



Lech Tolkacz

INFRASTRUKTURA TRANSPORTU WODNEGO

TOM I

INFRASTRUKTURA TRANSPORTU ŚRÓDLĄDOWEGO

Lech Tolkacz

INFRASTRUKTURA TRANSPORTU WODNEGO
TOM I
INFRASTRUKTURA TRANSPORTU ŚRÓDLĄDOWEGO

Szczecin 2010

Opiniował: dr Krzysztof Woś,
Dyrektor Urzędu Żeglugi Śródlądowej w Szczecinie

Treść książki za zgodą Dziekana dostępna jest pod adresem Wydziału Techniki
Morskiej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie:
www.edu.zut.wtm.pl

Okładka : Podnośnia statków na kanale Falkirk Wheel w Szkocji

Motto: To Natura dała szansę człowiekowi na jej doskonalenie

SPIS TREŚCI

str

WPROWADZENIE	7
1. NNATURALNE OBIEKTY INFRASTRUKTURY LINIOWEJ	15
1.1. Rzeki swobodnie płynące.....	15
1.2. Rzeki uregulowane.....	18
1.3. Rzeki skanalizowane.....	26
2. SZTUCZNE OBIEKTY INFRASTRUKTURY LINIOWEJ	32
2.1. Budowle hydrotechniczne.....	32
2.1.1. Jazy.....	32
2.1.2. Śluzy.....	35
2.1.3. Podnośnie i pochylnie.....	43
2.1.4. Awanporty.....	49
2.2. Kanały żeglowne.....	53
3. INFRASTRUKTURALNE OBIEKTY PUNKTOWE	60
3.1. Porty i przystanie śródlądowe.....	60
3.2. Stocznie śródlądowe.....	78
4. SZLAKI ŻEGLOWNE DRÓG WODNYCH	83
4.1. Oznakowanie szlaków żeglownych.....	83
4.2. Parametryzacja szlaków żeglownych dróg wodnych.....	96
5. UWARUNKOWANIA ZACHOWANIA BEZPIECZEŃSTWA RUCHU NA SZLAKACH ŻEGLOWNYCH	108
5.1. Utrzymanie szlaków żeglownych.....	108
5.2. Systemy meldunkowe i kontroli ruchu.....	125
6. EUROPEJSKIE DROGI ŚRÓDLĄDOWE	129
6.1. Fizyko – geograficzna charakterystyka Europy.....	129
6.2. Makroregionalne i regionalne sieci dróg wodnych Europy.....	132
6.3. Polskie drogi wodne w makroregionie Europy Zachodniej.....	148
ZAKOŃCZENIE	154
LITERATURA	165

WPROWADZENIE

Definicje pojęcia „infrastruktury” w literaturze przedmiotu nie są tożsame ani nawet jednoznaczne. Najbardziej ogólne sformułowanie w języku polskim (zaczepnięte z języka angielskiego) określa infrastrukturę jako „synonim urządzeń użyteczności publicznej” [2]. Według polskiego leksykonu naukowo – technicznego „infrastruktura – to podstawowe urządzenia i instytucje niezbędne do właściwego funkcjonowania zarówno działów gospodarki (infrastruktura techniczna) jak i społeczeństwa jako całości (infrastruktura społeczna) świadcząca usługi w dziedzinie prawa, bezpieczeństwa, oświaty, opieki zdrowotnej itd.” [6].

Definicja ta – wprowadzając pojęcie infrastruktury technicznej – stanowi o jej ukierunkowaniu na zagadnienie dotyczące m.in. infrastruktury transportowej. Definicja i zakres terminu „infrastruktura transportowa zostały sformułowane w rozporządzeniu Rady Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej w roku 1970 [14], według którego infrastruktura transportowa oznacza wszystkie drogi dla trzech rodzajów transportu, koniecznych do zapewnienia przepływu i bezpieczeństwa ruchu. Zgodnie z tym dokumentem zbiór infrastruktury transportowej tworzą:

- infrastruktura transportu kolejowego,
- infrastruktura transportu drogowego,
- infrastruktura transportu śródlądowego.

„W skład infrastruktury kolejowej wchodzi następujące pozycje, pod warunkiem, że tworzą część nawierzchni kolejowej, łączne z bocznkami, lecz bez linii znajdujących się w warsztatach naprawczych taboru kolejowego, zajezdniach i lokomotywniach, oraz prywatne linie miejscowe i bocznicze:

- powierzchnia gruntów,
- tory i podłoże kolejowe, w szczególności nasypy, wykopy, systemy kanałów odwadniających i rowów, przepusty, ściany osłonowe, roślinność posadzona w celu ochrony zboczy itd.; perony pasażerskie i towarowe; drogi i przejścia o szerokości czterech stóp (122 cm – przyp. autora); mury ogradzające, żywopłoty, ogrodzenia, pasy ochrony przeciwpożarowej; aparatura do punktów grzewczych; skrzyżowania itd.; osłony przeciwniegiwe,
- konstrukcje budowlane: mosty, przepusty i inne wiadukty, tunele, pokryte wykopy i inne przejścia podziemne; mury oporowe i budowle służące ochronie przed lawinami oraz spadającymi skałami itd.,

- przejazdy kolejowe, w tym urządzenia służące zapewnieniu bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- nadbudowy, w tym tory, szyny z rowkiem i szyny ochronne; podkłady kolejowe i pręty wzdłużne, drobny osprzęt nawierzchni kolejowej, balasty, w tym odpryski skalne i piasek; punkty, skrzyżowania itd.; obrotnice i przesuwnice (z wyjątkiem zastrzeżonych tylko dla lokomotyw),
- drogi dojazdowe dla pasażerów i towarów, w tym drogi dostępu,
- urządzenia zabezpieczające, sygnalizacyjne i łącznościowe na otwartych torach, w stacjach i stacjach rozrządowych, w tym urządzenia służące do wytwarzania, przetwarzania i dystrybucji prądu elektrycznego do celów sygnalizacji i łączności; budynki, w których takie urządzenia czy instalacje się znajdują; hamulce torowe,
- urządzenia świetlne dla celów ruchu kolejowego i bezpieczeństwa,
- urządzenia do przetwarzania i doprowadzenia energii elektrycznej do holowania pociągów; podstacje, kable zasilające między podstacjami i przewodami jezdnyymi, linami nośnymi i nośnikami; trzecia szyna z nośnikami,
- budynki wykorzystywane przez dział infrastruktury, w tym część związana z urządzeniami do poboru opłat komunikacyjnych”.

W skład infrastruktury drogowej wchodzi:

- „grunt,
- roboty drogowe przed ułożeniem nawierzchni: wykopy, nasypy, odpływy itd.; podsypywanie i zasypywanie wykopów,
- roboty związane z nawierzchnią i pomocnicze; warstwy nawierzchni wielowarstwowej, w tym impregnacja wodoodporna, krawędzie, pas zieleni, kanały ściekowe i inne urządzenia odwadniające, twarde pobocza i inne miejsca do nagłych postojów, zatoczki i parkingi na otwartej drodze (w tym drogi dostępowe oraz znaki parkingowe i drogowe), miejsca do parkowania na obszarach zabudowanych na gruncie publicznym, roślinność i architektura zieleni, urządzenia zabezpieczające itd.,
- konstrukcje budowlane: mosty, przepusty, wiadukty, tunele, budowle chroniące przed lawinami i spadającymi skałami, osłony śniegowe itd.,

- przejazdy kolejowe,
- znaki drogowe i urządzenia sygnalizacyjne i łącznościowe,
- urządzenia świetlne,
- urządzenia do poboru opłat, parkometry,
- budynki wykorzystywane przez dział infrastruktury”.

Na infrastrukturę wodną śródlądową składają się następujące pozycje:

- „grunt,
- kanały (roboty ziemne, baseny i osłony kanałów, podwaliny, falochrony, wały brzegowe, drogi holowania i drogi dojazdowe), ochrona brzegów, kanały doprowadzające do akweduktów, lewary i przewody, tunele kanałów, baseny obsługi służące wyłącznie do ochrony jednostek pływających, baseny i zbiorniki do przechowywania wody pitnej i regulowania poziomu wód, budowle do kontroli wód, narzędzia do pomiaru przepływu, rejestry poziomu i urządzenia ostrzegawcze,
- roboty związane z odcięciem drogi wodnej i bezpieczeństwem, przelewy spływowe do odprowadzenia siłą ciężkości wód retencyjnych, baseny i zbiorniki do przechowywania wody pitnej i regulowania poziomu wód, budowle do kontroli wód, narzędzia do pomiaru przepływu, rejestry poziomu i urządzenia ostrzegające,
- zapory wodne i budowle piętrzące (konstrukcje w poprzek koryta rzeki służące utrzymaniu odpowiedniej głębokości wody dla celów nawigacji oraz w celu ograniczenia przepływu poprzez przednie uderzenie fal lub za pomocą dorzeczy), związane z tym budowle (przeplawki dla ryb, kanały przepustowe),
- śluzy nawigacyjne, wypory (podnośnie - przyp. autora) i równie pochyłe, w tym baseny poczekalnie i baseny służące do celów gospodarki wodnej,
- sprzęt cumowniczy i przystanie (boje cumownicze, dalby, pacholki cumownicze, polery, relingi i odbijacze),
- urządzenia do oznakowania kanałów, sygnalizacji, bezpieczeństwa, łączności i oświetlenia,
- urządzenia do kontroli ruchu,
- urządzenia do poboru opłat,
- budynki wykorzystane przez dział infrastruktury”.

Podobne powyższemu - aczkolwiek mniej szczegółowo - pojęcie infrastruktury transportowej formułuje A. Piskozub [12], który zakładając, że wspólną funkcją obiektów infrastrukturalnych jest przemieszczanie osób i ładunków (a więc transport) dzieli te obiekty na liniowe i punktowe. Aspekt przemieszczania osób i ładunków jest historycznie najstarszy, zapewniał bowiem więzi w przekroju terytorialnym, od kiedy społeczności ludzkie przestały być całkowicie zamkniętymi i izolowanymi jednostkami wytwórczymi [17]. Od tamtych czasów dla obiektów infrastruktury transportowej istotne są m.in. cechy techniczne, do których można zaliczyć [17]:

- niepodzielność techniczną,
- okres żywotności,
- okres powstawania,
- możliwości przemieszczania (importu).

Niepodzielność techniczna wynika z minimalnej wartości parametrów obiektu umożliwiających racjonalne jego użytkowanie. Żywotność obiektów infrastrukturalnych jest znacząca, sięgająca długiego okresu czasu. Do dzisiaj funkcjonują niektóre kanały śródlądowe budowane jeszcze przed naszą erą czy akwedukty z czasów rzymskich. Okres żywotności współczesnych budowli infrastrukturalnych przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Okres żywotności obiektów infrastruktury transportu

Lp	Typ urządzenia	Żywotność (w latach)
1	Mosty betonowe	90-110
2	Mosty stalowe	50-70
3	Nasypy kolejowe czy drogowe	60-80
4	Drogi kołowe	15-30
5	Drogi kolejowe	2040
6	Skrzyżowania	70-100
7	Jazy betonowe	80-100
8	Zapory betonowe	80-100
9	Zapory stalowe	50-80
10	Podnośnie statków	60-80
11	Obwałowania	80-110

Źródło: [PIANC, Bruksela 1984]

Długi okres żywotności jest z pewnością pożądanym np. ze względu na okres zwrotu inwestycji. Jednakże obiekty starzeją się nie tylko fizycznie ale również moralnie. To ostatnie, wynika z pojawiania się nowych koncepcji i nowych generacji rozwiązań technicznych, które wymagają likwidacji obiektów przed upływem utraty przez nie możliwości sprawnego funkcjonowania. Jest to tym bardziej istotne, że realizacja inwestycji infrastrukturalnych wiąże się z długim okresem ich powstawania w warunkach poligonowych.

Immobilność tych obiektów sprawia, że z reguły nie można ich przenieść w inne miejsce lub dostarczyć w postaci gotowej z miejsc bardziej sprzyjających ich wytworzeniu.

Jak wynika z tabeli 1, szczególnie długi okres żywotności charakteryzuje obiekty infrastruktury transportu śródlądowego. Również długi jest ich okres wykonawstwa w trudnych warunkach terenowych i w szczególnych uwarunkowaniach hydrologicznych. Niemniej jednak to te obiekty charakteryzują się najwyższą produktywnością w kraju o dobrych wynikach gospodarczych, o czym świadczą informacje zawarte w tabeli 2.

