

Radiolokacja 5

Pomiary radarowe, dokładność pomiarów
Zniekształcenia i zakłócenia obrazu
radarowego



Identyfikacja ech

- Szereg czynników wpływa na poprawność procesu identyfikacji ech od obiektów (interpretacji obrazu radarowego), najważniejsze z nich to:
 - parametry techniczne radaru i właściwości odbijające obiektów,
 - warunki hydrometeorologiczne,
 - warunki rozchodzenia się fal radiowych.
- Czynniki te powodują, że wygląd obrazu radarowego odbiega od sytuacji przedstawionej na mapie nawigacyjnej. Różnice pomiędzy mapą radiolokacyjną a klasyczną wynikają z:
 - zniekształcenia obrazu radarowego,
 - występowania ech zakłócających,
 - występowania ech fałszywych.



Metody zwiększania energii echa

- Niektóre echa np. oznakowanie nawigacyjne, lodzie (z drewniane, z włókna szklanego itp.) odbijają niewielką ilość promieniowania mikrofalowego. Jednakże, w celu zapewnienia bezpieczeństwa nawigacyjnego, niezbędne są:
 - wykrycie ich w wystarczającej odległości
 - poprawna identyfikacja
- Rozróżniamy dwie metody zwiększania energii echa:
 - Pasywne
 - Aktywne



Pasywne metody zwiększania energii echa

- Polegają na ograniczeniu do minimum rozproszenia energii w niepożądanych kierunkach, czyli na odbiciu jak największej części fali radiolokacyjnej z powrotem w kierunku anteny.
- Reflektor radarowy

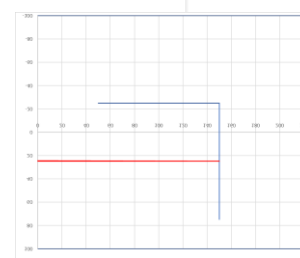
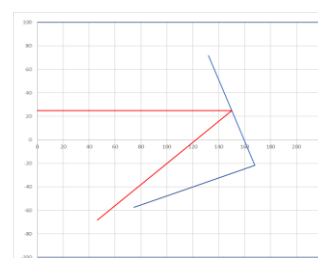
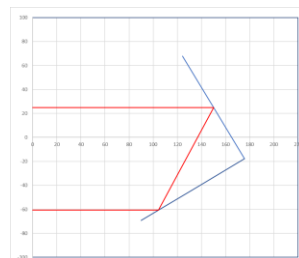
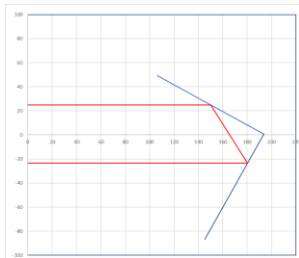
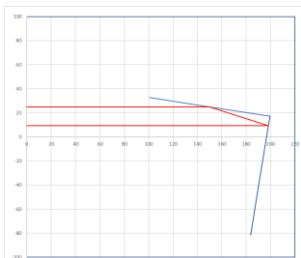
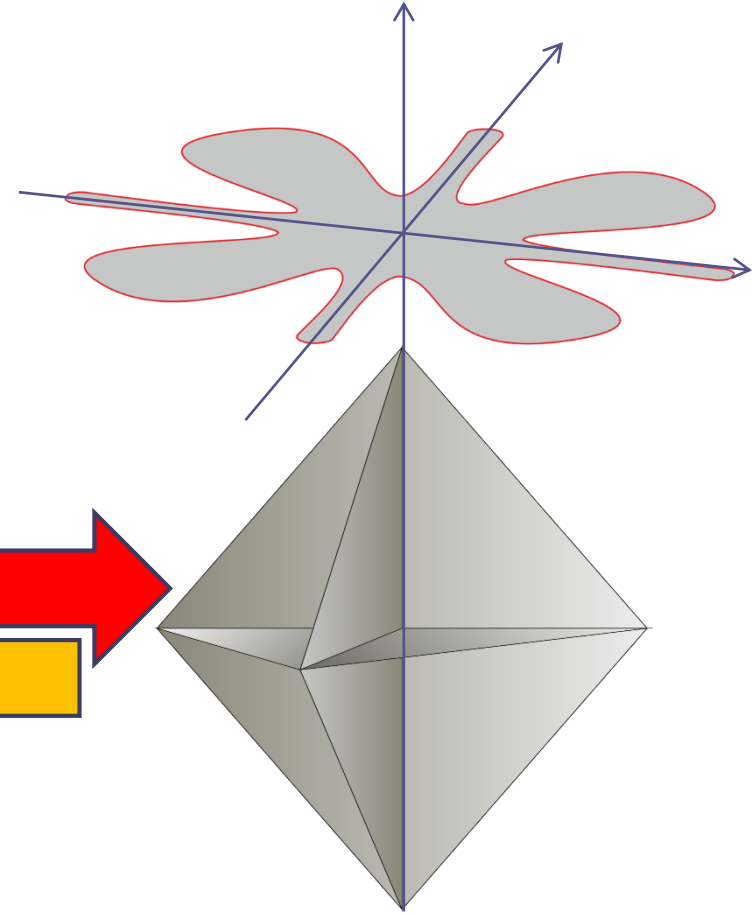
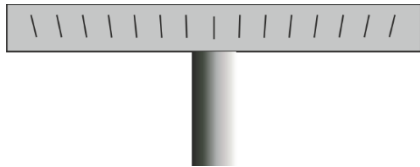


Radar reflector

- RESOLUTION MSC.164(78)
(adopted on 17 May 2004).
- Reflektor radarowy powinien być zainstalowany na co najmniej 4 m wysokości oraz zapewniać radarowy przekrój (RCS) poprzeczny o powierzchni co :
 - 7.5 m² w X-band, oraz
 - 0.5 m² w S-band



Radar reflector



Aktywne metody zwiększania energii echa

- Racon
- Ramark
- Flara
- SART



Racon

- radar transponder beacon – radarowa stacja odzewowa.
- Jest stacją radiową emitującą fale o częstotliwościach z zakresu odpowiadającego częstotliwościom morskich radarów nawigacyjnych, po aktywowaniu przez impuls sondujący radaru statkowego. Wysyłany w odpowiedzi sygnał jest dłuższy i ma większą energię od impulsu sondującego.
- W rezultacie na ekranie, na kierunku i w odległości ewentualnego echa od pławy czy latarniowca wyposażonego w racon, obserwator zauważy za echem rzeczywistym echo sztuczne o wymiarze kątowym 1° - 2° i promieniowym od 1,5 do 3 Mm.
- Transmisja sygnału racon'u może być przerywana w celu uzyskania pożądanego specyficznego dla danego obiektu wyglądu. Stosuje się np. kodowanie Morse'a, ma to szczególne znaczenie podczas identyfikacji wielu racon'ów na danym akwenie.
- Stosowane obecnie racony pracują przeważnie w paśmie X.



Racon

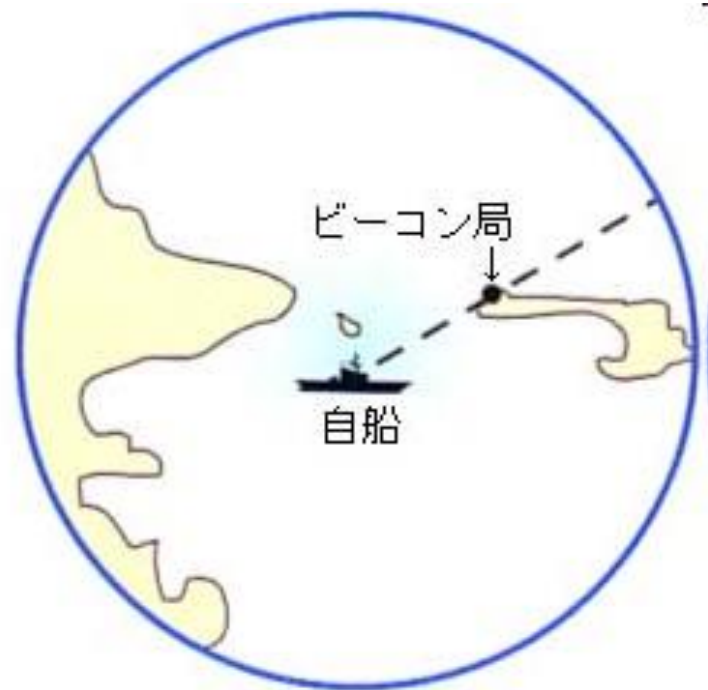


Ramark

- Stacja radarowa o emisji ciągłej.
- W przeciwieństwie do racon'u ramark wysyła stale szereg impulsów o częstotliwościach odpowiadających falom morskich radarów nawigacyjnych bez wcześniejszego aktywowania impulsem sondującym z radaru.
- Częstotliwości impulsów w zakresie 9200-9500MHz są zmieniane tak szybko, że w efekcie na ekranie dowolnego radaru powstanie ciągłe echo.
- Sygnału ramark'u jest podobnie kodowany jak echo raconu, lecz nie zawiera informacji o odległości.
- Dokładne informacje dotyczące racon'ów i ramark'ów podawane są w II tomie ALRS.



Ramark



Flara radarowa

- W ratownictwie morskim podobnie jak świetlne rakiety sygnalizacyjne używane mogą być flary radarowe.
- Wystrzeliwane z pistoletu sygnalizacyjnego na wysokości ok. 400m emitują silny sygnał świetlny oraz rozrzucają dużą ilość elektrycznych dipoli odbijających dobrze w paśmie 3 cm fal radarowych.
- Maksymalny zasięg wykrycia sygnału takiej flary wynosi ok. 12Mm, a czas emisji sygnału ok. 15 min.

