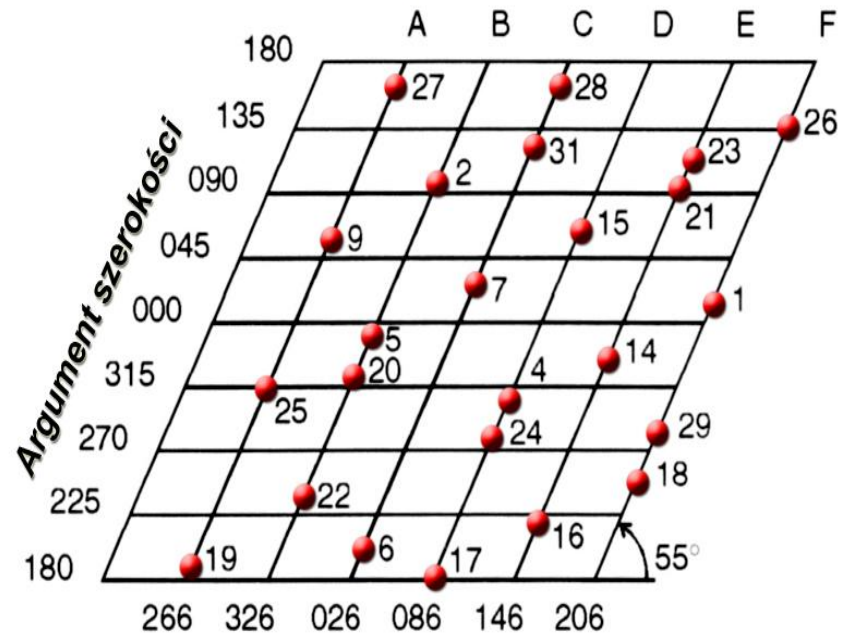


Segment kosmiczny

Płaszczyzny orbit satelitów GLONASS



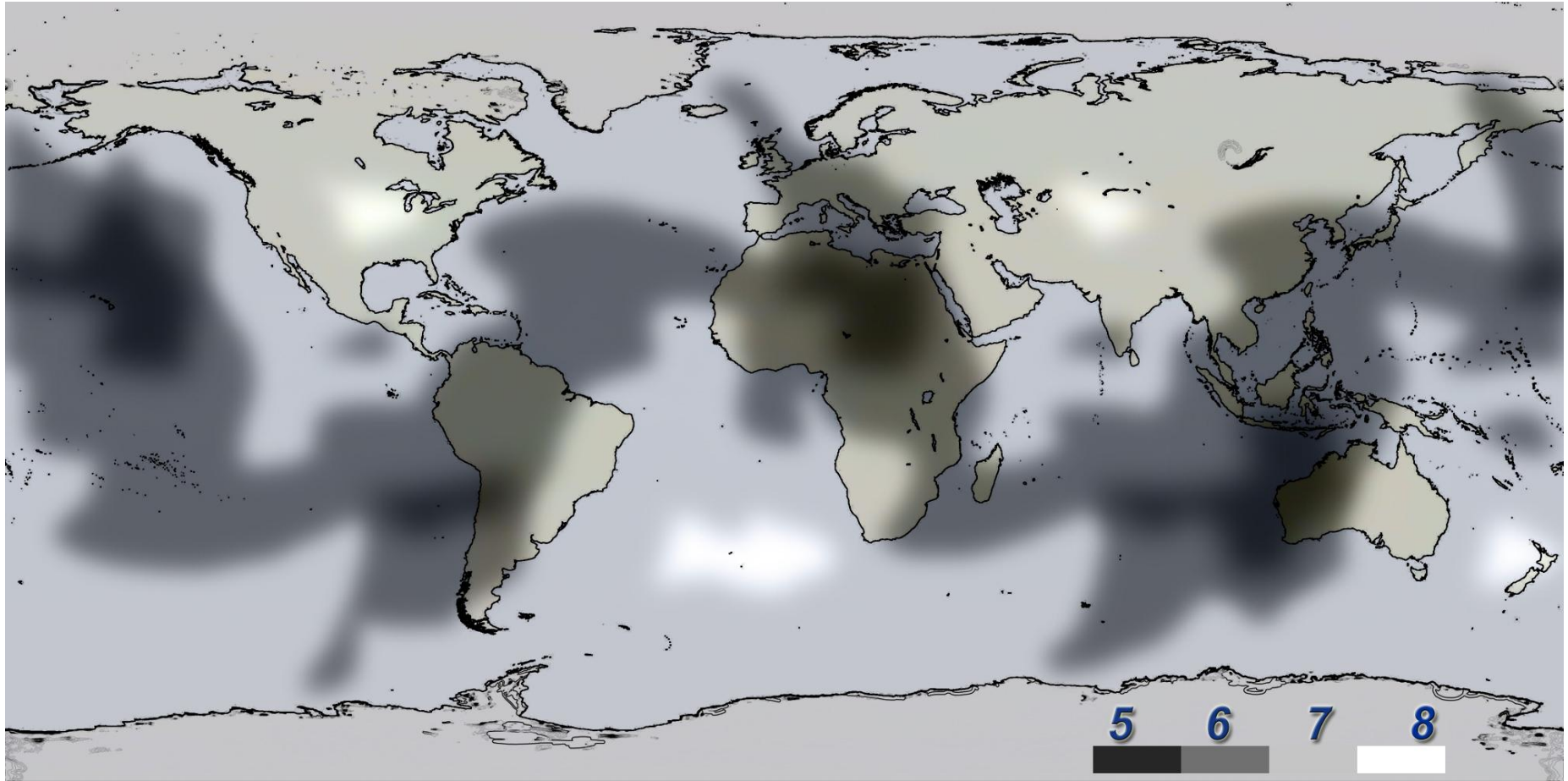
Płaszczyzny orbit satelitów GPS bloku II