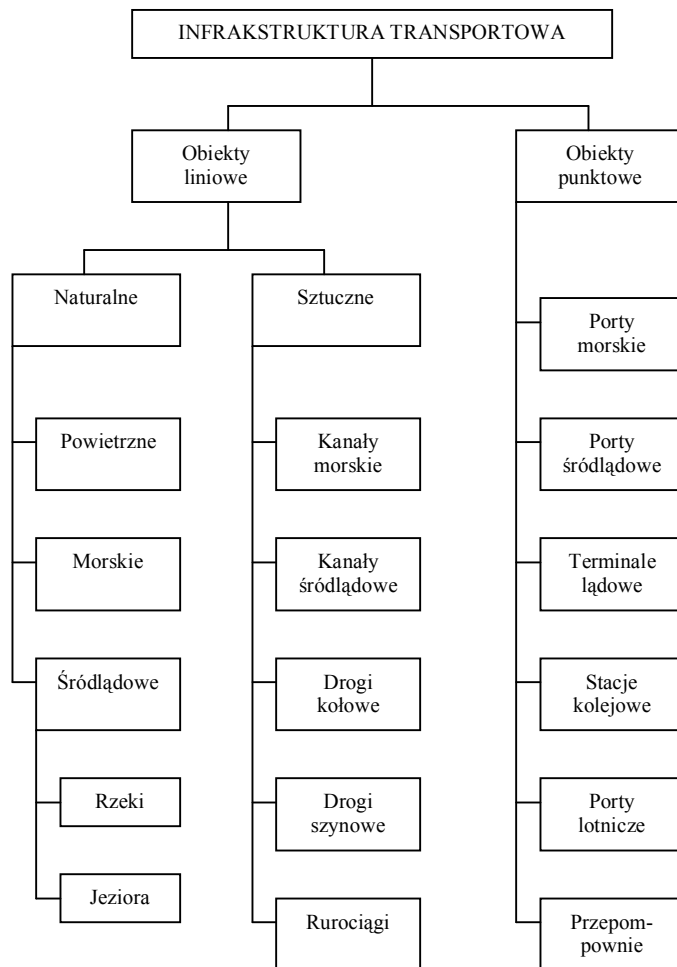
Tabela 2

Produktywność nakładów inwestycyjnych w transporcie RFN
[tkm/DM]

Rok	Transport		
	Śródlądowy	Kolejowy	Samochodowy
1960	5,3	1,5	1,9
1965	4,8	1,3	1,6
1970	5,2	1,3	1,7
1975	4,6	0,9	1,9
1980	4,9	1,0	2,4
1985	4,4	0,8	2,4

Źródło: [Produktivität der Binnenschifffahrt. „Zeitschrift für Binnenschifffahrt und Wasserstraßen“ 1985, nr 8]

Istotność infrastruktury transportu śródlądowego wynika również z faktu jej naturalnego pochodzenia a tym samym możliwości użytkowania od momentu zaistnienia procesów transportowych. To pochodzenie, stanowi jedno z kryteriów podziału infrastruktury transportowej przedstawionego na rysunku 1.



Rys.1. Podział obiektów infrastruktury transportowej

Źródło: opracowanie własne

Podział ten obejmuje podstawowe obiekty infrastrukturalne poszczególnych rodzajów transportu. Ujmuje on również nie wymieniane dotąd obiekty infrastruktury transportu morskiego.

Obiekty infrastruktury transportu śródlądowego pełnią także inne – niż transportowe – funkcje, wśród których do najważniejszych należą [18] :

- funkcje ochrony przed powodzią oraz łagodzenia ich skutków,
- funkcje przemysłowe i komunalne, realizowane z wykorzystaniem zasobów wodnych zbiorników piętrzących,
- funkcje zaopatrywania w wodę otaczającej przyrody poprzez utrzymywanie odpowiedniego poziomu wód gruntowych,
- funkcje energetyczne, możliwe dzięki energii potencjalnej piętrzeń wody,
- funkcje akumulacji wody słodkiej,
- funkcje sportowo - rekreacyjne, realizowane z wykorzystaniem obszarów zalewowych (cofki),
- funkcje dostępu do obszarów produkcyjnych w tym stoczni rzecznych.

W skład materialnych zasobów gospodarczych infrastruktury transportu śródlądowego poza wodą , wchodzi:

- zabudowa hydrotechniczna drogi wodnej (regulacyjna i kanalizacyjna),
- obiekty portów, stoczni i przeładowni,
- zbiorniki retencyjne, poldery, wały przeciwpowodziowe oraz tereny międzywała,
- zasoby mineralne koryta rzeki i przyległych terenów, zasoby biologiczne (ryby, ptactwo, roślinność wodna i przybrzeżna),

O zasobach niematerialnych decydują: walory krajobrazowe, wynikające z powiązania infrastruktury z otoczeniem przyrodniczym oraz architekturą miast, pejzażem, obszarami wiejskich i nadrzecznych osad.

Decyzje o tworzeniu infrastruktury transportu śródlądowego podejmowane są w oparciu o topografię społeczno – gospodarczą otoczenia potencjalnej drogi wodnej a także o zasoby wodne rzek , na bazie których - jako tworach natury – te drogi powstają. W zależności od tych zasobów, rzeki w czasach współczesnych, określane są jako spławne lub żeglowne.

Pojęcie spławności rzek wywodzi się z czasów, gdy służyły one transportowi (spławowi) obiektów pływających o niewielkim zanurzeniu a jednocześnie wykorzystujących prędkość przepływu wody do ich przemieszczania. Typowymi tego

typu obiektami były tratwy budowane z bali drewnianych, które służyły zarówno transportowi drewna jak i ludzi oraz niewielkich partii ładunku (rys.2).



Rys. 2. Spław tratwy

Źródło: [4]

Współcześnie, coraz bardziej rosną wymogi dotyczące masy ładunku, powodujące wzrost wymagań w stosunku do parametrów geometrycznych dróg wodnych a szczególnie do ich głębokości. Rzeki spełniające co najmniej podstawowe wymagania zawarte w klasyfikacji dróg wodnych [16], noszą nazwę rzek żeglownych. Są one obiektami na bazie których tworzona jest infrastruktura transportu śródlądowego.

1. NATURALNE OBIEKTY INFRASTRUKTURY LINIOWEJ

1.1. Rzeki swobodnie płynące

Głębokość rzeki jest przede wszystkim pochodną jej zasobności w wodę. O tej zasobności decydują podstawowe dwa czynniki: wielkość dorzecza rzeki oraz intensywność opadów charakteryzujących to dorzecze.

Dorzecze jest obszarem, z którego wszystkie wody spływają do systemu jednej rzeki i odpływają zeń rzeką główną. Poza rzeką główną w dorzeczu z reguły występują dopływy tworzące dorzecze rzędu I, jeżeli są dopływami bezpośrednimi; dopływy pośrednie tworzą dorzecze bardziej rozwinięte – rzędu II i rzędów wyższych, co ilustruje rysunek 1.1.



Rys. 1.1. Porównanie dorzeczy o różnym stopniu rozwinięcia :

- a. dorzecze Sanu
- b. dorzecze Turii (Hiszpania)

Źródło: [19]

Rzucającą się w oczy cechą dorzeczy jest gęstość sieci rzecznej, której wartość wynika ze stosunku sumarycznej długości rzek dorzecza do jego powierzchni. Gęstość ta świadczy m.in. o przepuszczalności (retencji) podłoża. Mała retencja gruntowa może być przyczyną powstawania dorzeczy bardzo gęstych; duża retencja – dorzeczy o mniejszej gęstości sieci rzecznej. Te pierwsze będą występowały z reguły na podłożu skalistym; drugie - na podłożach o większej zdolności absorbowania wody.

Podłoże skaliste powoduje szybki spływ wód deszczowych do koryta rzeki głównej, co może skutkować szybkim ilościowym przybojem jej wodnych zasobów i tworzeniem się fali powodziowej w wyniku bardzo intensywnych opadów. Dynamika tych spływów jest również zależna od kształtu dorzecza. Dorzecza o kształcie zwartym, zbliżonym do okręgu, powodują szybsze (bardziej dynamiczne) spływy wód deszczowych do rzeki głównej niż dorzecza o kształcie wydłużonym.

Chwilowe i średnie ilości wody w rzekach wyrażane są natężeniem przepływu o wartości tworzonej z zależności:

$$Q = S * v \quad (1)$$

w której: Q - oznacza wartość natężenia przepływu [m^3/s]

S – wartość pola przekroju poprzecznego koryta rzeki [m^2]

v – średnią prędkość przepływu wody w tym przekroju [m/s]

Rzeki żeglowne w Europie charakteryzują się średnimi natężeniami przepływu wody wynoszącymi od kilkuset do kilku tysięcy metrów sześciennych na sekundę. Taka ilość wody wymusza istnienie znacznej głębokości rzek, głównie w ich środkowym i dolnym biegu. Ze względu na podłoże tworzące koryta rzek, głębokości ich są monotonicznie zmienne a zmiany te następują według reguły wartości stałej koncentracji o następującej postaci :

$$\eta = I * b/h \quad (2)$$

gdzie: η – stała koncentracji,

I – spadek podłużny rzeki [‰]

b – szerokość rzeki [m]

h – głębokość rzeki [m]

W powyższej zależności poza znanymi wielkościami jakimi są parametry geometryczne przekroju koryta rzeki tj. poza jego szerokością i głębokością występuje również wielkość, którą jest spadek rzeki. Wynika on z faktu wzdłużnego nachylenia dna koryta rzeki w stosunku do płaszczyzny poziomej oraz nachylenia płaszczyzny powierzchni wody przy różnych jej stanach. Stany wody w rzekach rozumiane jako położenie jej powierzchni w stosunku do zerowej wartości wodowskazu, mają z reguły charakter lokalny. Zmiany stanów występują jako skutek miejscowych opadów lub przemieszczania się fali spływu powstałej w wyniku gwałtownego spływu powierzchniowego. Stany te w podstawowej formule przyjmują wartości określane jako:

- NW – Niska Woda
- SW – Średnia Woda
- WWŻ – Wysoka Woda Żeglowna

Ze względu na opór ruch statku w „jeździe w górę rzeki” przyjmuje się że granicznym spadkiem rzek lub ich żeglownych odcinków jest spadek o wartości 4 ‰ i że z biegiem rzeki jego wartość jest malejąca. Malejący spadek powoduje mniejszą prędkość przepływu wody w rzece. Ciągłość przepływu wyrażona zależnością:

$$S \cdot v = \text{constans}, \quad (3)$$

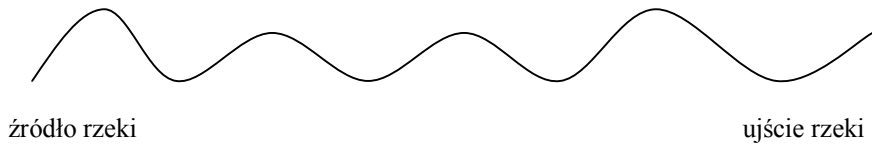
wymusza rosnącą – wraz z biegiem rzeki – wartość powierzchni przekroju jej koryta.

W tym kontekście i z uwzględnieniem warunku (2) można stwierdzić, że w sposób naturalny z biegiem rzeki rośnie jej szerokość i głębokość, przy czym przyrost wzrost szerokości jest bardziej intensywny niż przyrost głębokości.

Te znane ale równocześnie formalnie powyżej opisane zjawiska, determinują warunki żeglugi zróżnicowane na długości każdej rzeki swobodnie płynącej. Zróżnicowanie to stało się podstawą do ingerencji człowieka w koryta rzeczne celem ujednolicenia i ustabilizowania wartości parametrów rzek wpływających na ich transportowe wykorzystanie.

1.2. Rzeki uregulowane

Pierwotna ingerencja człowieka w dzieło natury jakim jest rzeka nosi nazwę regulacji. Podlegają jej rzeki swobodnie płynące, które w sposób ciągły zmieniają swój kształt, koryto, brzegi. Rzeczą naturalną jest fakt, że rzeki te nie tworzą przebiegu prostoliniowego lecz zawsze płyną zakolami (rys. 1.2.)



Rys.1.2. Nie prostoliniowy przebieg rzeki

Źródło: [opracowanie własne]

Taki kształt rzeki jest wynikiem oddziaływania na masę jej wody ruchu wirowego i obrotowego Ziemi.

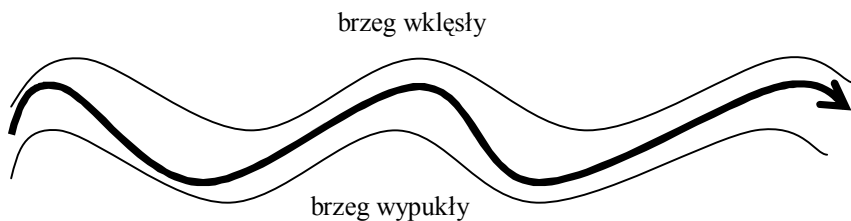
Prostoliniowa odległość od jej źródeł do ujścia jest mniejsza od jej długości mierzonej w środku szerokości koryta. Relacja pomiędzy tymi wielkościami nosi nazwę rozwinięcia rzeki, które zawsze przybiera wartość większą od jedności.

Relację tą ilustruje zapis:

$$\text{rozwinięcie rzeki} = \frac{\text{długość rzeki}}{\text{odległość od źródeł do ujścia}} > 1$$

Rozwinięcie rzeki ma istotny wpływ na wydłużenie potencjalnej wodnej drogi transportowej w stosunku do drogi lądowej przebiegającej po linii prostej lub do niej zbliżonej kształtem.