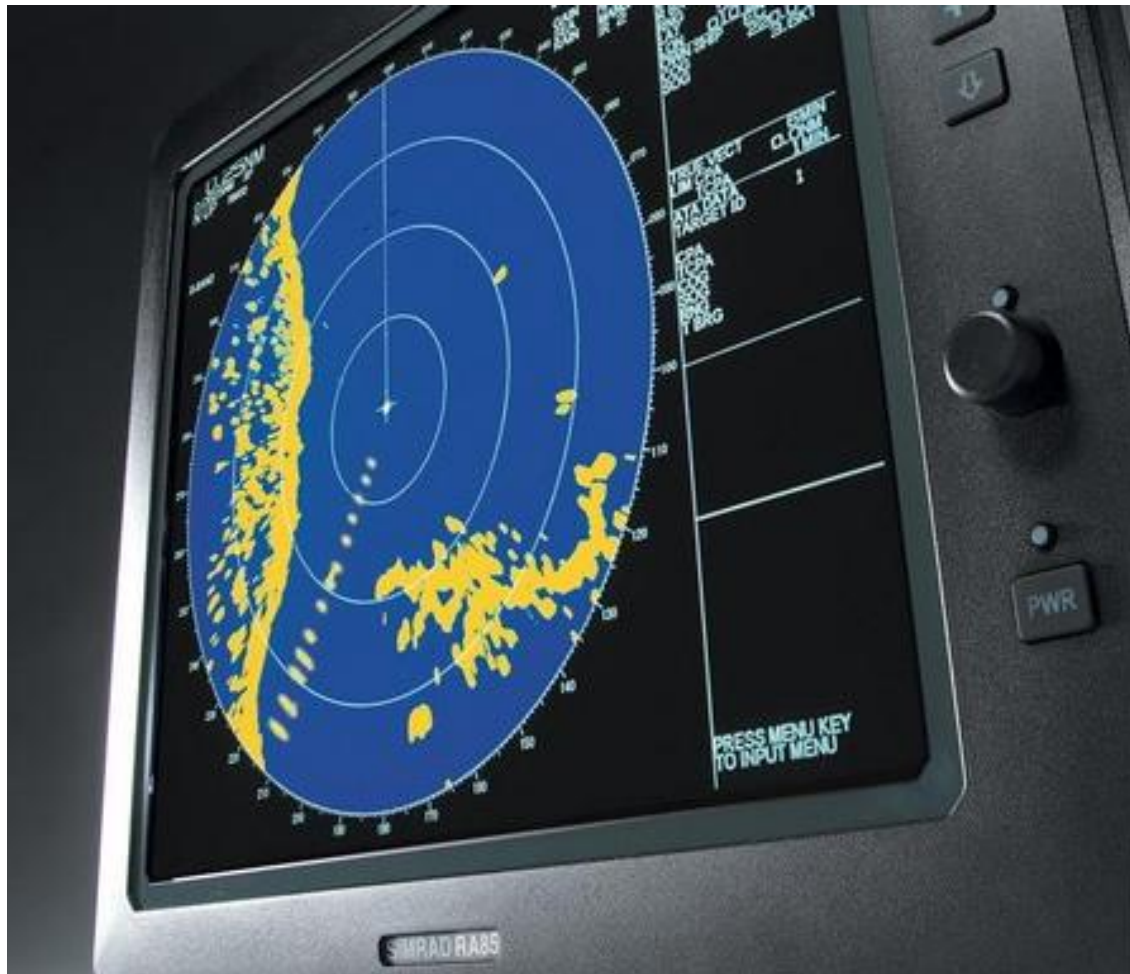


SART

- Search and Rescue Transponder – racon na łodziach i tratwach ratunkowych
- Stacje te pracują w standardowym paśmie X (9,2-9,5GHz) morskich radarów nawigacyjnych i w momencie aktywowania przez radar wysyłają kodowany sygnał widoczny na ekranie w postaci 12 „kropek”.
- Ponieważ sygnał racon’u zawsze pojawia się za obiektem w jego odległości i kącie kursowym bądź namiarze, dlatego wskazuje on obiekt wymagający pomocy.
- SART wyposażone są dodatkowo w urządzenie sygnalizacji świetlnej lub dźwiękowej, które w momencie odebrania sygnału radarowego informuje rozbitków o obecności statku używającego radaru podnosząc morale.

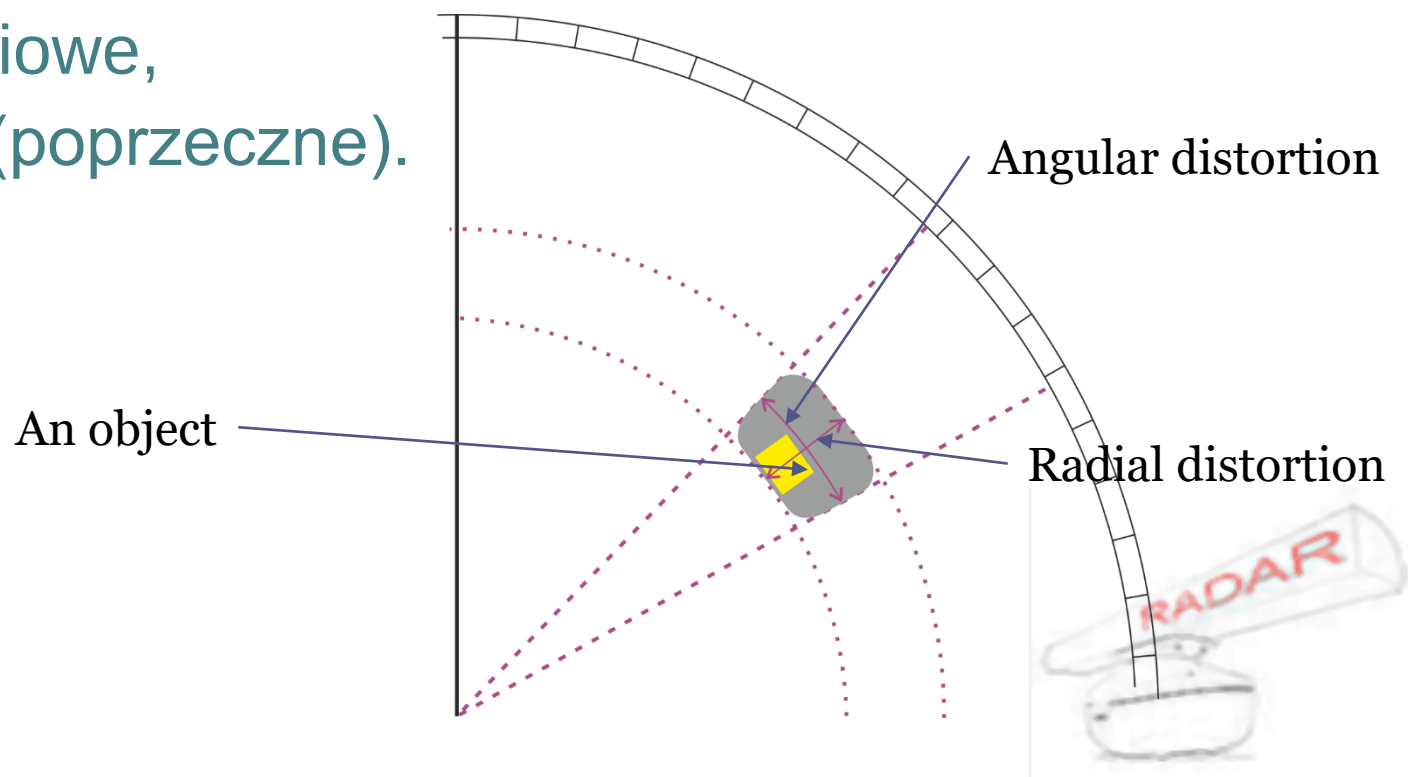


SART



Zniekształcenia obrazu radarowego

- Podstawowymi zniekształceniami obrazu radarowego są zniekształcenie wymiarów echa :
 - promieniowe,
 - kątowe (poprzeczne).



Promieniowe zniekształcenia echa

- Długość echa obiektu punktowego, mierzona wzdłuż promienia ekranu jest zależna od
 - czasu trwania impulsu sondującego (połowa jego długości), oraz
 - średnicy plamki (rozdzielczość ekranu, liczba komórek pamięci).
- Dlatego promieniowe zniekształcenie echa zależy od zakresu pracy radaru oraz średnicy ekranu (liczba komórek pamięci) i wzrasta w miarę
 - zmniejszania zakresu pracy, lub
 - zwiększania średnicy ekranu.

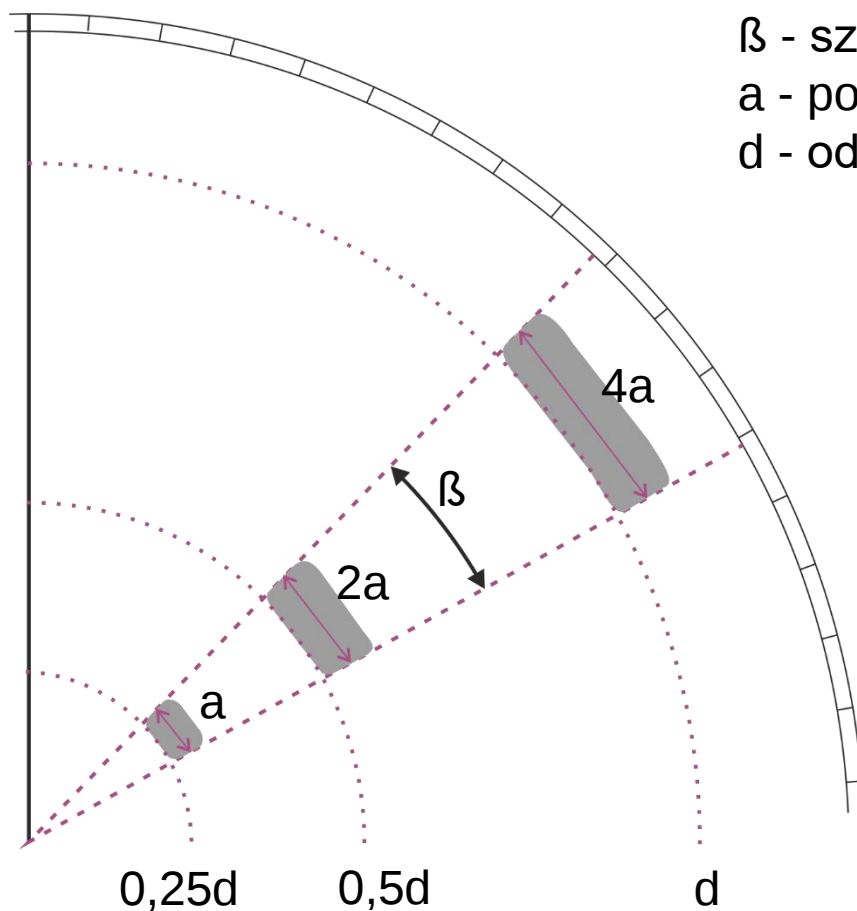


Zniekształcenia szerokości echa

- Czynniki wpływającymi na szerokość kątową echa na ekranie radaru są:
 - szerokości charakterystyki promieniowania anteny,
 - wielkość wzmocnienia sygnału w odbiorniku,
 - równoważną powierzchnię odbicia,
 - odległość do wykrywanego obiektu.