Porównanie konstelacji GLONASS i GPS.



Segment kosmiczny



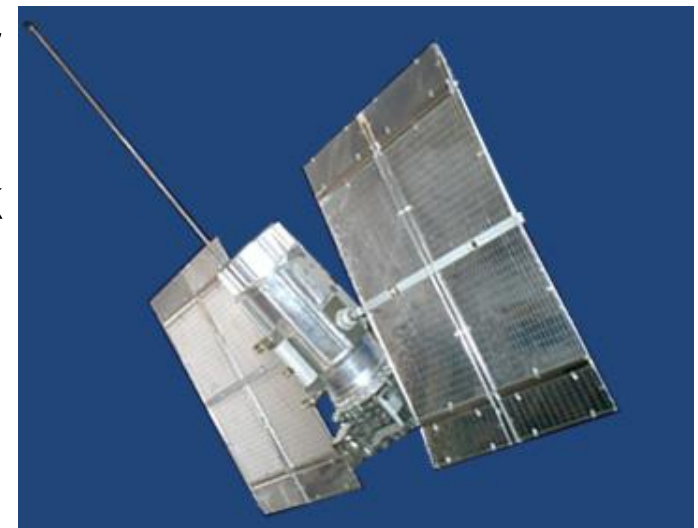
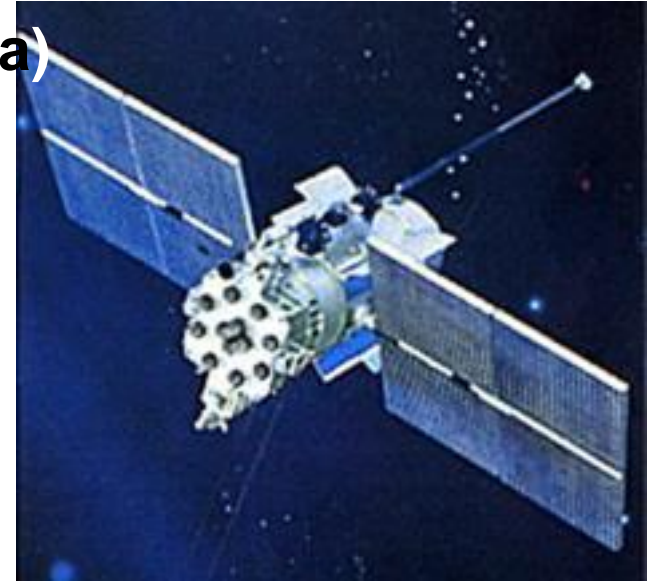
Widzialność satelitów GLONASS (możliwość odbioru sygnałów z danej ilości satelitów nad widnokrzem).



Segment kosmiczny

Budowa satelity **Uragan** (okres życia 2-4 lata)

- waga 1,4-1,5t,
- kadłub o długości 3m z bateriami słonecznymi o rozpiętości 7m,
- system napędowy oraz trój-płaszczyznowy układ stabilizacji,
- 6 podsystemów: **nawigacyjny** (3 cezowe wzorce czasu, komputer pokładowy, odbiornik telemetry, śledzenia i sterowania, nadajnik sygnałów nawigacyjnych), **kontroli pracy, kontroli położenia, kontroli termicznej, manewrów orbitalnych, zasilania.**





Segment użytkownika

Segment użytkownika to odbiorniki przetwarzające sygnały nawigacyjne GLONASS w celu wyznaczenia współrzędnych pozycji, czasu i prędkości.