Rzeka płynąc zakolami swoją energią przepływu ($E = mv^2$) rzeźbi koryto tak, że jedne brzegi są wysokie i nazywane brzegami wklęsłymi a brzegi przeciwległe są płaskie i noszą miano brzegów wypukłych (rys 1.3)

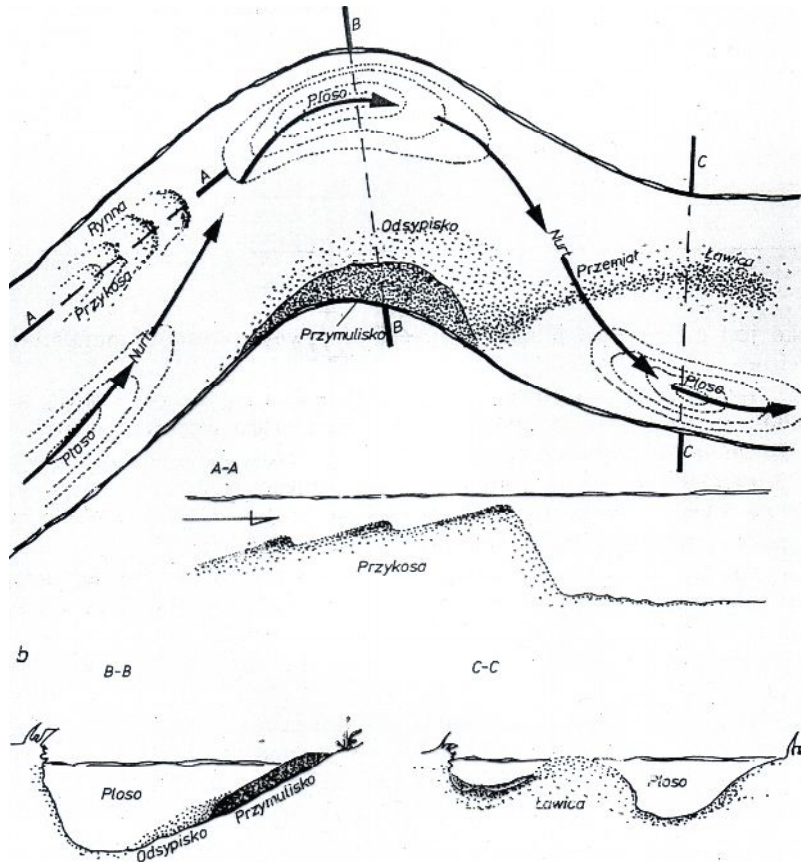


Rys.1.3. Rzeźba brzegów koryta rzeki; nurt rzeki

Źródło : [opracowanie własne]

Na powyższym rysunku zaznaczona została również linia nurtu rzeki tj. pasa wody przebiegającego przez miejsca geometryczne o największej prędkości przepływu. Linia nurtu przebiega zwykle od brzegu wklęsłego do brzegu wklęsłego łącząc miejsca o największej głębokości i stanowi oś potencjalnego szlaku żeglugowego o długości większej od długości rzeki mierzonej w osi jej koryta. Ta sytuacja (w kontekście omawianego wcześniej rozwinięcia rzeki) pogarsza dodatkowo warunki konkurencji transportu śródlądowego w stosunku do transportu lądowego pod względem długości drogi transportowej.

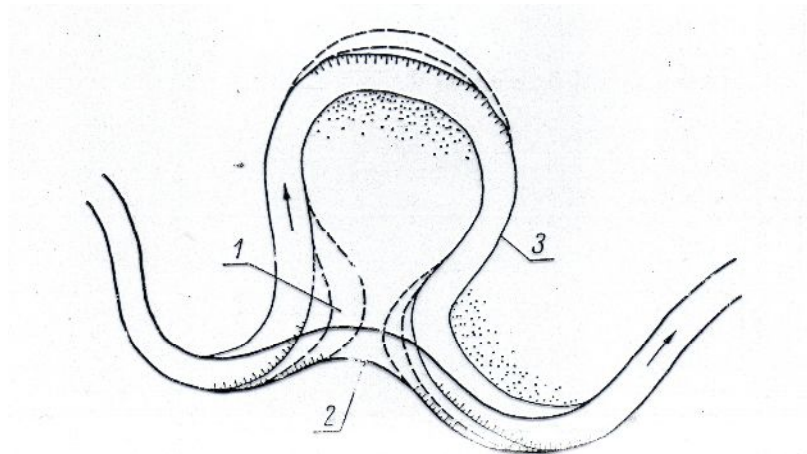
Prędkość przepływu wody w rzece i masa tej wody tworzą warunki energetyczne do przenoszenia materiału dennego tj. ruchu rumowiska. W wyniku „pracy rzeki” na dnie jej koryta powstają formy denne o zróżnicowanych kształtach. Ich identyfikację umożliwia rysunek 1.4.



Rys. 1.4. Formy denne rzeki swobodnie płynącej
Źródło: [19]

Quasi stałymi w zbiorze tych form są głębie (płosa) i ławice. Pozostałe formy denne zmieniają swoje kształty i położenie w sposób ciągły i dynamiczny, utrudniając tym samym warunki nawigacyjne na drodze wodnej.

W sposób ciągły ale mniej dynamiczny zmieniają swoje położenie i kształt brzegi wklęsłe. W wyniku „ich podmywania” przez płynącą wodę zakola przekształcają się w meandry (rys.1.5).



Stadia meandra:

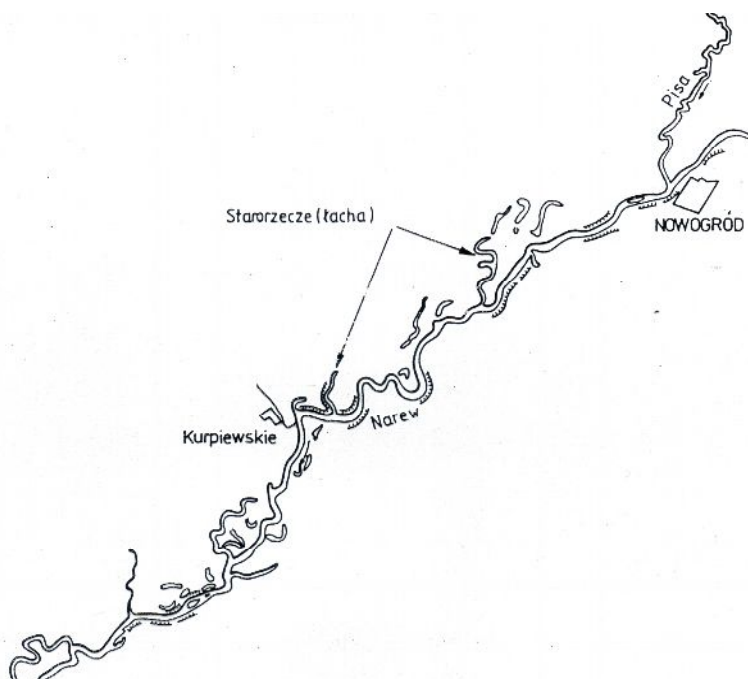
1. Podmywanie brzegu wklęsłego
2. Likwidacja meandra
3. Starorzecze

Rys.1.5. Meander rzeki swobodnie płynącej. Stadia meandra.

Źródło: [19]

Proces likwidacji meandra następuje zazwyczaj w czasie wysokiej wody i zwiększonego natężenia przepływu. W jego wyniku tworzy się tzw. starorzecze, stanowiące fragment poprzedniego koryta rzeki. W obrazie starorzeczy zapisana jest historia rzeki, która w okresie swojego trwania wielokrotnie tworzyła meandry i odcinała je z czasem od głównego koryta.

Taki obraz przedstawia rysunek 1.6, na którym widnieje rzeka Narew oraz materialne ślady jej przeszłości.



Rys. 1.6. Meandry i starorzecza Narwi
Źródło: [20]

W przeszłości półwyspy lub wyspy tworzone przez meandry były wykorzystywane do lokalizacji warowni, dla których otaczająca je woda tworzyła naturalne fosy. Do dzisiaj w obszarach o nazwie własnej „Ostrów” (tw języku starsłowiańskim oznaczającym - wyspę) np. Ostrów Tumski, na których położone są Stare Miasta, odnaleźć można historię związku rzeki z ludźmi zamieszkującymi jej pobraża.

Łączność tych śródlądowych wysp z lądem stałym zapewniały najczęściej zwodzone mosty lub brody. Brody wiodły poprzez miejscowe wypłyenia rzek zwane przemiałami (patrz rys. 1.4). Dzisiaj stanowią one istotną przeszkodę dla żeglugi śródlądowej zmniejszając głębokość szlaku żeglownego. Przeszkodę w uprawianiu żeglugi stanowią również meandry o małych promieniach łuku lub skomplikowanych kształtach.

Współczesnym potwierdzeniem takiego stanu jest meander znajdujący się na Odrze Dolnej w pobliżu miejscowości Urad. (rys. 1.7).



Rys. 1.7. Meander Odry. Zdjęcie lotnicze

Źródło:[rzgw. szczecin]

Wydłuża on w sposób znaczący drogę ruchu statku śródlądowego, wymuszając jednocześnie na sterniku bardzo uważne manewrowanie kierunkiem ruchu , ze względu na złożony kształt tego odcinka drogi wodnej.

Ograniczenie sytuacji, w których rzeka swobodnie płynąca tworzy istotne przeszkody nawigacyjne, wymaga ingerencji człowieka w jej naturę poprzez działania regulacyjne zmierzające do tworzenia nowych tras (przebiegów) szlaków żeglownych zwanych trasami regulacyjnymi. Celami regulacji są:

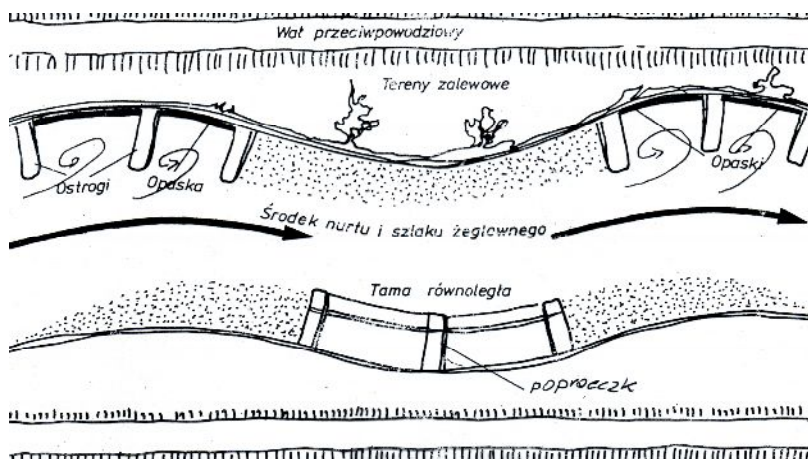
- zmniejszenie różnicy głębokości rzek w różnych przekrojach ich biegów,
- koncentracja przepływów w korycie rzeki,
- zapewnienie swobodnego przemieszczania rumowiska dennego,
- stabilizacja koryta rzeki tj. jej brzegów i dna,

Celem nadrzędnym regulacji jest osiągnięcie głębokości o wartości uznawanej za żeglowną to jest o wartości tzw. głębokości tranzytowej oraz regularne (płynne) ukształtowanie szlaku żeglownego.

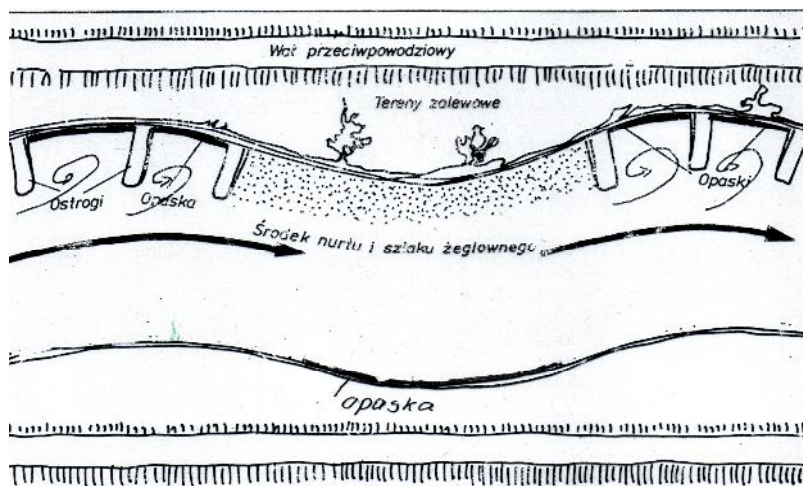
Cele te można uzyskać poprzez wprowadzenie do koryta rzeki budowli regulacyjnych. Zasady ich projektowania zostały wstępnie określone na początku XIX wieku. Ogólne ich brzmienie – uzupełnione późniejszymi doświadczeniami – jest następujące [5]:

1. Nowa trasa regulacyjna powinna, pokrywać się z trasą naturalną; skracanie trasy jest niepożądane.
2. Trasa powinna być krzywoliniowa bez odcinków prostych i długich łagodnych krzywizn.
3. Długość meandrów powinna być adekwatna do ich długości w korycie naturalnym tj. przed regulacją.
4. Położenie i kształt trasy należy dostosować do istniejących i projektowanych budowli stałych.
5. Przebieg tras powinien uwzględniać zmiany stanów wody od NWŻ poprzez SWŻ do WWŻ.