Zniekształcenia szerokości echa

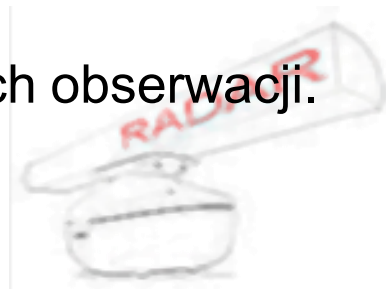


β - szerokość kątowa echa,
 a - poprzeczna długość echa [m],
 d - odległość echa od środka ekranu



Ogólne wnioski dotyczące zniekształceń wymiarów echa

- kształt echa na ekranie jest zbliżony do kształtu obiektu tylko wówczas, gdy rozmiar kątowy obserwowanego obiektu jest wielokrotnie większy niż szerokość poziomej charakterystyki promieniowania anteny, a promieniowa długość obiektu jest wielokrotnie większa od długości impulsu sondującego,
- Na małych zakresach obserwacji kształt echa zależy przede wszystkim od długości impulsu i szerokości charakterystyki promieniowania oraz wartości wzmocnienia sygnału.
- Przy przesuwaniu się echa w kierunku krawędzi ekranu kształt echa ulega zmianie wskutek rozszerzania echa.
- Przez zmianę wzmocnienia ogólnego można zmienić szerokość echa.
- Szerokość echa zależy od równoważnej powierzchni odbicia i odległości do obiektu.
- Identyfikacja obiektu jest łatwiejsza na mniejszych zakresach obserwacji.



Zakłócenia obrazu radarowego

- Zakłócenia - wszelkie echa, generowane przez istniejącą materię (deszcz, fale, ruch elektronów), których obecność na ekranie radaru jest niepożądana.
- Podstawowe zakłócenia obrazu radarowego to:
 - szумы własne odbiornika,
 - echa od fal morskich,
 - echa od opadów atmosferycznych.



Szumy własne odbiornika

- Szumami własnymi odbiornika nazywamy zakłócenia powstałe wskutek ruchów termicznych elektronów w elementach odbiornika (głównie wzmacniacza p. cz.)
- Przy ustawieniu wysokiego poziomu wzmocnienia szumy własne występujące w obwodach wejściowych odbiornika wyświetlane są jako tło w postaci losowo pojawiających się plamek.
- Przy zbyt dużym wzmocnieniu powodują zamazanie obrazu i uniemożliwiają wykrywanie słabych ech.



Szumy własne odbiornika

- Łatwe do identyfikacji – punktowe echa znacznie mniejsze od ech rzeczywistych; pojawiające się chaotycznie na całym ekranie.
- Występowanie szumów własnych wymaga poprawnego doboru poziomu wzmacnienia.
- Kryterium prawidłowo ustawionego wzmacnienia - poziom nieco niższy od tego, przy którym szumy własne się pojawiają (tzw. granica występowania szumów własnych).



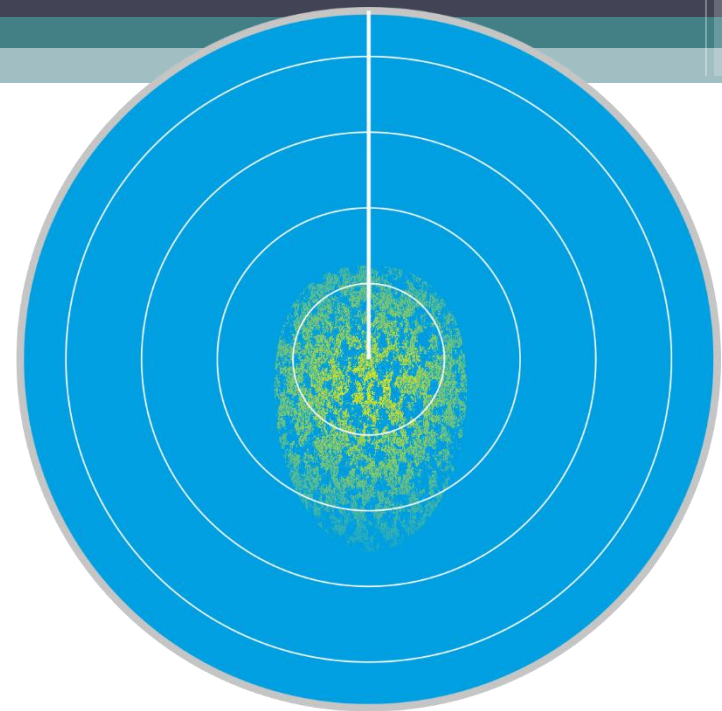
Echa od fal morskich

- Powstają one wskutek odbijania się impulsów sondujących od tych części fal, które są prostopadłe ustawione do kierunku rozchodzenia się mikrofal.
- Sygnały odbite od fal charakterem swym przypominają szumy własne odbiornika ponieważ pojawiają się w przypadkowych miejscach z przypadkową amplitudą, mają jednak czas trwania zależny od długości impulsu sondującego oraz występują tylko w pewnym obszarze – w pobliżu anteny (pozycji własnej)
- Wielkość i zasięg tych ech zależą od następujących czynników:
 - wielkość, rodzaj, kształt i kierunek poruszania się fali,
 - Pionowej charakterystyki anteny,
 - wysokość umieszczenia anteny radarowej.

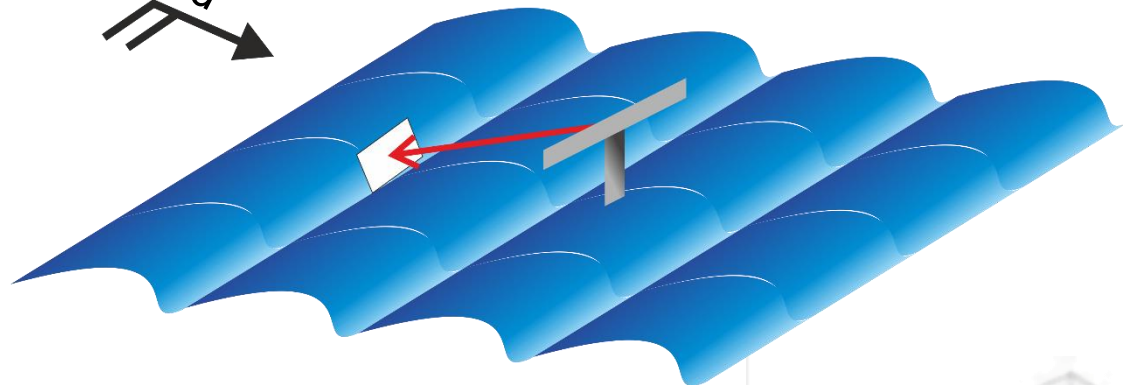


Echa od fal morskich

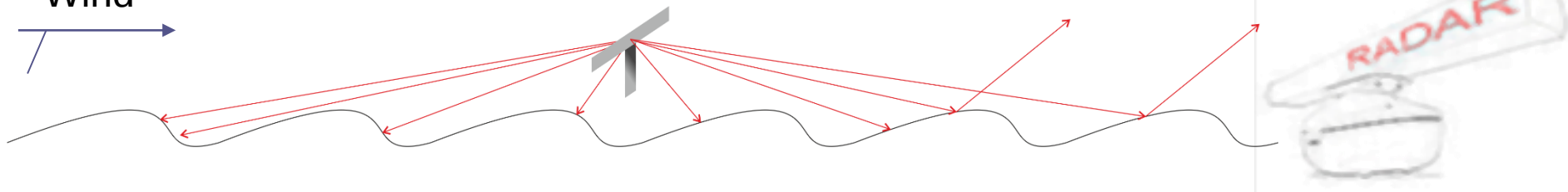
Zaletą występowania ech od fal jest możliwość określenia na ich podstawie kierunku wiatru, jest to cecha szczególnie przydatna nocą.