Odbiornik dwusystemowy GPS-GLONASS firmy Ashtech typ GG24.



Koncepcja wyznaczenia parametrów nawigacyjnych

Odbiornik GLONASS dokonuje biernych pomiarów pseudoodległości do widocznych satelitów oraz otrzymuje w wiadomości nawigacyjnej informację o ich położeniu (efemerydy).

Pomiary oraz informacje nawigacyjne z czterech (trzech) satelitów GLONASS umożliwiają wyznaczenie trzech (dwóch) współrzędnych pozycji, trzech (dwóch) parametrów wektora prędkości oraz synchronizują czas odbiornika ze skalą **National Reference of Coordinated Universal Time UTC(SU)**.

Wiadomość nawigacyjna zawiera także dane umożliwiające planowanie wyboru i śledzenia konstelacji satelitów (almanach).



Struktura sygnału

Sygnal nawigacyjny transmitowany jest z każdego satelity na dwóch przydzielonych indywidualnie do satelity częstotliwościach z pasm L1 oraz L2. W nośne wmodulowana jest na zasadzie BPSK informacja cyfrowa. Przesunięcie fazy nośnej następuje dla π -radianów z błędem nie przekraczającym $\pm 0,2\text{rad}$.

Na częstotliwościach L1 transmitowany jest kod PR z nałożonym modulo-2 sygnałem binarnym: wiadomości nawigacyjnej i dodatkowej sekwencji kontrolnej.

Na częstotliwościach L2 transmitowany jest kod PR z nałożonym modulo-2 jedynie sygnałem binarnym dodatkowej sekwencji kontrolnej.

Wszystkie komponenty sygnału generowane są na pokładzie satelity przez jeden oscylator częstotliwości.



Podział częstotliwości

Nominalne wartości częstotliwości nośnych L1 i L2 zdefiniowano następująco:

$$f_{K1} = f_{01} + K\Delta f_1,$$

$$f_{K2} = f_{02} + K \Delta f_2, \text{ gdzie}$$

K – jest numerem kanału częstotliwości sygnałów transmitowanych przez satelity GLONASS odpowiednio w pasmach L1 i L2;

$$f_{01} = 1602 \text{ MHz}; \quad \Delta f_1 = 562.5 \text{ kHz, dla pasma L1};$$

$$f_{02} = 1246 \text{ MHz}; \quad \Delta f_2 = 437.5 \text{ kHz, dla pasma L2.}$$

Numer kanału K dla poszczególnych satelitów GLONASS podawany jest w almanachu (**non-immediate data of navigation message**).



Podział częstotliwości

Dla każdego satelity częstotliwości w pasmach L1 i L2 wywodzą się ze wspólnego wzorca czasu/częstotliwości.

Nominalna wartość częstotliwości wzorcowej to **5,0MHz**.
Stosunek częstotliwości z obu pasm jest równy:

$$f_{K2} / f_{K1} = 7/9$$

Wartości częstotliwości nośnych satelity GLONASS mieszczą się w granicach $\pm 2 \times 10^{-11}$ względem nominalnej wartości f_k .



Czas w systemie GLONASS

Stabilność zegarów cezowych w satelitach GLONASS jest nie gorsza niż 5×10^{-13} s na dobę. Dokładność wzajemnej synchronizacji satelitarnych wzorców czasu wynosi 20 nanosekund (1δ).

Czas w systemie GLONASS korygowany jest według centralnego synchronizatora (CS time) do 10ns. Dobowa niestabilność wodorowego wzorca czasu w synchronizatorze głównej stacji kontrolnej nie przekracza 5×10^{-14} s.

Różnica pomiędzy czasem GLONASS a National Reference Time UTC(SU) mieści się w granicach 1 milisekundy. Dane w wiadomości nawigacyjnej pozwalają na zmniejszenie tej różnicy do $1 \mu\text{s}$.



System odniesienia

W informacji efemerydalnej wiadomości nawigacyjnej GLONASS pozycja transmitującego satelity podawana jest w systemie odniesienia PZ-90 **Earth-Centered Earth-Fixed** i według tego systemu odniesienia domyślnie wyznacza pozycje odbiornik po przeliczeniu na współrzędne geograficzne:

- środek odniesienia umieszczony jest w środku ciężkości geoidy ziemskiej;
- oś Z przechodzi przez bieguny zgodnie z rekomendacją **the International Earth Rotation Service (IERS)**;
- oś X jest skierowana do przecięcia płaszczyzny równika z płaszczyzną południka 0° ustalonych przez **BIH**;
- oś Y tworzy całość prawoskrętnego systemu współrzędnych prostokątnych.