Elementami zabudowy regulacyjnej są : ostrogi, opaski i tamy podłużne. Ich usytuowanie w korycie rzeki ilustrują rysunki: 1.8.1 i 1.8.2.



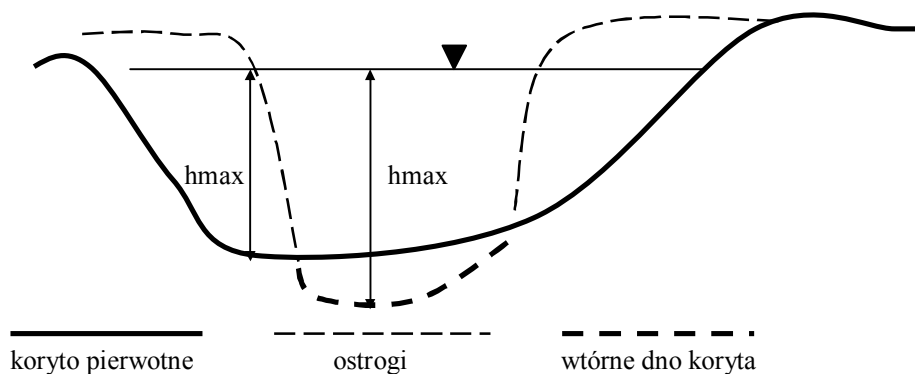
Rys.1.8.1. Elementy zabudowy regulacyjnej; ostrogi i tamy podłużne
Źródło: [19]



Rys. 1.8.2. Elementy zabudowy regulacyjnej; ostrogi i opaski

Źródło: [19]

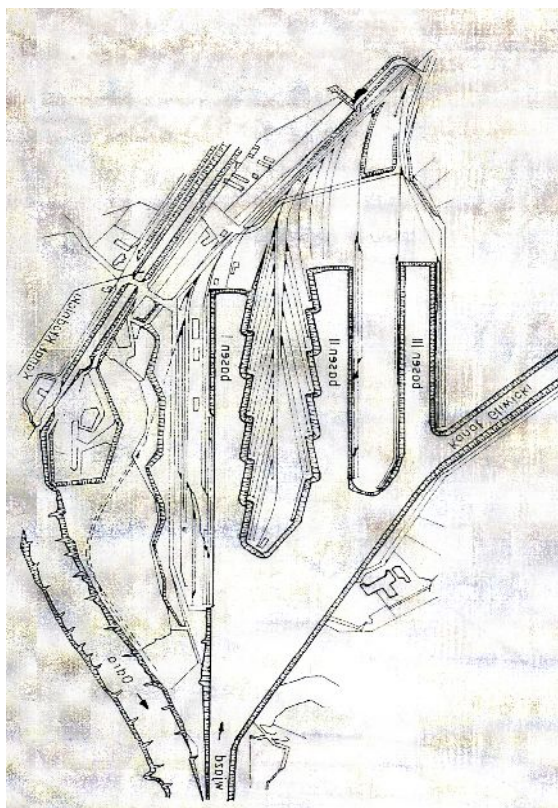
W obydwóch przykładach podstawowymi elementami regulacyjnymi są ostrogi. Ich zadanie polega na przewężeniu koryta rzeki co skutkuje zmniejszeniem powierzchni jego przekroju. Ze względu na zasadę opisaną wzorem 3, w miejscu przewężenia następuje wzrost prędkości przepływu wody a w rezultacie wzrost energii przepływającej wody ($E=mv^2$) i jej zdolności do wykonywania pracy. Praca ta polega na przemieszczaniu materiału, z którego zbudowane jest koryto rzeki. W jej wyniku powstaje zmodyfikowane koryto rzeki w przewężonym przekroju, przyjmujące nowy kształt o większej głębokości maksymalnej i nowym jej położeniu, w którym woda płynie ze zbliżoną do poprzedniej (sprzed regulacji) prędkością. Istotę pracy rzeki ilustruje rysunek 1.9.



Rys. 1.9. Praca rzeki w przewężonym przekroju jej koryta

Źródło: [opracowanie własne]

Ciągła zabudowa regulacyjna daje w efekcie nowy szlak żeglugowy (nową trasę regulacyjną) o większej głębokości i mniej krętej linii nurtu, skracając tym samym potencjalną drogę ruchu statku. Przykład ciągłej zabudowy regulacyjnej przeprowadzonej w warunkach rzeczywistych pokazany jest na rysunku 1.10.

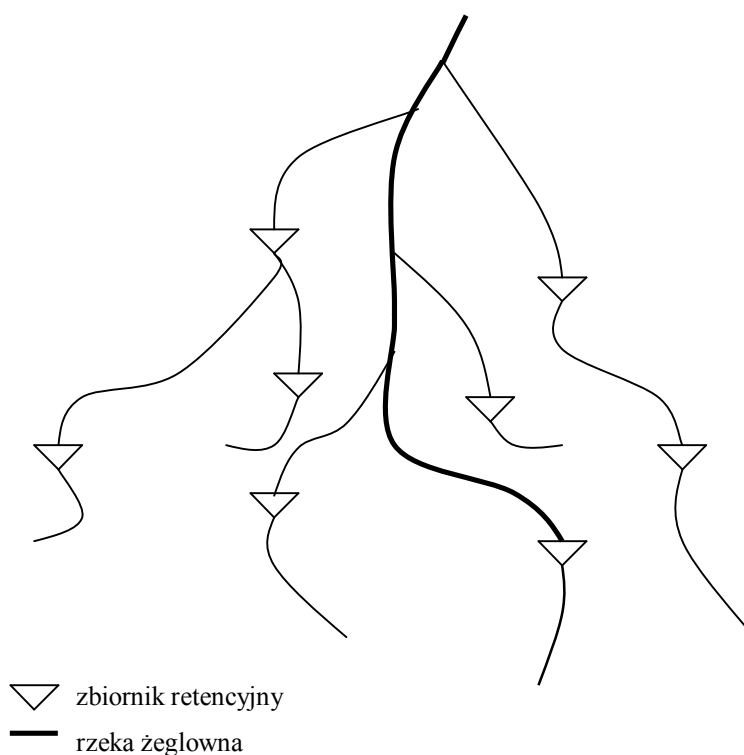


Rys. 1.10. Zabudowa regulacyjna rzeki Odry w pobliżu portu Koźle
Źródło: [9]

Regulacja rzek daje najlepsze wyniki na ich dolnych i środkowych odcinkach charakteryzujących się małym spadkiem i małą prędkością przepływu wody i wykazujących tendencje do wypłykania (podnoszenia się dna). Na odcinkach górnych, gdzie rzeki mają większe prędkości przepływu i tym samym dysponują większą energią, regulacja mogłaby spowodować zbyt duże obniżanie się dna i koncentrację koryta. Stąd w górnych biegach z reguły regulacja nie jest wskazana. Natomiast istotną poprawę żeglowności tych odcinków rzek, można uzyskać poprzez ich kanalizację.

1.3. Rzeki skanalizowane

Regulacja rzek poprawia ich walory nawigacyjne poprzez zwiększanie głębokości, zwiększanie promieni łuków zakrętów ale nie pozbawia rzek ich naturalnego charakteru. Przejawia się on reakcją na zmiany ilościowe opadów skutkujące znacznymi różnicami głębokości czy ograniczonym generowaniem form dennych np. przemiałów. Tym zjawiskom można przeciwdziałać przez doraźne usuwanie przemiałów pogłębianiem rzeki co nie zmienia jej natury, która będzie dążyła do odtworzenia tych form. Zmienność głębokości może być kompensowana zawartością zbiorników retencyjnych (budowanych z reguły na dopływach rzeki żeglownej i jej odcinku spławnym), napelnianych w czasie wysokiej wody i sukcesywnie opróżnianych w czasie jej niskich stanów.

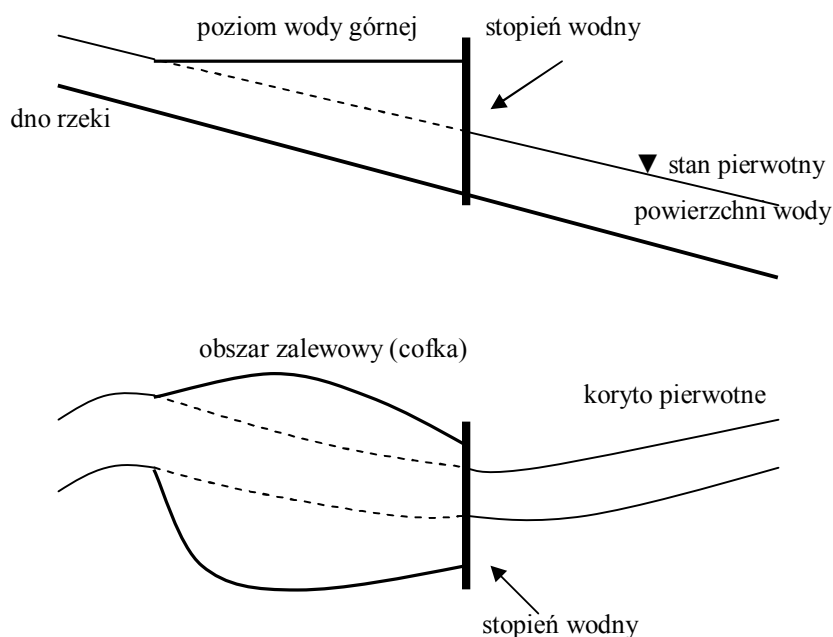


Rys.1.11. Usytuowanie zbiorników retencyjnych w dorzeczu rzeki żeglownej
Źródło: [opracowanie własne]

Działania takie mogą tylko krótkookresowo poprawić sytuację żeglugową. Zadowalającą stabilizację warunków żeglugowych można uzyskać poprzez kanalizację rzek.

Kanalizacja jest rozumiana jako działanie przekształcające rzekę w drogę wodną o wymaganej - w aspekcie efektywności ekonomicznej żeglugi – głębokości tranzytowej, zmniejszania spadku wody a tym samym jej prędkości (co szczególnie jest ważne przy ruchu statku w górę rzeki) oraz poprawy jej parametrów poziomych tj. szerokości szlaku żeglownego i jego łuków zakrętów.

Podstawą kanalizacji są budowle piętrzące sytuowane w poprzek rzeki zwane stopniami wodnymi. Konsekwencją ich istnienia jest podniesienie poziomu wody przed stopniem (tzw. wody górnej) skutkujące wystąpieniem wody z dotychczasowego koryta i powstaniem rozlewiska zwanego cofką. Ideę stopnia wodnego ilustruje rysunek 1.12.



Rys.1.12. Idea stopnia wodnego

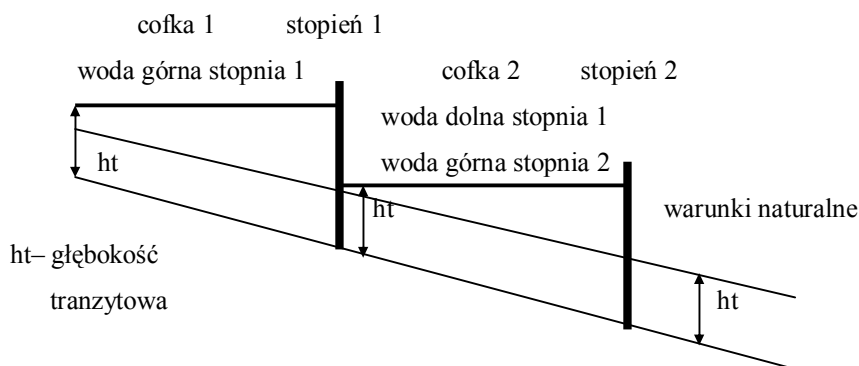
Źródło: [opracowanie własne]

Stopnie wodne mogą mieć charakter energetyczny, żeglugowy lub żeglugowo - energetyczny. Pierwsze z nich budowane są celem uzyskania energii elektrycznej z energii spadku spiętrzonej wody (tzw. zapory wodne); pozostałe są wznoszone dla poprawy żeglowności na drogach wodnych.

By zapewnić ciągłość żeglugową na rzece, stopnie wodne powinny tworzyć kaskadę zaczynającą się w odcinku rzeki uznanym za żeglowny aż do osiągnięcia

przez rzekę pożądaných i stabilnych parametrów, uzyskiwanych przez nią w warunkach naturalnych lub przez jej regulację.