Wind

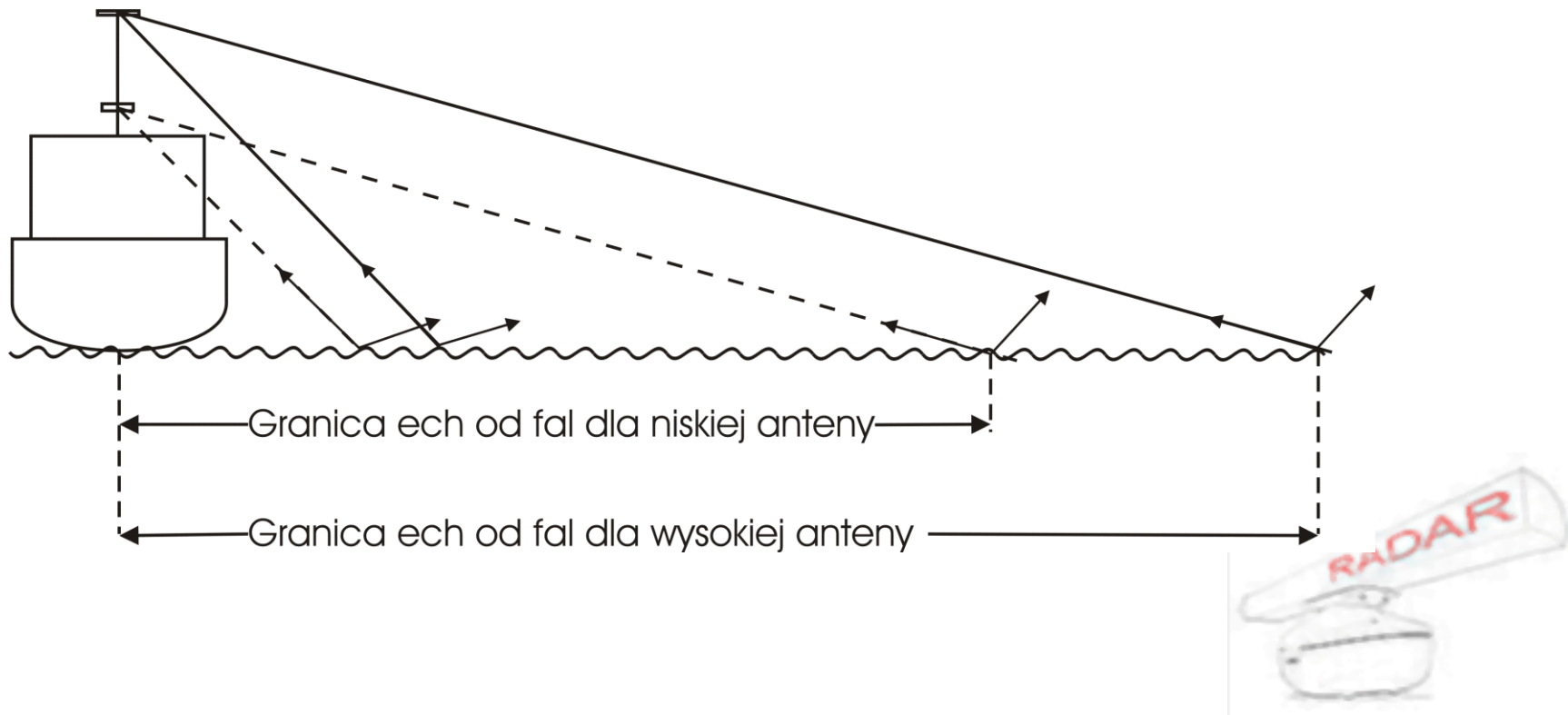


Wind

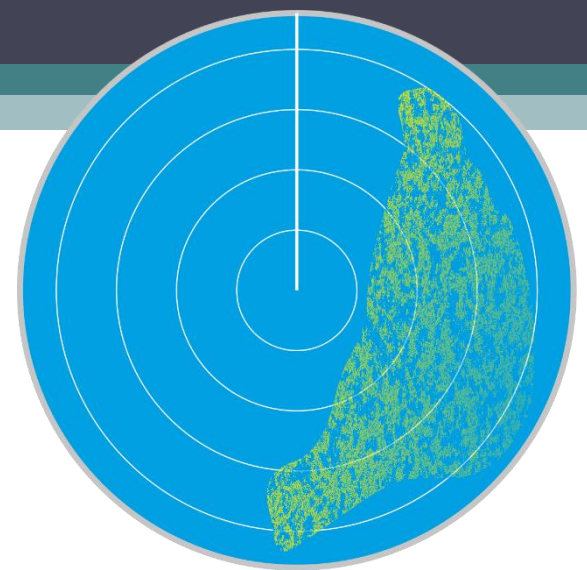


Echa od fal morskich

- Wpływ wysokości anteny na zasięg występowania ech



Echa od opadów atmosferycznych



- Zakłócają obraz na ekranie radaru, utrudniając wykrywanie i identyfikację pożądaných ech oraz wywołują zmniejszenie zasięgu radaru.
- Charakterem swym są zbliżone do szumów własnych odbiornika, lecz wielkość poszczególnych ech zależy od długości impulsu sondującego, podobnie jak to ma miejsce w przypadku ech od fal morskich.
- Mogą one występować w dowolnym miejscu obszaru obserwacji, a siła ich zależy od rodzaju, intensywności i kształtu drobin opadu oraz długości fali, na której pracuje radar.

Echa fałszywe

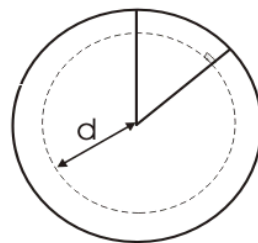
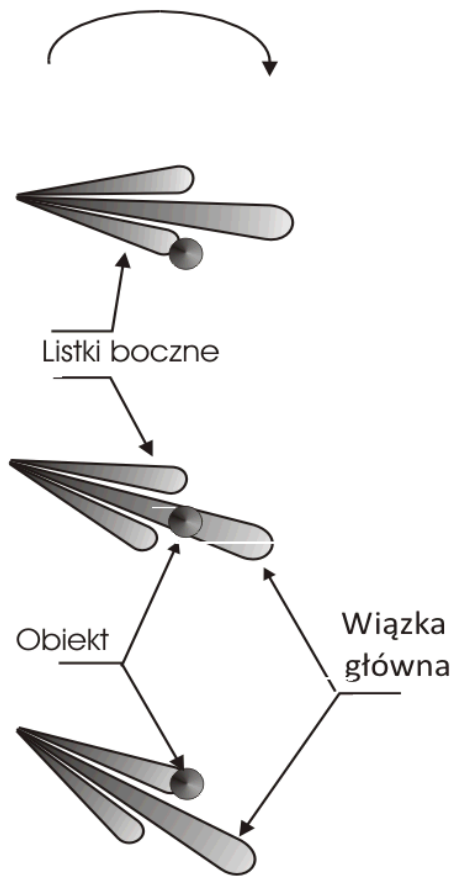
- Na ekranie radaru oprócz ech użytecznych oraz zakłóceń często można zaobserwować echa fałszywe (ang. ghost echoes).
- W zależności od typu, są to echa o charakterze losowym, lub występujące w ściśle określonych pozycjach.
- Niektóre z nich są możliwe do wyeliminowania, natomiast niektóre należy odpowiednio zidentyfikować i mieć świadomość ich występowania oraz warunków, w których mogą wystąpić.
- Jako podstawowe echa fałszywe należy wymienić:
 - echa od listków bocznych (ang. side lobes' effect),
 - echa pośrednie (ang. indirect echoes)
 - własne,
 - obce,
 - echa wielokrotne (ang. multiple echoes),
 - echa z poprzedniego cyklu pracy (ang. second trace echoes),
 - zakłócenia interferencyjne (ang. interference echoes)



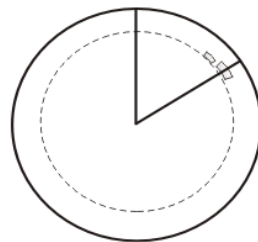
Echa od listków bocznych

Kierunek obrotu anteny

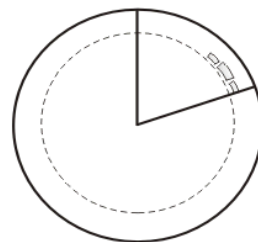
Obraz na ekranie radaru



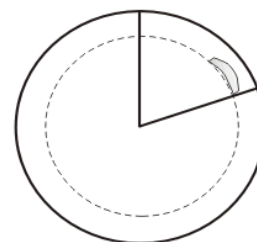
A



B



C



D



Echa pośrednie

- Powstają na skutek lustrzanego odbicia impulsu sondującego i impulsu echa od znajdującego się na ich drodze elementu (obiektu) o dobrych właściwościach odbijających.
- W zależności od położenia elementu odbijającego rozróżniamy dwa rodzaje ech pośrednich:
 - własne echa pośrednie,
 - obce echa pośrednie.



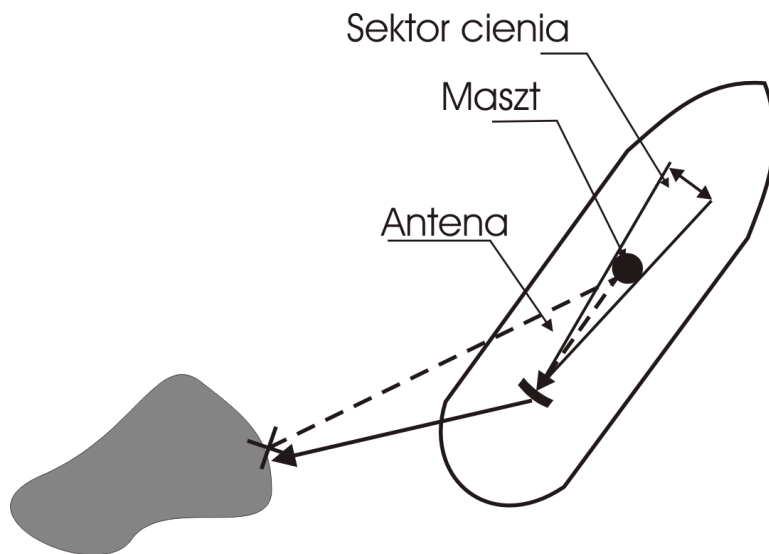
Echa pośrednie własne

- Powstają wskutek odbijania się sygnałów od elementów konstrukcyjnych statku, takich jak:
 - maszty,
 - urządzenia przeładunkowe wraz z osprzętem,
 - kominy, nawiewniki itp.
- Elementy te są powodem występowania sektorów cienia radarowego, w których istnieje największe prawdopodobieństwo wystąpienia własnych ech pośrednich.
- Charakterystyczną cechą tych ech jest:
 - odległość jest w przybliżeniu równa odległości do echa rzeczywistego danego obiektu,
 - echa te występują zawsze na kierunkach usytuowania odbijających elementów konstrukcyjnych (sektory cienia radarowego)



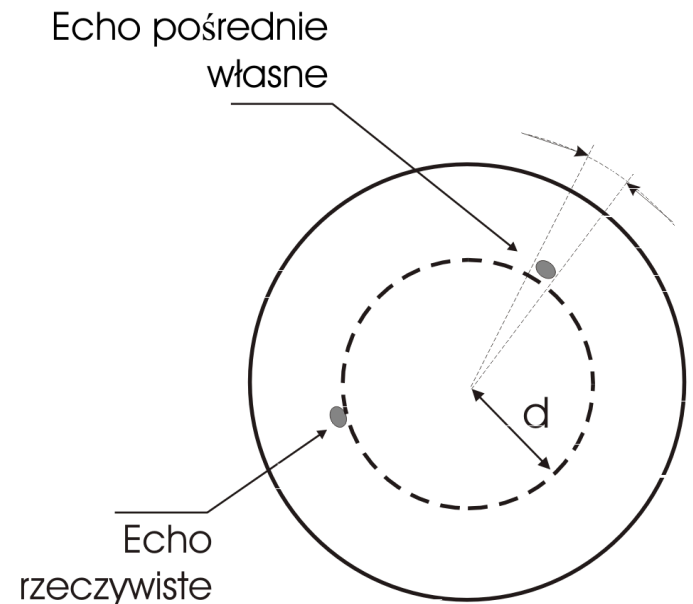
Echa pośrednie własne

Sytuacja rzeczywista



- impuls emitowany z anteny
- - - impuls odbity - do anteny

Obraz radarowy



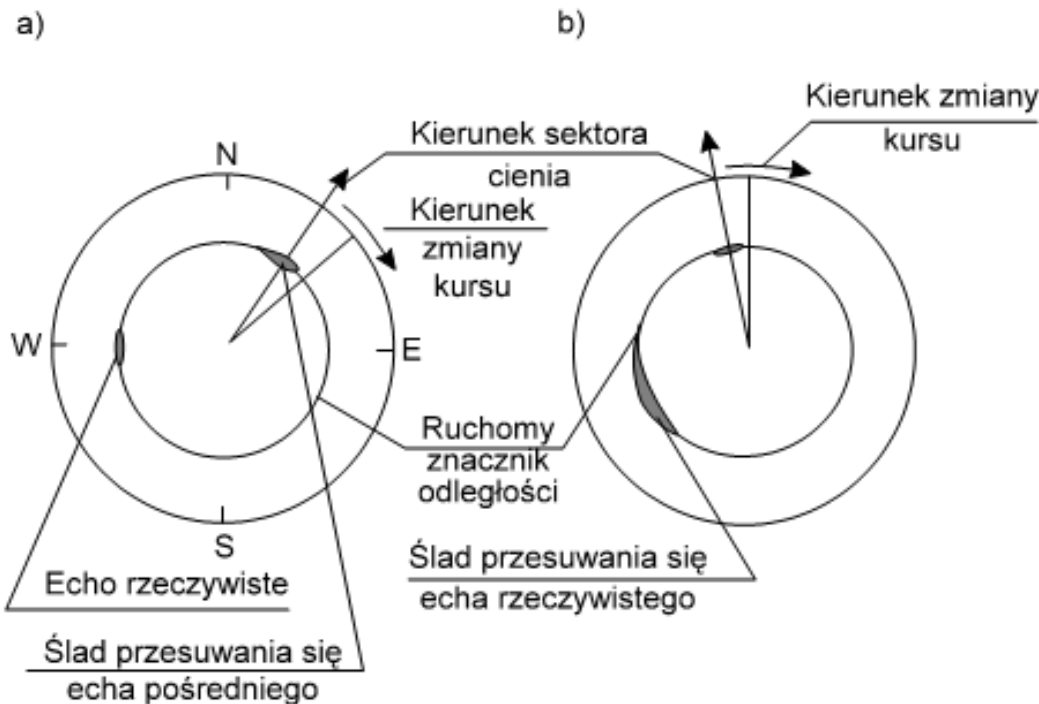
Echa pośrednie własne

- W celu osłabienia lub całkowicie wyeliminowania stosuje się niekiedy specjalne ekrany wykonane z falistej blachy, które są mocowane na elementach konstrukcyjnych statku powodujących odbicia. Ekrany te rozpraszają energię mikrofal w kierunku pionowym, co zapobiega powstawaniu ech pośrednich.
- Na każdym statku musi być zamieszczona informacja o sektorach cienia poziomego, jeżeli takie występują, dla każdego radaru zainstalowanego na statku.
- Każde echo pojawiające się w sektorze cienia poziomego jest najprawdopodobniej echem fałszywym.



Echa pośrednie własne

- Są słabsze od ech rzeczywistych i do ich eliminacji można wykorzystywać układ ZRW (w przypadku ech od obiektów blisko położonych) bądź układ rozróżniacza.

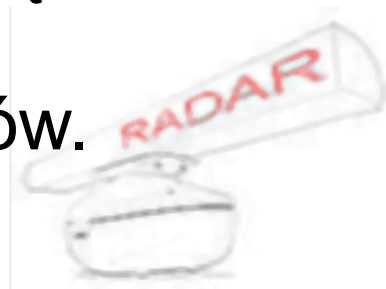


Identyfikacja własnych
ech pośrednich przy
zorientowaniu obrazu :
a) względem północy
b) względem dziobu.

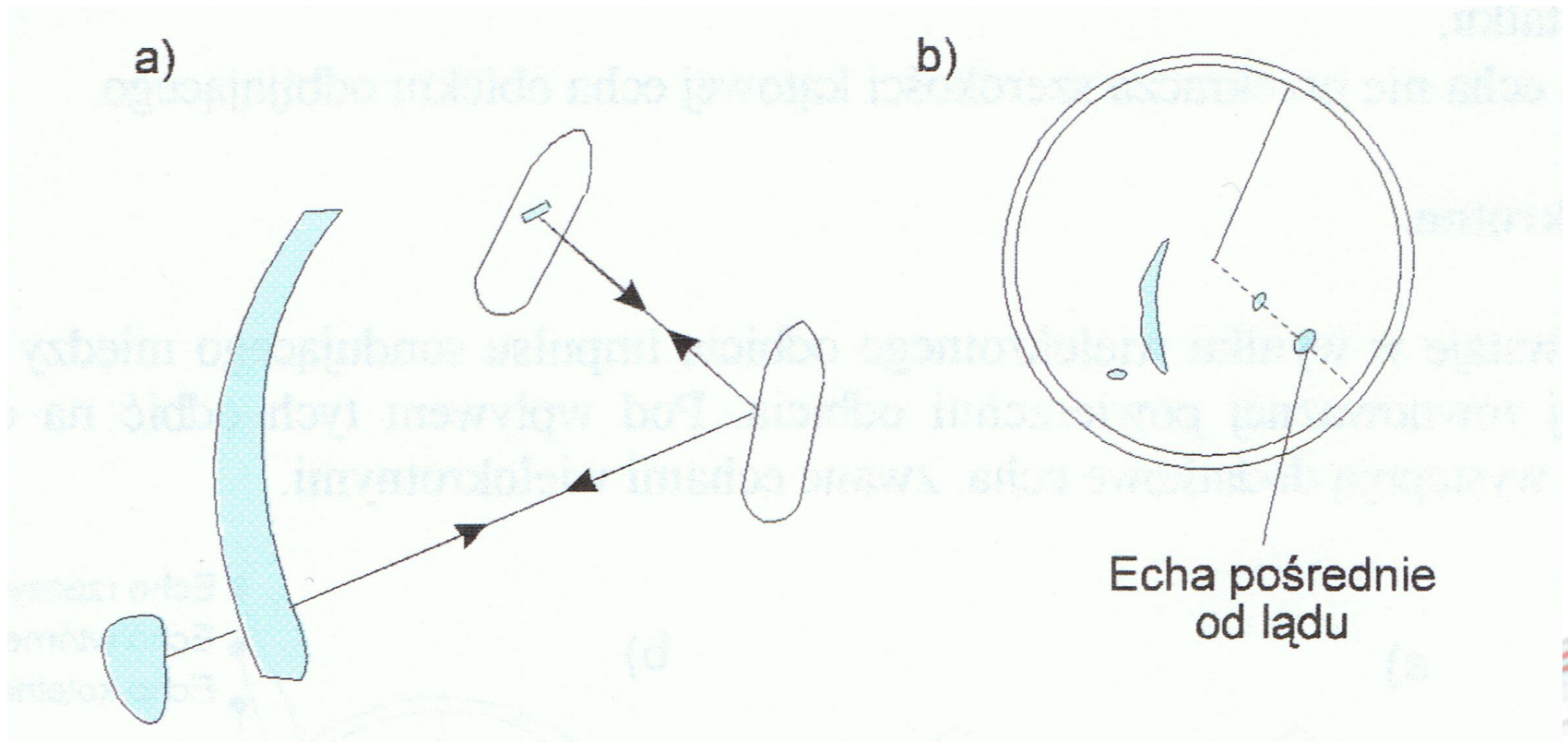


Echa pośrednie obce

- Powstają wskutek odbijania się sygnałów od takich obiektów, jak:
 - duże statki,
 - budynki,
 - brzegi klifowe.
- Szczególnie często występują w czasie żeglugi w wąskich przejściach, kanałach itp.
- Charakteryzują się one tym, że występują na kierunku obiektów odbijających, lecz w odległości większej niż echa tych obiektów.



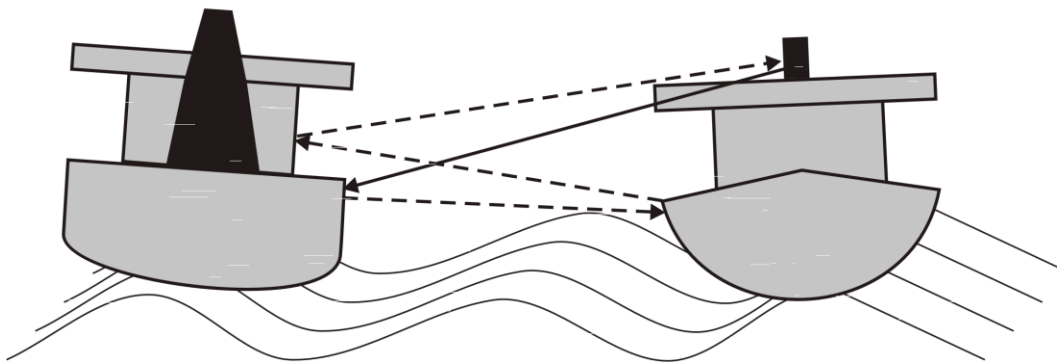
Echa pośrednie obce



Echa wielokrotne

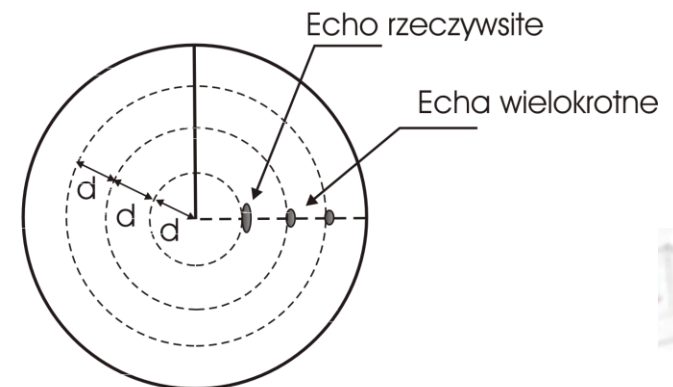
- Powstają w wyniku wielokrotnego odbicia impulsu sondującego między własnym statkiem a obiektem o znacznej równoważnej powierzchni odbicia.

Sytuacja rzeczywista



— impuls emitowany z anteny
--- impuls odbity - do anteny

Obraz radarowy



Echa wielokrotne

- Charakteryzują się tym, że:
 - występują na tym samym kierunku, co echo rzeczywiste,
 - odległości do tych ech są wielokrotnością odległości do echa rzeczywistego od pozycji własnego statku.