W projektowaniu kaskady kanalizacyjnej brane są pod uwagę dwa nierozdzielnie związane ze sobą warunki: rozmieszczenie stopni i wysokość piętrzenia wody. Mała gęstość stopni z reguły wywołuje potrzebę znaczącej ich wysokości; duża gęstość – ogranicza ich liczbę a także wysokości piętrzenia i powierzchnie poszczególnych obszarów zalewowych. Ich sumaryczna powierzchnia może być mniejsza od tej, która wystąpi przy małej gęstości zabudowy kanalizacyjnej. Jednak zarówno w jednym jak i w drugim przypadku wysokość stopni będzie determinowana wartością oczekiwanej głębokości tranzytowej. Zależności te zostały pokazane na rysunku 1.13.



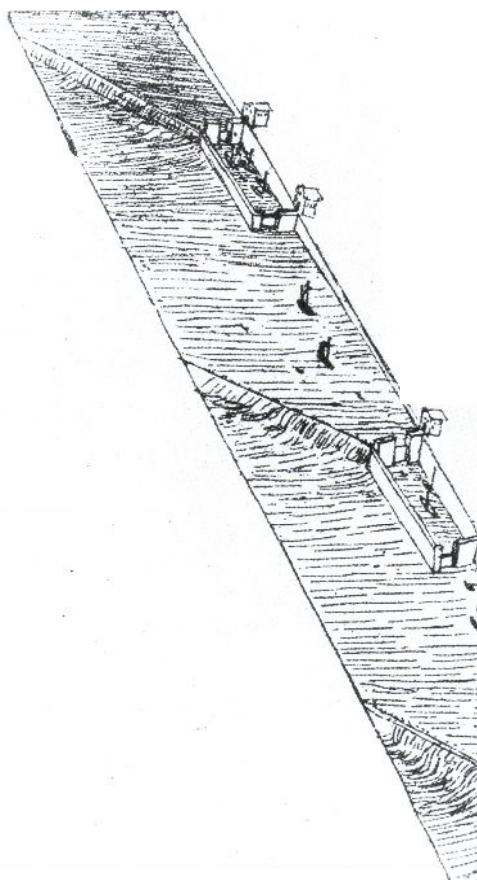
Rys. 1.13. Kaskada kanalizacyjna
Źródło: [opracowanie własne]

Różnicę pomiędzy wodą górną stopnia i jego wodą dolną określa się mianem spadku.

Według literatury odnoszącej się do problematyki budownictwa wodnego [15], nie każda rzeka nadaje się do kanalizacji. Ze względu na małą długość oddziaływania (długość obszarów zalewowych) poszczególnych stopni wodnych, nie powinno się kanalizować rzek o spadku większym od 1 ‰. Rzeki o dużych spadkach należy kanalizować tylko wówczas, gdy kanalizacja będzie tańsza od budowy równoległej sztucznej drogi wodnej. Czynnikiem ten jest istotny również ze względu na to, że duży spadek preferuje budowę stopni żeglugowo – energetycznych.

Kanalizacja rzek i budowa stopni żeglugowych nie jest pomysłem „świeżej daty”. Ideą kanalizacji zajmował się m.in. Leonardo da Vinci w już w XV wieku.

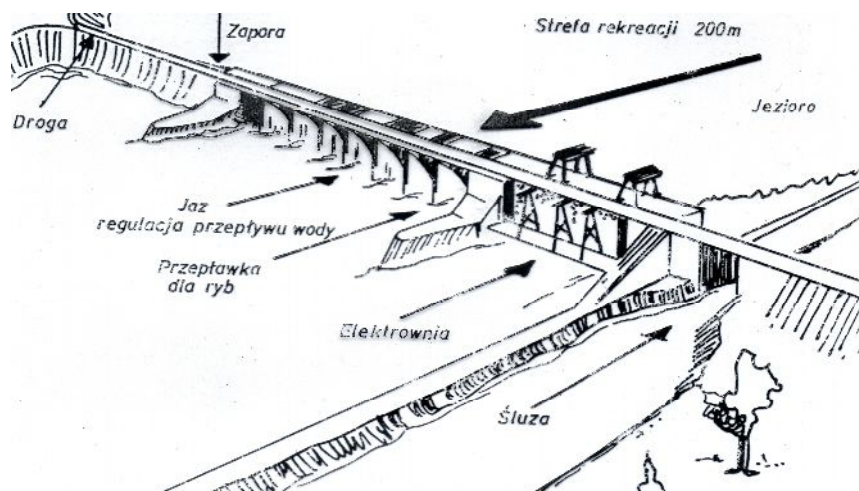
Jego szkice zachowane do dzisiaj nie odbiegają znacząco od współczesnych koncepcji kanalizacji dróg wodnych.



Rys 1.15. Kanalizacja rzek według Leonardo da Vinci
Źródło: [4]

Stopnie wodne figurujące na zaprezentowanym szkicu tworzą kaskadę kanalizacyjną. Ich konfiguracja obejmuje tylko dwa obiekty: tamę piętrzącą wodę i służę komorową.

Współczesne stopnie wodne są bardziej złożone. W ich skład wchodzi tamy (zapory), śluzy lub inne urządzenia o podobnej funkcji, jazy a także elektrownie wodne występujące w stopniach żeglugowo – energetycznych. Schemat pełnego (żeglugowo - energetycznego) stopnia wodnego prezentuje rysunek 1.15.



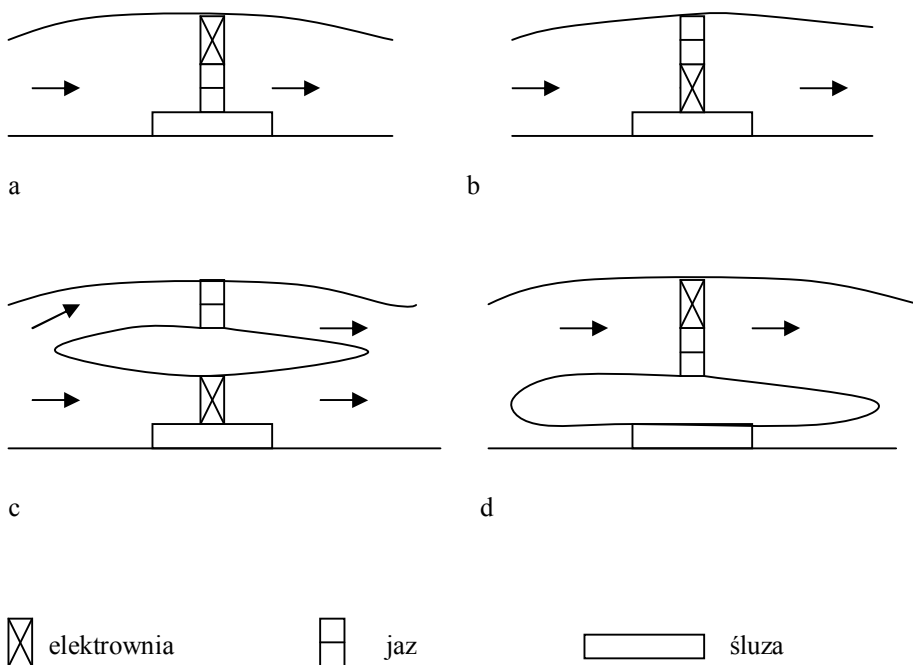
Rys. 1.15. Schemat żeglugowo – energetycznego stopnia wodnego
Źródło: [19]

Na powyższym schemacie , poza tamą, elektrownią, jazem i śluzą widnieje przeławka dla ryb, umożliwiająca ich migrację w górę rzeki pomimo jej przegrodzenia. Rzeczywisty obiekt o pełnym zbiorze wcześniej wymienionych elementów pokazuje fotografia na rysunku 1.16.



Rys. 1.16. Stopień wodny na Wiśle we Wrocławiu
Źródło:[www.moje-miasto-barkarz.pl]

Konfiguracje elementów stopnia żeglugowo – energetycznego mogą być zróżnicowane zależne m.in. od ukształtowania drogi wodnej.



Rys. 1.16. Konfiguracje stopni żeglugowo – energetycznych

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [5]]

Przykłady a i b pokazują ciągłe układy liniowe elementów stopnia wodnego; przykłady c i d – nieciągłe sposoby rozmieszczenia elementów stopnia w przypadku istnienia wyspy w korycie rzeki. Warto zwrócić uwagę na rozwiązanie d, w którym śluza umieszczona została w tzw. kanale śluzowym. Taka sytuacja zmniejsza dynamiczny napór wody na konstrukcję śluzy. Główny impet wody skierowany jest na główne koryto rzeki.

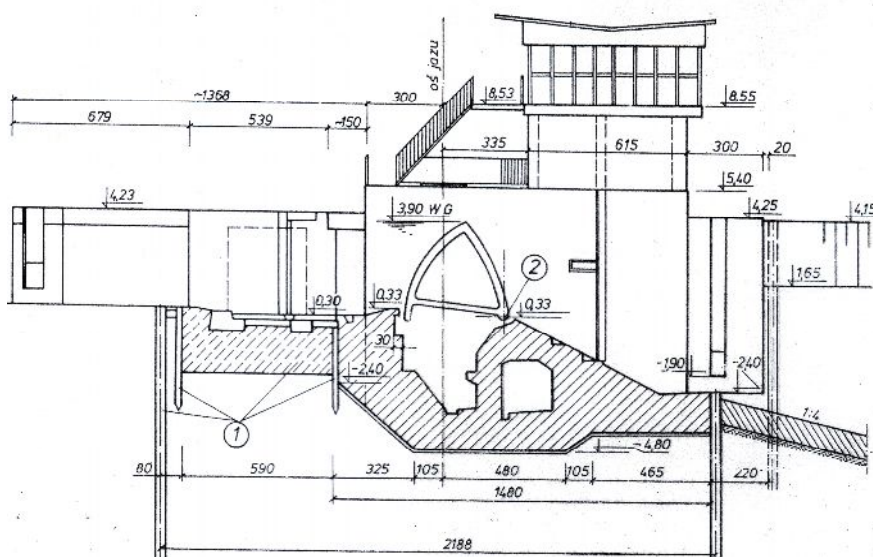
Dla celów żeglugowych niezbędnymi budowlami stopnia wodnego są jazy i śluzy. Jazy – służą do piętrzenia wody i umożliwiają regulację jej stanu i głębokości tranzytowej; śluzy są urządzeniami służącymi do pokonania różnicy poziomów (spadu) pomiędzy wodą górną i dolną przez statki przemieszczające się w obu kierunkach drogi wodnej.

2. SZTUCZNE OBIEKTY INFRASTRUKTURY LINIOWEJ

2.1. Budowle hydrotechniczne

2.1.1. Jazy

Jaz jest podstawową budowlą wytrzymałościową stopnia wodnego. Przegradzając swoją długością niemal całe koryto rzeki przejmuje jej dynamiczne obciążenie. Jednocześnie ze względu na swoją regulacyjną funkcję poziomu wody górnej, musi dysponować elementami ruchomymi (zamknięciami jazu), które w sposób szczególnie zwielokrotniają wymagania wytrzymałościowe jego konstrukcji. O monumentalności tej budowli świadczy przekrój poprzeczny jazu przedstawiony na rysunku 2.1.



- 1 – palowanie fundamentu jazu
2 – oś obrotu zamknięcia segmentowego (sektorowego)

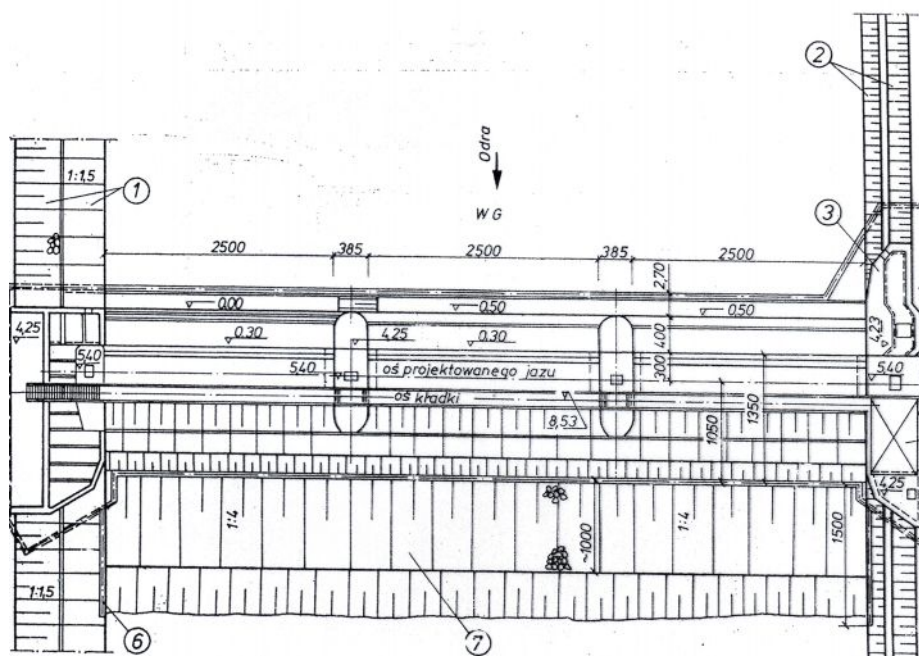
Rys. 2.1. Przekrój poprzeczny konstrukcji jazu z zamknięciem segmentowym (projekt)
Źródło: [19]

Oryginalne wymiary tej konstrukcji wyrażone są w centymetrach. Stąd szokująca może być 22 metrowa szerokość fundamentu jazu, który przegradza rzeki o szerokości sięgającej nierzadko kilkuset metrów. W fundamencie jazu znajduje się nisza przeznaczona do „schowania” zamknięcia segmentowego. Taka pozycja tego elementu konstrukcyjnego powoduje całkowite otwarcie jazu i swobodny przepływ wody. Sytuacja powyższa może wystąpić w przypadku przyspieszania spływu wody

powodziowej lub kry lodowej. Obrót zamknięcia segmentowego ku górze, powoduje wzrost spadów i poziomu wody górnej a tym samym głębokości tranzytowej przed stopniem wodnym. Regulacja wysokości spadów stopnia wodnego wpływa również na poziom wody dolnej i również na jej głębokość tranzytową.