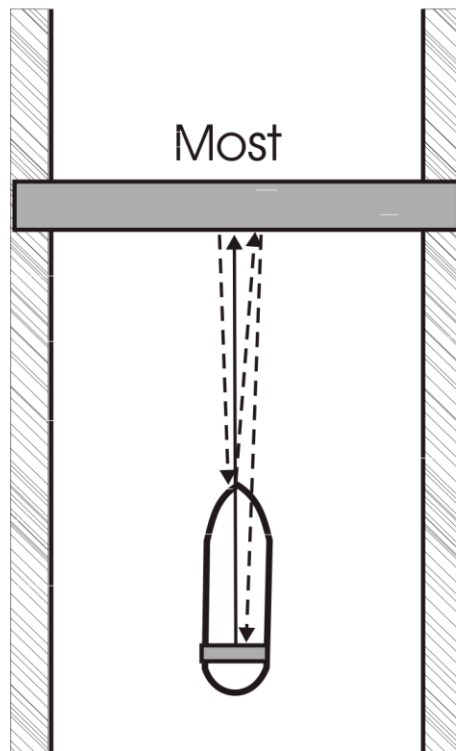
Echa wielokrotne

- Należy się spodziewać występowania tych ech w:
 - pobliżu trawersów podczas równoległego mijania się z większymi statkami,
 - przy podejściu do mostu, przy czym echa wielokrotne będą znajdowały się po drugiej stronie mostu niż jednostka własna, sprawiając wrażenie statku na kontrkursie (niebezpieczne podczas żeglugi w ograniczonej widzialności).

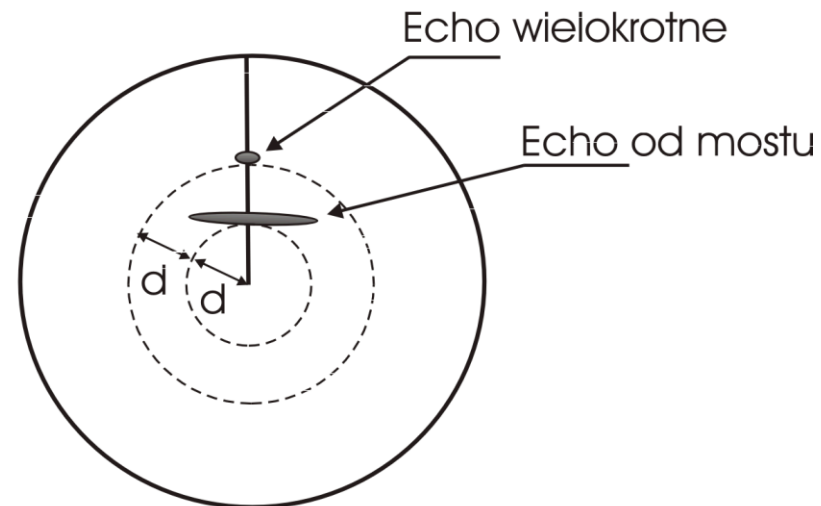


Echa wielokrotne

Sytuacja rzeczywista



Obraz radarowy



Echa wielokrotne są słabsze od echa rzeczywistego. Ponieważ występują one jedynie na niewielkich odległościach, eliminuje się je za pomocą ZRW.



Echa z poprzedniego cyklu pracy

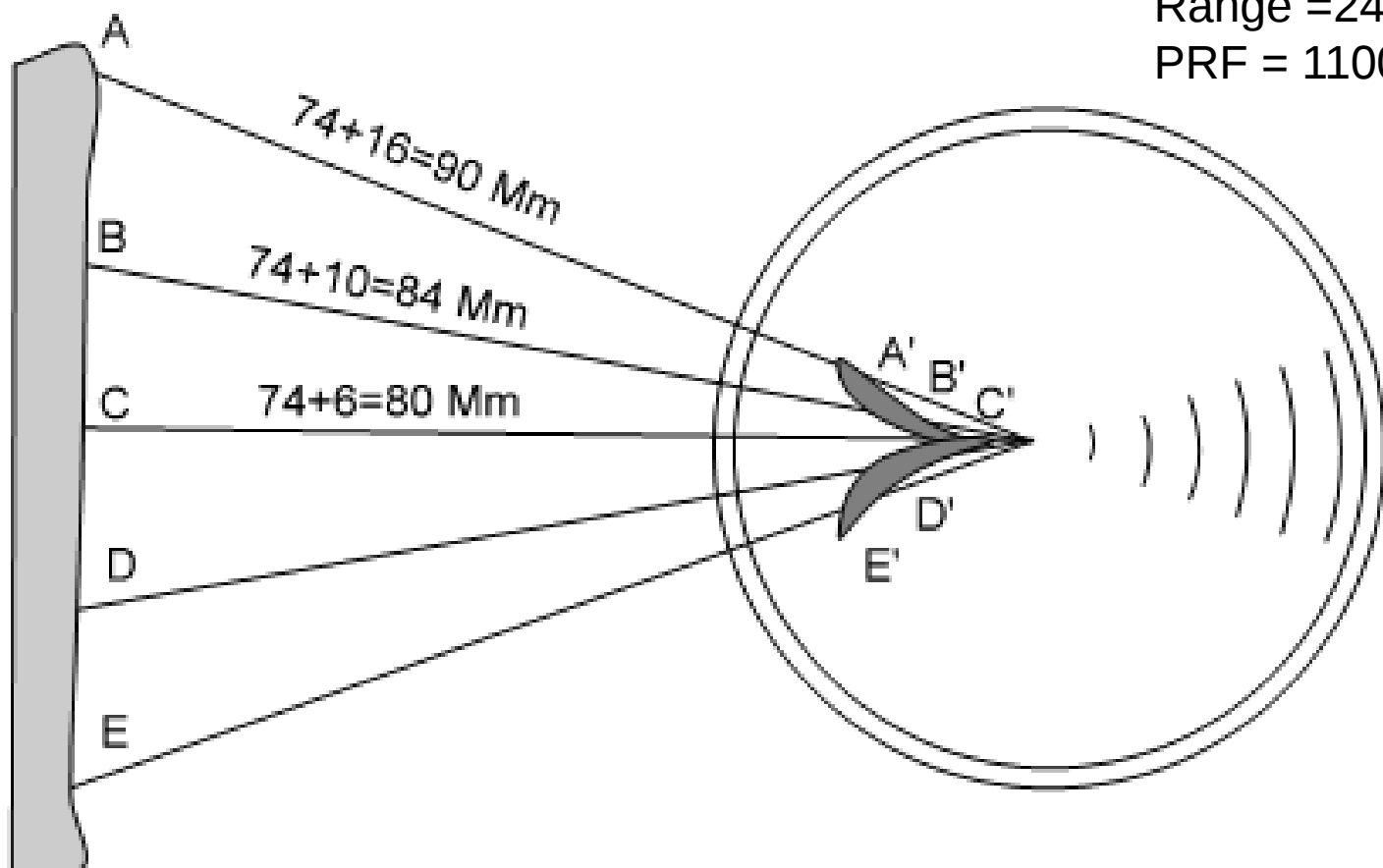
- W czasie szczególnie sprzyjających dla propagacji mikrofal warunków atmosferycznych na ekranie radaru mogą wystąpić echa pochodzące od obiektów znajdujących się w odległości kilkakrotnie większej od zakresu obserwacji, na którym radar aktualnie pracuje.
- Echa te występują na ekranie wskutek odbierania sygnałów pochodzących od impulsu sondującego wysyłanego przez nadajnik w czasie poprzedniego cyklu pracy radaru.
- Tak wykrywane obiekty powinny mieć dużą równoważną powierzchnię odbicia, konieczną dla uzyskania odpowiednio zwiększonego zasięgu radaru.



Echa z poprzedniego cyklu pracy

Range = 24Mm

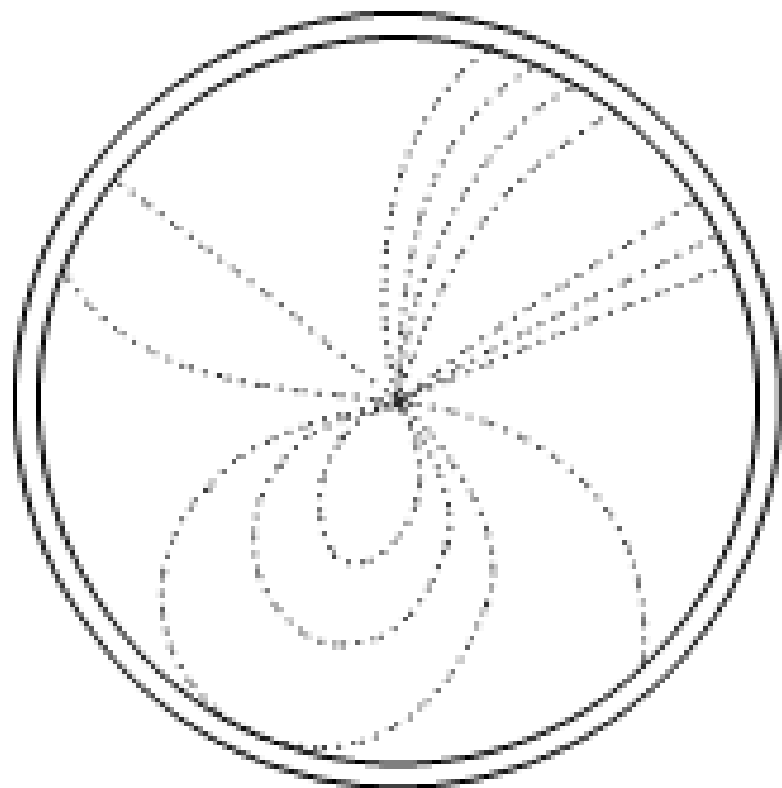
PRF = 1100Hz



DAR

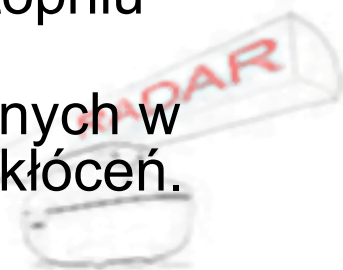
Zakłócenia interferencyjne

- Powstają w wyniku odbierania przez radar impulsów wysyłanych przez inne radary, pracujące na zbliżonej częstotliwości.
- Występują one na ekranie w postaci wyraźnie widocznych punktów lub kresek rysujących na ekranie charakterystyczne wzory



Zakłócenia interferencyjne

- Występują w obszarach dużego ruchu statków oraz w przypadku pracy dwóch radarów zainstalowanych na tym samym statku w niewielkiej odległości od siebie.
- Wielkość zakłóceń interferencyjnych zależy od odległości i mocy radarów oraz zakresu pracy własnego radaru.
- Na dużych zakresach obserwacji zakłócenia występują w postaci punktów bardzo silnie podświetlających ekran. Ponieważ na tych zakresach wielkość ech od pojedynczych obiektów jest bardzo mała, mogą one być trudno zauważalne na tle tych zakłóceń.
- Na mniejszych zakresach obserwacji zakłócenia występują w postaci kresek o niewielkiej jasności i w mniejszym stopniu utrudniają obserwację ekranu.
- Stosowanie układów eliminacji zakłóceń interferencyjnych w praktyce powoduje całkowite wyeliminowanie tych zakłóceń.



Pomiary radarowe

- RADAR w nawigacji morskiej na statkach handlowych wykorzystywany jest przede wszystkim do realizacji dwóch zadań:
 - unikania sytuacji nadmiernego zbliżenia lub kolizji z innym statkiem lub przeszkodą nawigacyjną,
 - określeniu miejsca, w którym znajduje się obserwator.



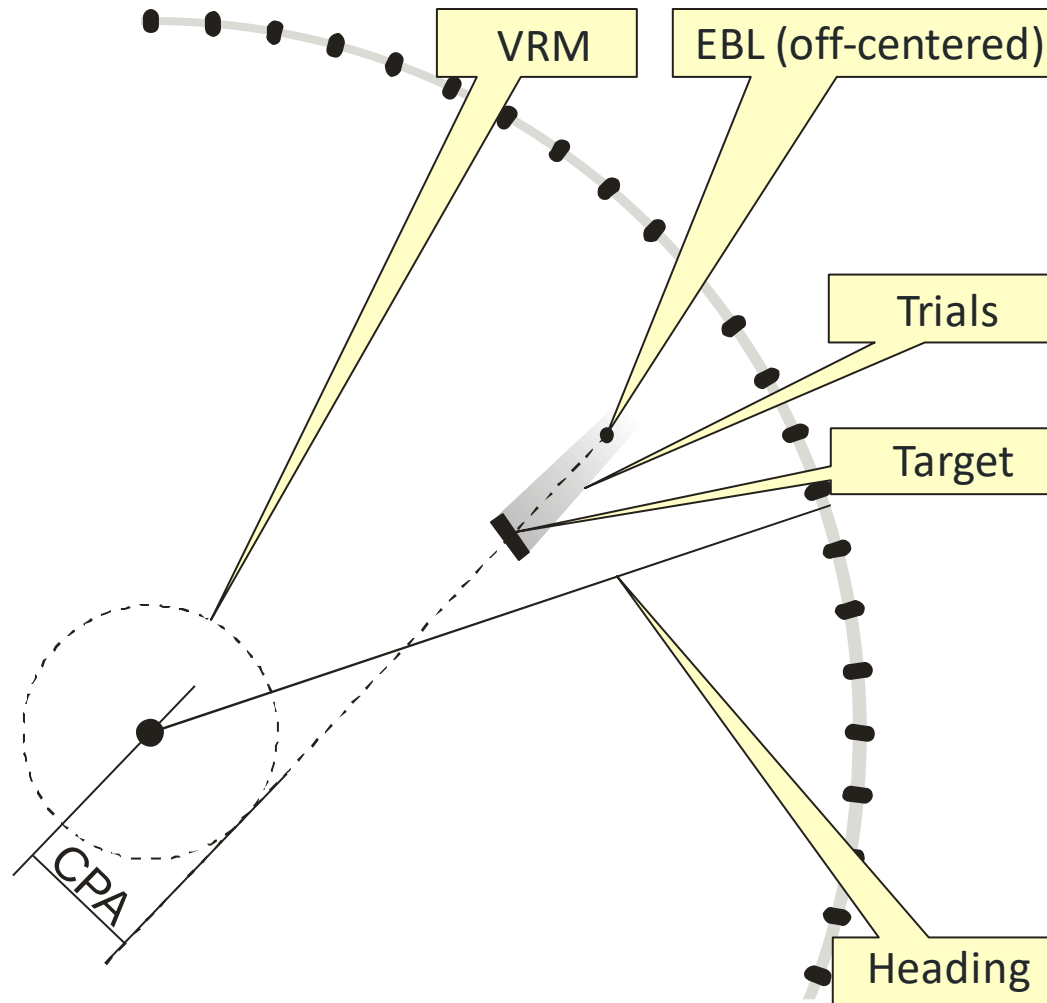
Znaczniki pomiarowe

Lp.	Znacznik	Liczba	Dokładność pomiaru odległości	Dokładność pomiaru kierunku
1.	Kręgi stałe <i>Fixed Range Rings</i>	Odpowiednia do zakresu	30m lub 1% zakresu	-
2.	Krąg ruchomy <i>Variable Range Marker (VRM)</i>	Co najmniej 2		
3.	Elektroniczna linia namiarowa <i>Electronic Bearing Line (EBL)</i>	Co najmniej 2	-	1°
4.	Linie równoległe <i>Parallel Index Lines (PI)</i>	Minimum 4	30m lub 1% zakresu	
5.	Kursor <i>User Cursor</i>	1		