Regulacja spadów może być także realizowana z pomocą innych - niż segmentowe - zamknięć. Najczęściej są to pionowe zamknięcia przesuwne. Całkowite otwarcie takiego jazu następuje wtedy, gdy dolna krawędź zamknięcia znajdzie się ponad poziomem wody. Położenia pośrednie zamknięcia (gdy dolna jego krawędź znajduje się w toni wodnej) umożliwia regulację spadów na stopniu wodnym. Woda w tym przypadku przemieszcza się pod dolną krawędzią zamknięcia.

W obydwu przytoczonych sposobach regulacji spadów na stopniach wodnych z zastosowaniem różnych zamknięć, ze względów wytrzymałościowych wzdłużne konstrukcje jazów dzielone są na części podobne przęsłom mostu. Występujące w tym podziale filary umożliwiają np. wsparcie na nich mechanizmów przemieszczających zamknięcia przesuwne co ma miejsce w tak zwanych jazach mostowych. Przykład projektu takiego rozwiązania przedstawia rysunek 2.2.



Rys. 2.2. Przekrój wzdłużny jazu mostowego z widocznymi filarami (projekt)
Źródło: [19]

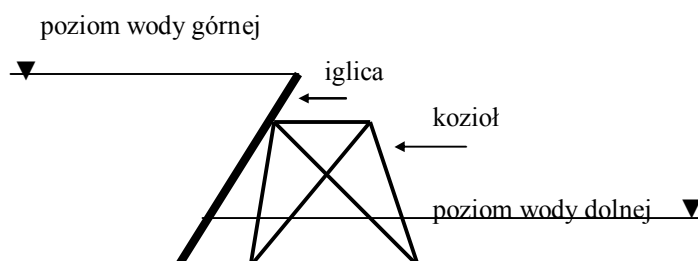
Rzeczywistą konstrukcję współczesnego jazu pokazuje rysunek 2.3.



Rys. 2.3. Odra Wrocławska; jaz z zamknięciem segmentowym w Opatowicach

Źródło: [<http://speedway?.wrzutka.pl>]

Współczesność widoczna na powyższym zdjęciu - różni się znacząco co do szczegółowych rozwiązań - od idei Leonarda da Vinci; nie różni się natomiast spełnianą funkcją. Funkcje piętrzące były spełniane przez bardzo proste konstrukcje przez wiele lat, począwszy od XVI wieku, aż – sporadycznie – po dzień dzisiejszy. Do niewielkich piętrzeń, mających wpływ na uprawianie żeglugi śródlądowej stosowane były jazy iglicowe. Schemat takiego jazu pokazuje rysunek 2.4.



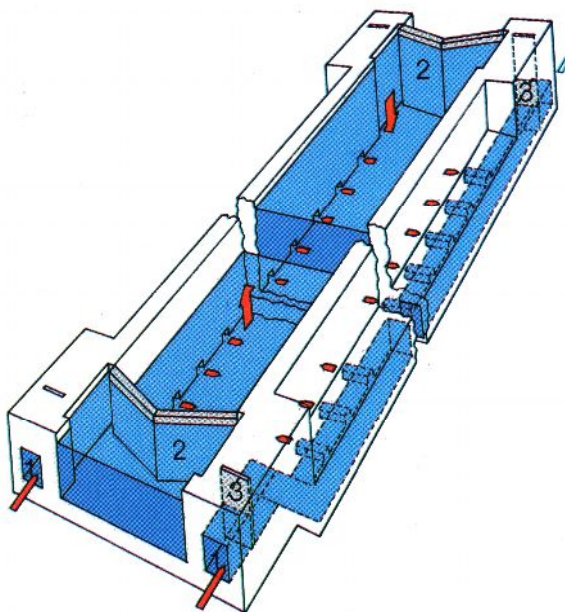
Rys. 2.4. Schemat jazu iglicowego

Źródło: [opracowanie własne]

Iglice, którymi były belki drewniane a dużo później rury stalowe wspierane były na konstrukcjach zwanych kozłami usytuowanymi w sposób ciągły w poprzek rzeki. Różnicowanie spadów następowało w wyniku usuwania belek przez co jaz tracił swoją ciągłość jako przegroda, umożliwiając tym samym zwiększony przepływ wody

2.1.2. Śluzy

W stopniach wodnych usytuowane są obiekty umożliwiające przemieszczanie się statku w każdym kierunku obowiązującym na drodze wodnej. Najczęściej funkcję tą spełniają śluzy komorowe. Konstrukcja śluzy komorowej składa się z podstawowych elementów takich jak. dno, ściany oraz zamknięcie. Elementy te tworzą nieckę (komorę) o kształcie prostopadłościanu (rys. 2.5.).

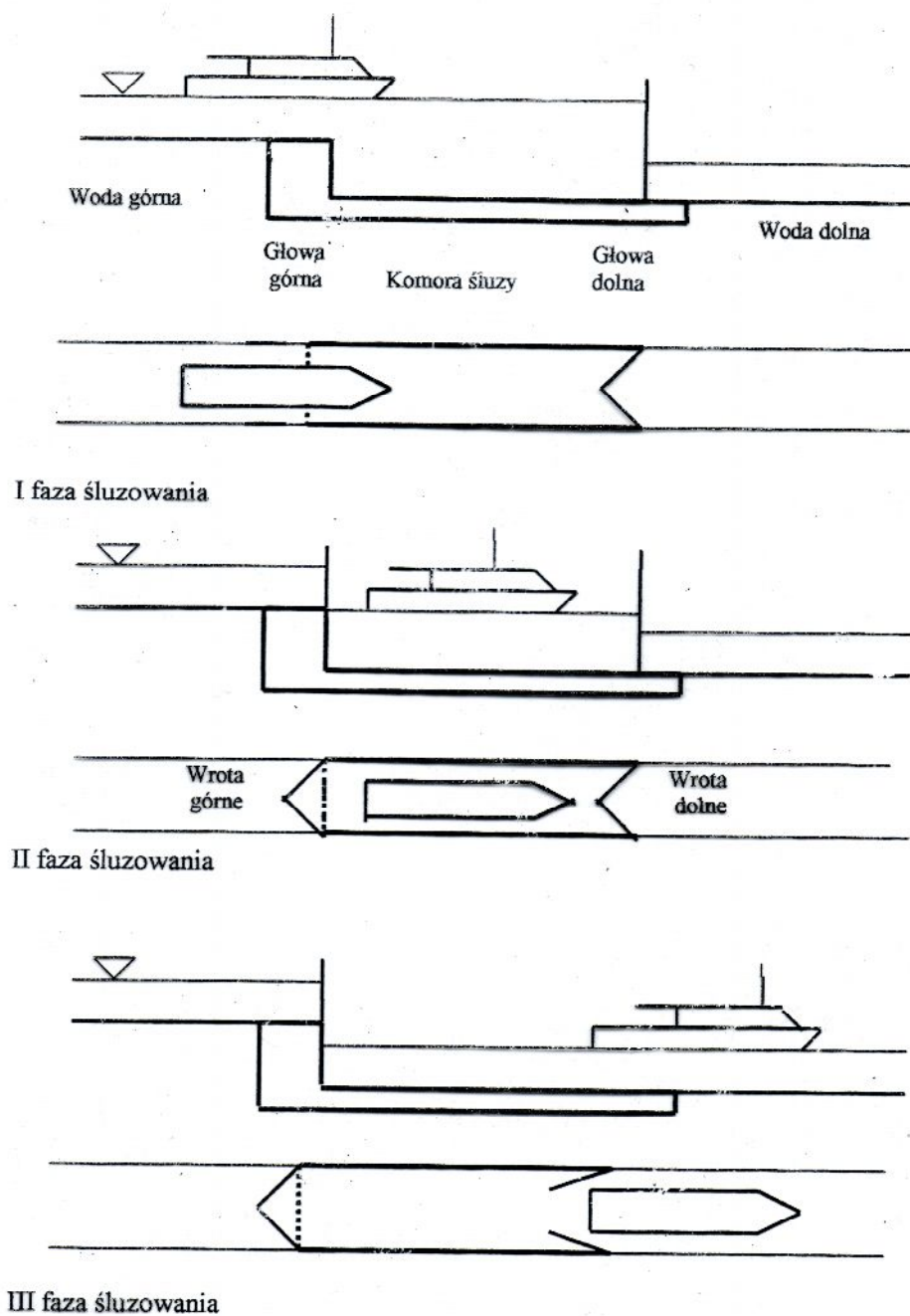


Rys. 2.5 Konfiguracja śluzy komorowej
Źródło: [4]

Na powyższym rysunku, poza dnem i ścianami komory widnieją zawory (1) w tym zawór górny i zawór dolny, górne i dolne wrota śluzy (2), oraz kanały obiegowe (3).

Zadaniem kanałów obiegowych jest umożliwienie wpływu wody do przestrzeni komory po otwarciu zaworu górnego i jej wypływu z tej przestrzeni po otwarciu zaworu dolnego. Pojęcia „górny” i „dolny” związane są z położeniem elementów w stosunku do poziomów wody po dwóch stronach stopnia wodnego tj. wody górnej i dolnej. Operacje otwierania i zamykania zaworów są skorelowane z otwieraniem i zamykaniem wrót komory. Konfiguracja wrót po ich zamknięciu - przyjmująca kształt litery „V” - podyktowana jest możliwością doszczelniania tych zamknięć z wykorzystaniem naporu wody.

Cykl śluzowania statku ilustruje rysunek 2.6.

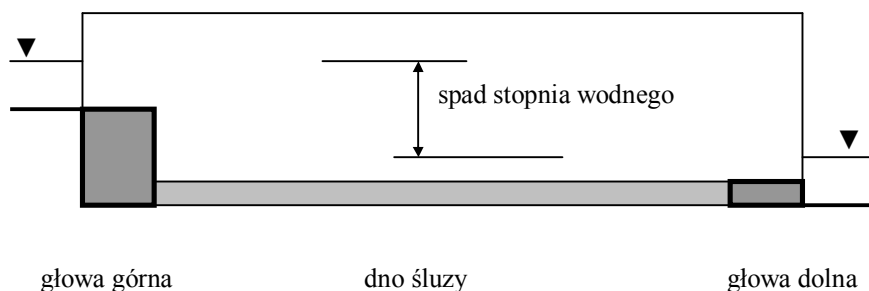


Rys. 2.6. Fazy cyklu śluzowania statku
Źródło: [opracowanie własne na podstawie [16]]

Czynności wykonywane w cyklu obejmują:

- fazę I, w której po otwarciu odpowiedniego zaworu zostaje grawitacyjnie wyrównany poziom wody w komorze z poziomem wody zewnętrznej (górnej lub dolnej), a w dalszej kolejności otwarcie wrót i wpłynięcie statku do przestrzeni śluzy;
- fazę II, w której po otwarciu odpowiedniego zaworu następuje grawitacyjne wyrównanie poziomu wody w komorze z poziomem wody dolnej lub górnej i tym samym przemieszczenie statku w kierunku pionowym;
- fazę III, w której po otwarciu wrót statek przepływa na drugą stronę stopnia wodnego.

Charakterystyczne cechy konstrukcji śluzy komorowej są zauważalne na jej przekroju pionowym na rysunku 2.7.

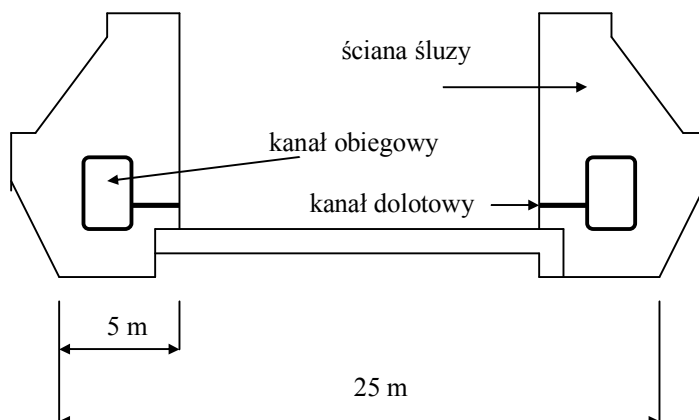


Rys. 2.7. Przekrój wzdłużny śluzy komorowej

Źródło: [opracowanie własne]

Bardzo widocznymi elementami w przekroju pionowym są - wieńczące dno komory- tzw. głowa górna i głowa dolna. Głowa górna jest bardziej masywna, ponieważ jej wysokość musi być adekwatna do spadku stopnia wodnego. W obydwu głowach usytuowane są zawory i wloty kanałów obiegowych. Ich przeznaczeniem jest napełnianie wodą i opróżnianie z niej przestrzeni komory niezbędne w cyklu śluzowania. By proces ten przyspieszyć, kanały obiegowe są wielokrotnie połączone z przestrzenią komory kanałami dolotowymi. Umożliwia to równoczesne napełnianie i opróżnianie przestrzeni śluzy na całej jej długości.

Kanały obiegowe i dolotowe widoczne są na rysunku 2.8 przedstawiającym poprzeczny przekrój śluzy.

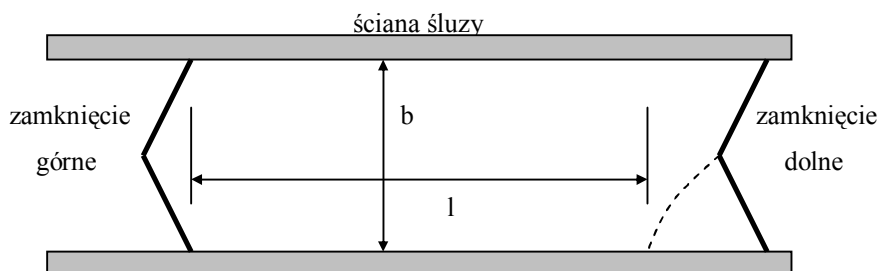


Rys. 2.8. Przekrój poprzeczny śluzy

Źródło: [opracowanie własne]

Na tym rysunku zauważalny jest monumentalizm konstrukcji śluzy a przede wszystkim jej ścian.

Przekrój poziomy śluzy (rys.2.9) uwidacznia ukształtowania zamknięcia i - na ich tle - jej użyteczne wymiary .



b - użyteczna szerokość śluzy

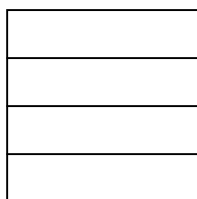
l - użyteczna długość śluzy

Rys. 2.9. Rzut poziomy śluzy

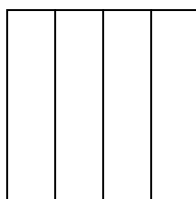
Źródło: [opracowanie własne]

Ze względu na przestrzeń niezbędną w ruchu zamknięć, długość użyteczna komory śluzy jest mniejsza od jej długości całkowitej.

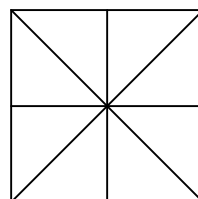
Najczęściej stosowanymi rozwiązaniami zamknięć śluz komorowych są dwuskrzydłowe wrota wsporne o różnym sposobie ich usztywniani tworząc trzy różne typy.



a. typ ryglowy



b. typ słupowy

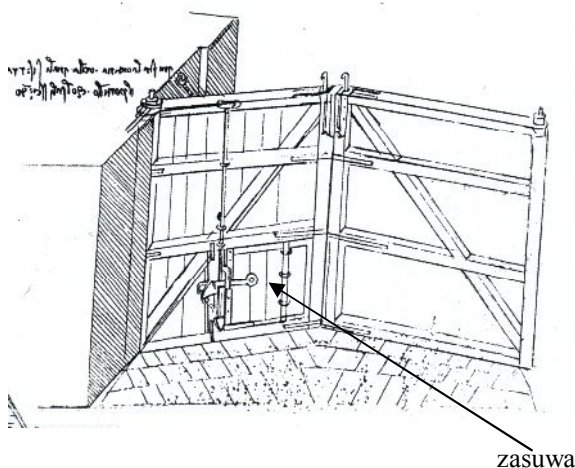


c. typ krzyżowy

Rys. 2.10. Skrzydła wrot wspornych

Źródło: [opracowanie własne]

Na wczesny ślad ich protoplasty wskazują prace Leonarda da Vinci pokazane na rysunku 2.11.



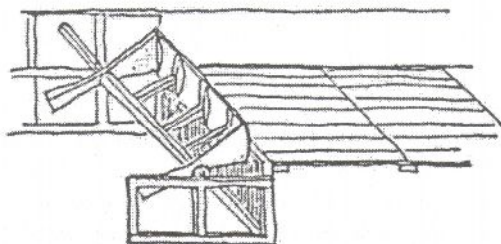
Rys. 2.11. Wrota wsporne wg Leonarda da Vinci

Źródło: [4]

Materialne ślady stosowania wrot wspornych z XIX wieku możemy kontemplować a jednocześnie wykorzystywać do dzisiaj na Kanale Augustowskim. Ich tożsamość z wrotami Leonarda da Vinci wynika m.in. z zastosowania zasuw jako protoplasty późniejszych zaworów, służących do napełniania i opróżniania komory śluzy.

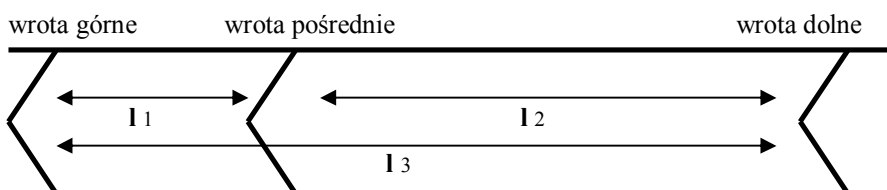
Poza wrotami podpartymi w zamknięciach śluz występują również wrota przesuwne o pionowym i poziomym kierunku ruchu a także wrota obrotowe w tym

segmentowe, których pierwowzór ponownie można znaleźć w pracach Leonardo da Vinci, na co wskazuje szkic na rysunku 2.12.



Rys. 2.12. Zamknięcie segmentowe śluzy komorowej wg Leonarda da Vinci
Źródło: [4]

Z uwagi na zróżnicowane wymiary statków, również wymiary czynnych długości śluz przyjmują różne wartości. Obsługę statków najdłuższych (w tym zestawów pchanych) zapewniają najczęściej tzw. śluzy pociągowe. Ich wymiary są adekwatne do wymiarów tych statków, nie wymuszając rozszczepiania i szepiania zestawów pchanych podczas procesu śluzowania. W przypadkach używania tych śluz do obsługi statków krótszych, tracony jest czas (a także woda) potrzebny do napełnienia i opróżnienia dużo większej śluzy. Stąd często stosowane są rozwiązania, w których wymiar czynnej długości śluzy może przyjmować różne wartości. Przykładem takiej propozycji są śluzy z wrotami pośrednimi (rys. 2.13).



I – użyteczne długości śluz

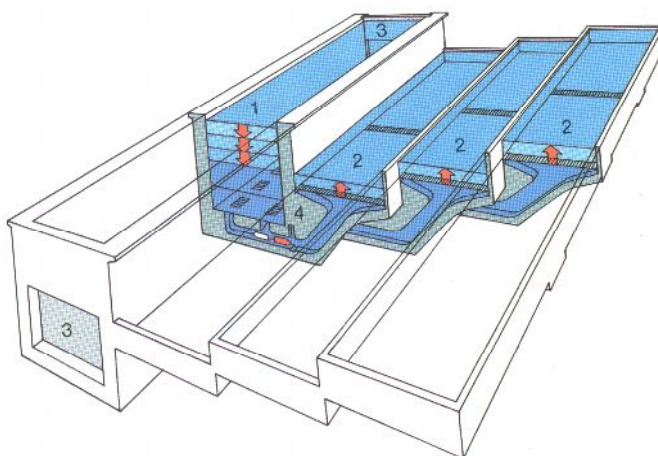
Rys. 2.13. Śluza z wrotami pośrednimi
Źródło: [opracowanie własne]

Przez te śluzy w sposób okołooptymalny mogą przemieszczać się statki o trzech różnych długościach: małej ($\leq I_1$), średniej ($\leq I_2$) i dużej ($\leq I_3$).

W procesie śluzowania przeprowadzanym w śluzie z wrotami pośrednimi, wykorzystywana jest zawsze para wrót; trzecie wrota są w tym czasie otwarte.

Innym, oszczędnościowym rozwiązaniem jest budowa śluz równoległych, których długości są dostosowane do najczęściej występujących wymiarów statków.

W procesie śluzowania oszczędność wody przemieszczającej się z poziomu górnego do dolnego ma znaczenie nie tylko dla długości czasu bieżącego śluzowania ale także dla zagadnienia zaopatrzenia w wodę tzw. śluz szczytowych. Śluzy te często w procesie napełniania komory korzystają ze sztucznych przepływów uzbrojonych w pompy i rurociągi. To rozwiązanie – umożliwiając użytkowanie śluz – podwyższa jednocześnie koszty ich eksploatacji. Stąd pojawiają się rozwiązania oszczędnościowe zwane śluzami akumulacyjnymi.



1. komora śluzy 2. woda zakumulowana 3. zamknięcia śluzy 4. akumulatory

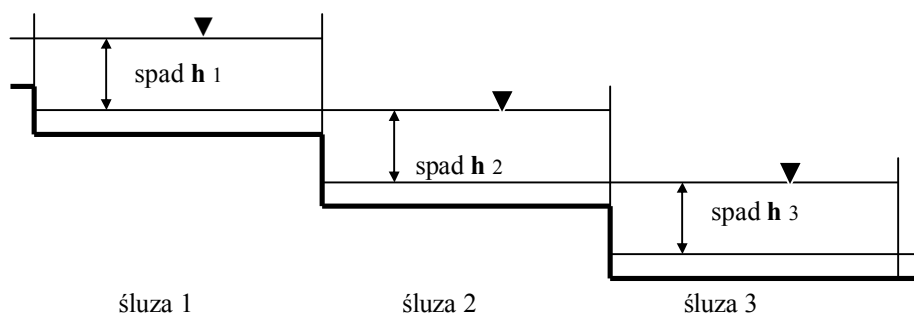
Rys. 2.14. Śluza akumulacyjna

Źródło: [4]

Zasada ich użytkowania polega na przemieszczaniu wody z komory śluzy do zbiorników akumulacyjnych w czasie jej opróżniania; z zakumulowanej wody korzysta się przy napełnianiu komory śluzy. Ze źródeł zewnętrznych uzupełniane są tylko - występujące w tym działaniu. – straty wody.

Stosowane śluzy komorowe umożliwiają przemieszczanie się statków przez stopnie wodne o znaczących wysokościach spadu, dochodzących do 42 metrów (śluga Ust – Kamenogorsk, Federacja Rosyjska). W takich przypadkach przestrzenie ich komór mają bardzo duże objętości, wymagające znaczących ilości wody i długiego czasu ich napełniania oraz długiego czasu opróżniania.

Jednym z rozwiązań technicznych stosowanych w przypadkach pokonywania dużych wysokości spadów przy mniejszym - niż w pojedynczej śluzie – zużyciu wody są tzw. schodki śluzowe.

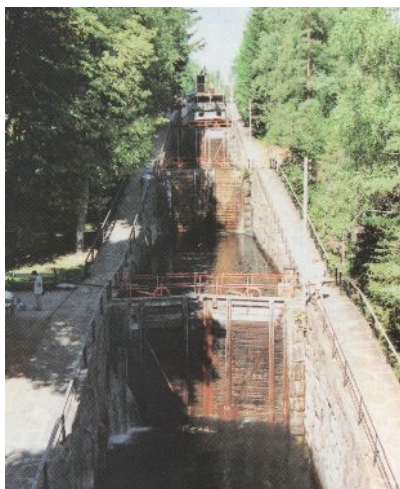


$$\text{Spad stopnia wodnego: } h = h_1 + h_2 + h_3$$

Rys. 2.15. Schodki śluzowe: spad stopnia wodnego

Źródło: [opracowanie własne]

Śluzy te tworzą sekwencję budowli, w której śluza następna napelniana jest wodą wypuszczaną ze śluzy poprzedniej. Suma wysokości ich spadów jest równa wysokości spadów stopnia wodnego. Przykładowe zastosowania takiego rozwiązania ma miejsce na drodze wodnej Skien - Telemark (Skandynawia).



Rys. 2.16. Schodki śluzowe na drodze wodnej Skien - Telemark

Źródło: [4]

W przypadkach dużych spadów są stosowane również inne – z punktu widzenia czasu i wody zużywanych w procesie śluzowania – oszczędnościowe rozwiązania, którymi są nimi podnośnie i pochylnie.