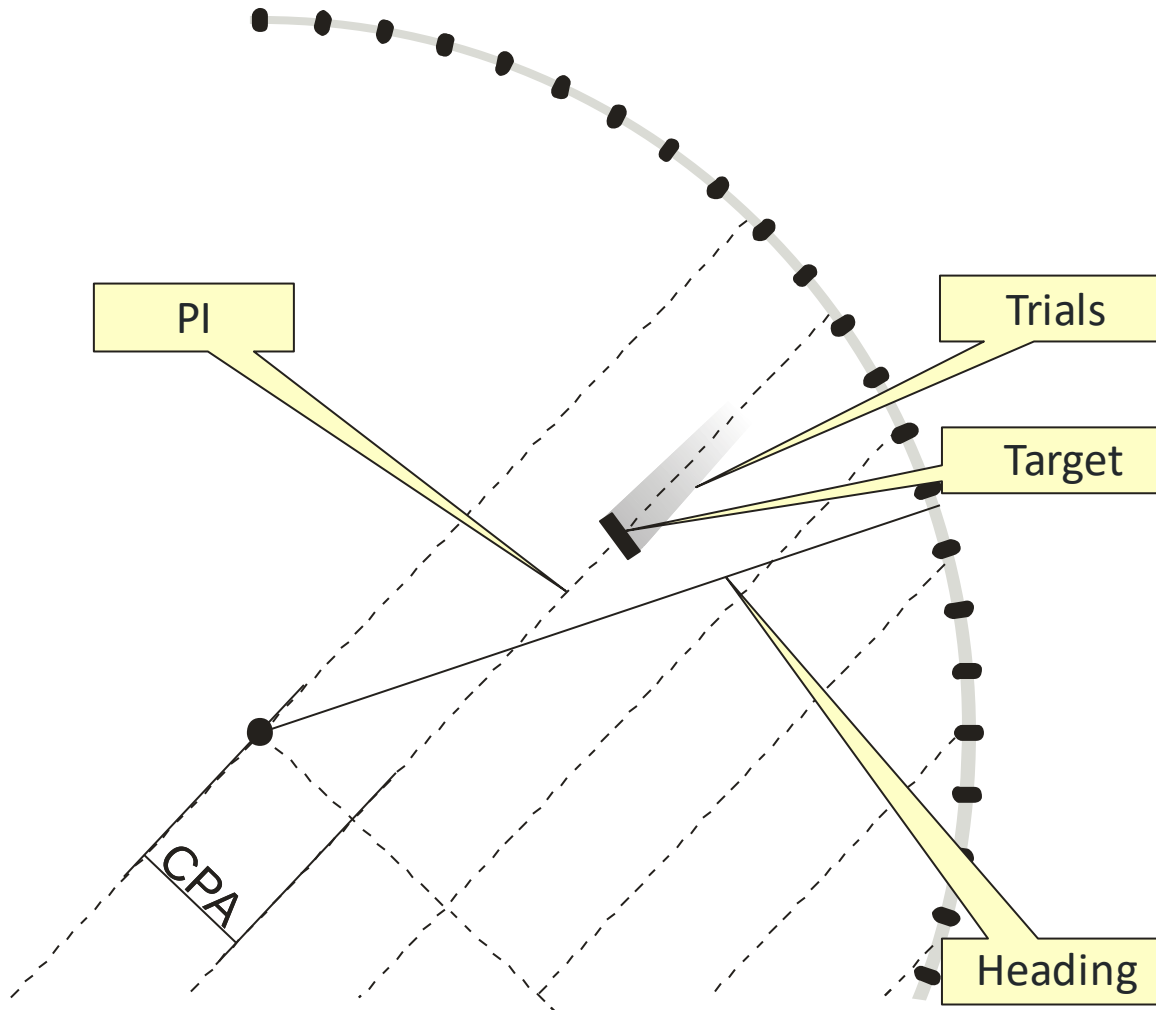
Dodatkowo zewnętrzna skala namiarowa



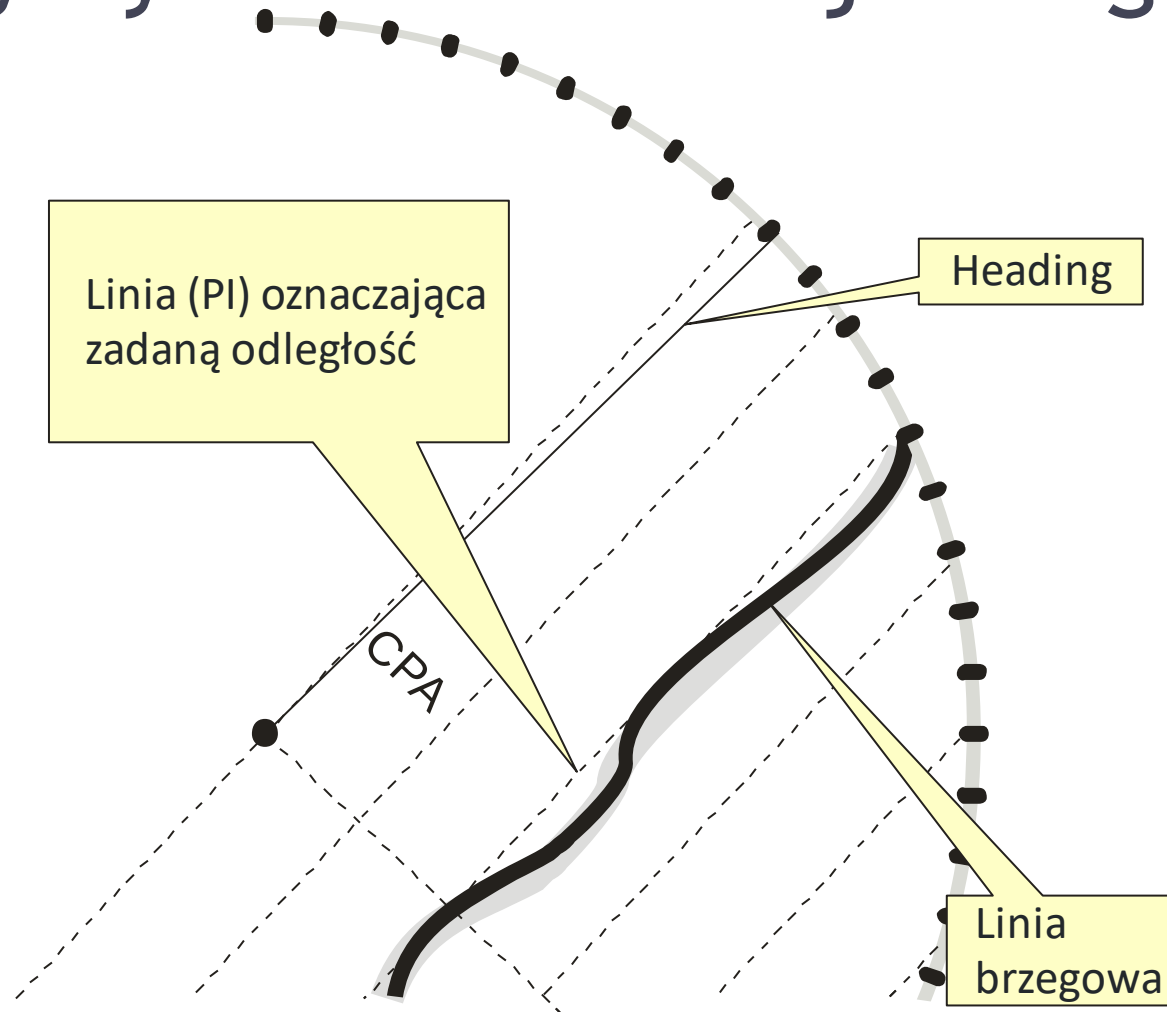
Wyznaczanie CPA



Wyznaczanie CPA



Utrzymywanie zadanej odległości



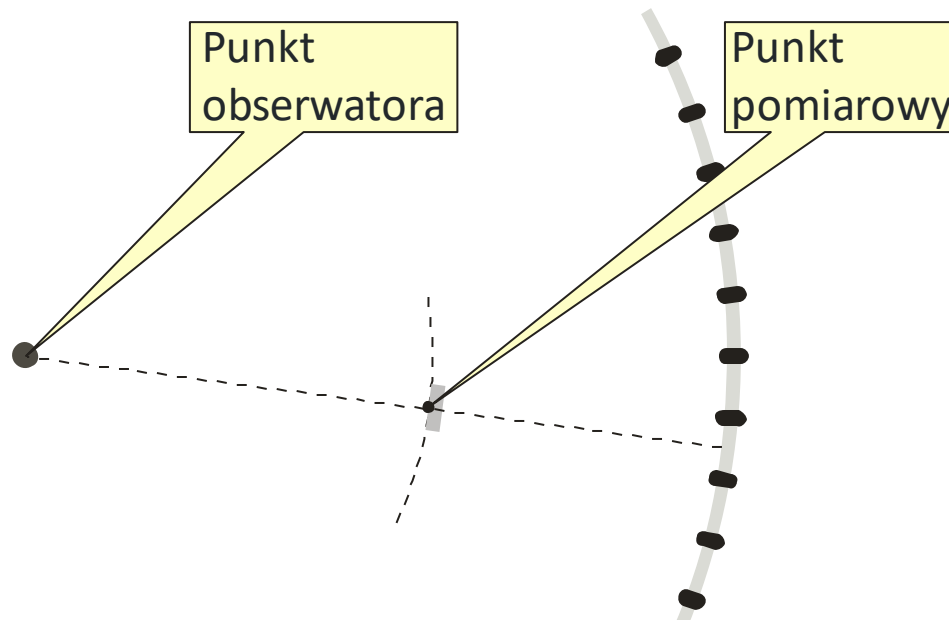
Pozycja obserwatora

- pozycja radarowa może być wyznaczona na podstawie:
 - dwóch namiarów,
 - dwóch odległości,
 - namiaru i odległości.



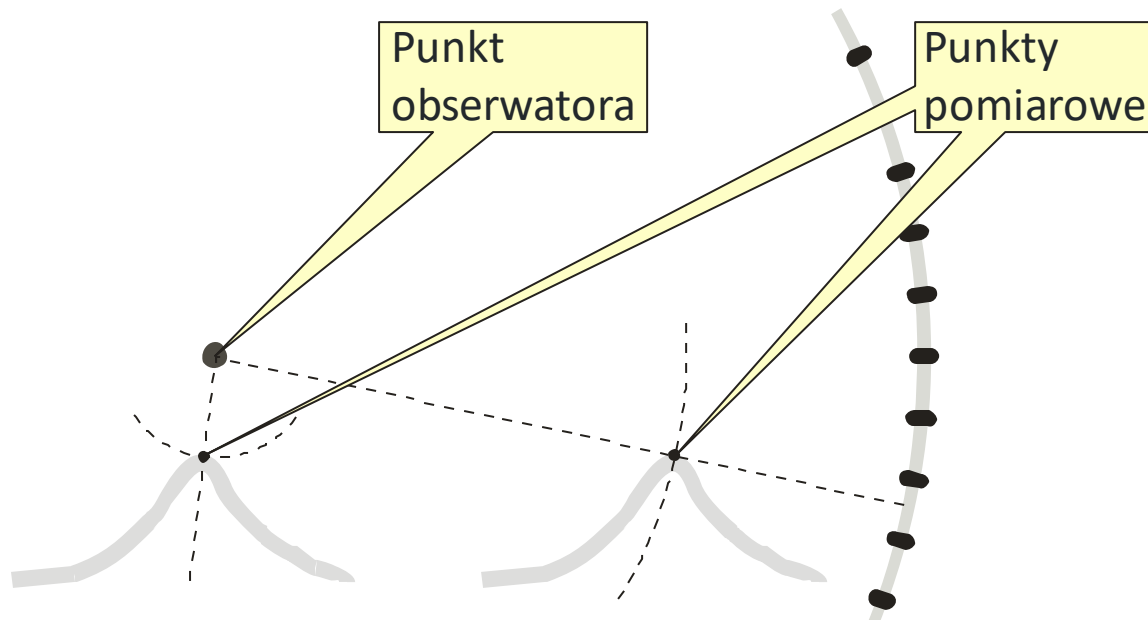
Punkt pomiarowy

- Obiekt zwart



Punkt pomiarowy

- Element linii brzegowej



CCRP

- Wszelkie pomiary powinny być wykonywane względem punktu odniesienia: **CCRP** (*Consistent Common Reference Point*).
- Punkt ten zwany inaczej punktem obserwatora najczęściej jest zlokalizowany na mostku nawigacyjnym w osi symetrii statku w miejscu namiernika optycznego.
- Jeżeli pozycja anteny lub radarowej nie pokrywa się z CCRP to przesunięcie to powinno być odpowiednio skompensowane.
- W przypadku systemu z kilkoma antenami radarowymi, przesunięcia ich względem CCRP powinno być uwzględnione automatycznie w momencie wyboru danej anteny.



Dokładność pozycji

- Jedną z podstawowych miar oceniających dokładność pozycji jest błąd kołowy tzw. błąd średni pozycji.
- Prawdopodobieństwo znalezienia się rzeczywistej pozycji statku wewnątrz błędu kołowego (poziom ufności) nie jest jednorodne i zawiera się w granicach od 0.632 do 0.683,
- średnio przyjmowane jest jako 0.66



Dwa namiary

- Błąd w dużej mierze zależy od odległości do obiektów

$$M_0 = \frac{1}{\sin \theta} \cdot \sqrt{\left(\frac{m_{NR} \cdot D_1}{57.3}\right)^2 + \left(\frac{m_{NR} \cdot D_2}{57.3}\right)^2} = \frac{m_{NR}}{57.3 \cdot \sin \theta} \cdot \sqrt{D_1^2 + D_2^2}$$

gdzie:

- M_0 - Błąd kołowy [m]
- θ - Kąt przecięcia się linii pozycyjnych [°]
- m_{NR} - Średni błąd namiaru radarowego [°]
- D_1, D_2 - Odległości do obiektów [m]



Namiary niejednoczesne

- W celu zminimalizowania błędu należy przestrzegać następujących zasad:
 - najpierw mierzymy namiar do obiektu, który znajduje się w pobliżu trawersu a następnie namierzamy obiekt w kierunku rufy lub dziobu,
 - pomiary powinny być wykonane w taki sposób, aby czas pomiędzy kolejnymi pomiarami był jak najkrótszy.



Dwie odległości

- Najdokładniejsza pozycja

$$M_0 = \frac{1}{\sin \theta} \cdot \sqrt{m_{D1}^2 + m_{D2}^2} = \frac{m_D}{\sin \theta} \cdot \sqrt{2}$$

gdzie:

m_{D1} , - Średni błąd odległości radarowej [m]

m_{D2} ,

m_D

Jeżeli pomiary odległości do obiektów dokonywane są na tym samym zakresie wówczas średnie błędy m_{D1} i m_{D2} są takie same i można wówczas uprościć zależność



Niejednoczesny pomiar

- Kolejność pomiarów jest różna niż w przypadku pozycji z dwóch namiarów.
- Wynika to z reguły, iż najpierw dokonujemy pomiaru do obiektu, dla którego zmiana mierzonej wielkości jest największa.
- W przypadku odległości, wartości najszybciej zmieniają się na kierunkach rufy i dziobu.



Namiar i odległość

- Najbardziej naturalna metoda

$$M_0 = \frac{1}{\sin \theta} \cdot \sqrt{\left(\frac{m_{NR} \cdot D}{57.3}\right)^2 + m_D^2} = \sqrt{\left(\frac{m_{NR} \cdot D}{57.3}\right)^2 + m_D^2}$$



Koniec