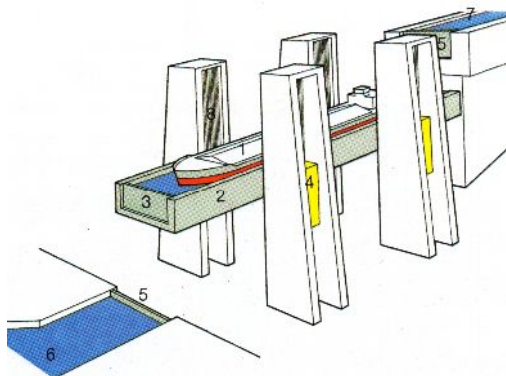
2.1.3. Podnośnie i pochylnie

Podnośnie i pochylnie są urządzeniami służącymi do zmian usytuowania statku na żeglugowym stopniu wodnym z reguły o znaczącej wartości spadku. Spośród zastosowanych podnośni można wyróżnić takie, których wysokość podnoszenia sięga powyżej 70 metrów np. podnośnię Strepy Thieu, wybudowaną w Belgii w roku 1987, która ma wysokość podnoszenia wynoszącą 73,5 metry.

Podstawowymi elementami podnośni i pochylni są ruchome komory, przemieszczane pionowo (podnośnie) lub ukośnie (pochylnie). Jedno z pierwszych w Europie rozwiązań tego typu pojawia się w roku 1934 w postaci podnośni Niederfinow (Niemcy). Została ona usytuowana na dziale wodnym rzek Odry i Łaby a jej wysokość podnoszenia wynosiła (i do dzisiaj wynosi) 36 m.

W podnośniach wykorzystywane są techniki, poprzez które dąży się do minimalizacji ilości energii zużywanej w procesie przemieszczania statków. Dla osiągnięcia tego celu stosuje się zarówno rozwiązania mechaniczne jak i hydrauliczne.

W podnośniach mechanicznych, ruchoma komora przemieszczana jest za pomocą systemu składającego się z cięgien i krążków; elementami równoważącymi jej masę są tzw. przeciwwagi lub druga komora. Przykład rozwiązania z przeciwwagą przedstawia rysunek 2.17.



1. statek 2. komora 3., 5. wrota 4. przeciwwaga 6., 7. stanowiska: dolne i górne

Rys. 2.17. Podnośnia mechaniczna z przeciwwagą

Źródło: [4]

Statek usytuowany w komorze podnośni mechanicznej przemieszczany jest ku górze; ruch przeciwwagi ma kierunek przeciwny. W tym rozwiązaniu energia

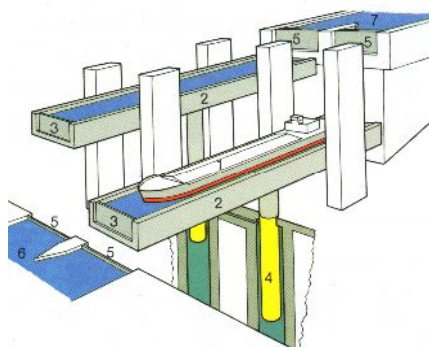
zewnętrzna potrzebna jest przede wszystkim do pokonania oporów tarcia pomiędzy ciągnami i krążkami oraz oporów ruchu obrotowego krążków.

Przykładem podnośni mechanicznej z dwoma komorami jest podnośnia w Peterborough (Kanada), której wybudowanie datowane jest na rok 1904.



Rys. 2.18. Dwukomorowa podnośnia mechaniczna w Peterborough
Źródło: [4]

W technikach hydraulicznych występują dwa typy rozwiązań: tłokowe (nurnikowe) i pływakowe. W rozwiązaniach tłokowych (nurnikowych), celem zrównoważenia układu stosowane są dwie komory posadowione na tłokach umieszczonych w cylindrach.



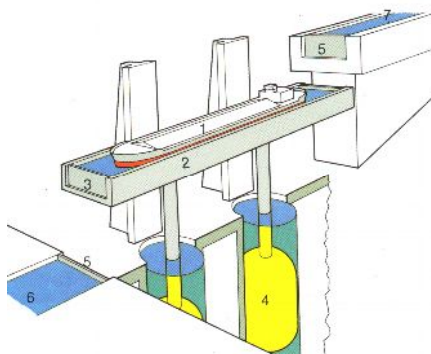
1. statek 2. komora 3., 5. wrota 4. tłoki 5., 6. stanowiska: dolne i górne

Rys. 2.19. Podnośnia hydrauliczna – tłokowa (nurnikowa)
Źródło: [4]

Wraz z ruchem jednej z komór następuje ruch jednego z tłoków i w konsekwencji przepływ cieczy hydraulicznej z jednego cylindra do drugiego. Wymusza to ruch drugiego tłoka a tym samym ruch drugiej komory podnośni. Energia zewnętrzna w tym rozwiązaniu zużywana jest do pokonania oporów tarcia

przepływu cieczy oraz tarcia tłoków w ich dławnicach. Problemem w tym rozwiązaniu może być szczelność dławienia i ewentualne uzupełnianie ubytków cieczy hydraulicznej.

W rozwiązaniach pływakowych, pojedyncza komora opiera się na konstrukcji pływaków zanurzonych w otwartych cylindrach.



1. statek 2. komora 3., 5. wrota 4. pływaki 5., 6. stanowiska: dolne i górne

Rys. 2.20. Podnośnia hydrauliczna – pływakowa

Źródło: [4]

Ruch komory w górę odbywa się na skutek napełniania cylindrów cieczą generującą wyporność pływaków; ruch powrotny następuje na skutek opróżniania cylindrów i ubytku wyporności pływaków. Cieczą roboczą z reguły jest woda, która grawitacyjnie może wypełniać przestrzenie cylindrów; usuwanie wody z tej przestrzeni odbywa się z wykorzystaniem energii zewnętrznej.

Ewenementem w technikach przemieszczania pionowego statków na stopniach wodnych są podnośnie obrotowe. Ze względu na swoją złożoną konstrukcję można mówić o ich ograniczonym zastosowaniu. Jedyne przykłady ich funkcjonowania ilustruje rysunek 2.21.



Rys. 2.21. Podnośnia obrotowa

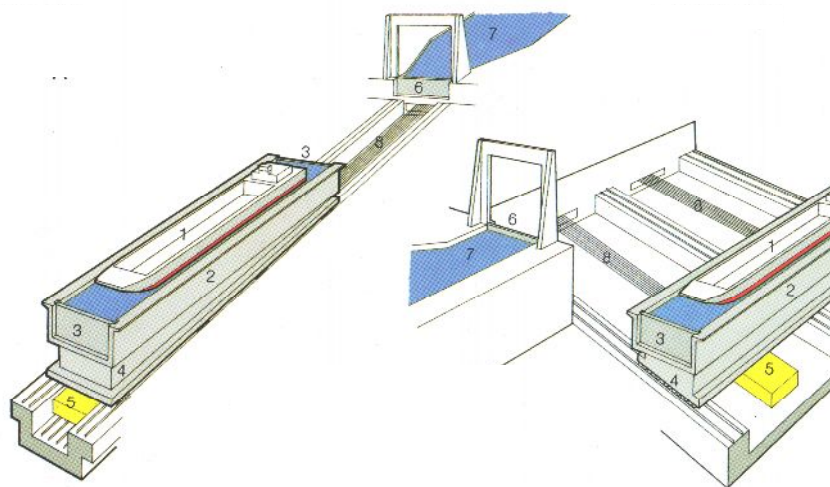
Źródło: [www.wikipedia]

Ta widoczna na rysunku podnośnia służy do przemieszczania śródlądowych statków pasażerskich na stopniu wodnym kanału Falkirk Wheel w Szkocji. Zrównoważony układ przemieszczanych mas wymaga niewielkiej ilości energii zewnętrznej niezbędnej dla pokonania oporów ruchu obrotowego jej konstrukcji.

Odmiennymi od podnośni urządzeniami umożliwiającymi przemieszczanie statku na stopniu wodnym są pochylnie.

Ich charakterystyczną cechą jest to, że ruchoma komora w której usytuowany jest statek, pokonuje różnicę poziomów przemieszczając się po równi pochyłej. Stosowane techniki przemieszczania z reguły posługują się urządzeniami mechanicznymi, których podstawowymi elementami są tory jezdne (posadowione na pochylni) oraz wózki torowe, na których usytuowana jest komora. Ruch wózków generowany jest przez system ciągów i wciągarek bębnowych.

W zależności od usytuowania komory w stosunku do kierunku ruchu, pochylnie przyjmują układy poprzeczne lub wzdłużne.



Układ wzdłużny

Układ poprzeczny

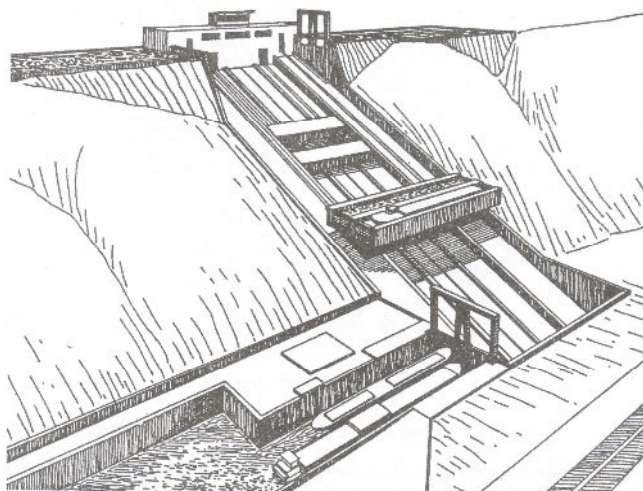
1. statek 2. komora 3. zamknięcia komory 4. klin poziomujący 5. wózki i tory
6. wrota stanowiska górnego 7. awanport stanowiska górnego

Rys. 2.22. Wzdłużne i poprzeczne układy pochylni

Źródło: [4]

W układzie poprzecznym komora posadowiona jest na klinie poziomującym i kilku wózkach (o długościach adekwatnych do szerokości komory) i kilku torach. Rozwiązania napędowe w tych pochylniach wymagają użycia energii zewnętrznej do dokonania procesu przemieszczania statku przede wszystkim w górę (ciągnięcie) jak również w dół (hamowanie).

Celem zwiększenia wydajności (przepustowości) stosowane są w nich również komory podwójne (rys. 2.23).



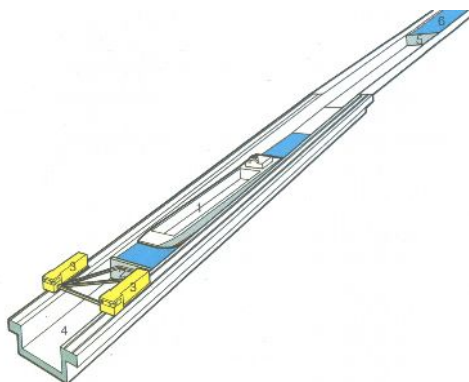
Rys. 2.23. Pochylnia poprzeczna z podwójną komorą

Źródło: [5]

Pochylnie wzdłużne są uzbrojone w jedną parę torów i wózek 9wraz z klinem poziomującym) o długości odpowiadającej konstrukcji komory. Ich konfiguracja może obejmować jedną lub dwie komory. W przypadku pochylni podwójnej o przeciwnym kierunku ruchu każdej z komór, układ jest zrównoważony a energia zewnętrzna zużywana jest przede wszystkim na pokonywanie oporów tarcia kół o szyny oraz oporów ruchu ciągów linowych.

W niektórych rozwiązaniach pochylni mechanicznych pomijane są komory ; statki na tych pochylniach posadawiane są bezpośrednio na wózkach. Są one stosowane do przemieszczania małych statków lub statków bez ładunku, którego obecność mogłaby wpływać na deformację torów i podtorza.

Ewenementem wśród rozwiązań stosowanej powszechnie techniki i konfiguracji pochylni wzdłużnych są pochylnie hydrauliczne typu *pente d'enu*.



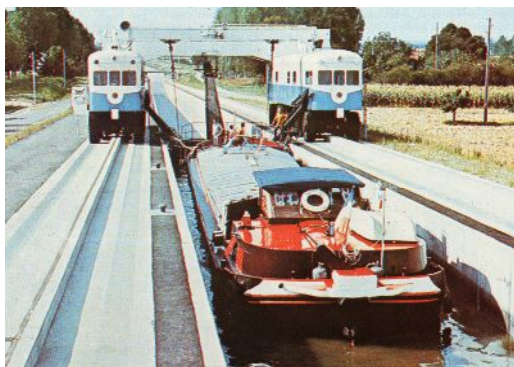
1. statek 2. brama przesuwana 3. wózki pociągowe 4. rynna pochylni
5. zamknięcie górne 6. stanowisko górne

Rys. 2.24. Pochylnia hydrauliczna typu *pente d'enu*.

Źródło: [4]

W skład jej konfiguracji wchodzi równia pochyła w kształcie rynny, wypełniona w dolnej części wodą i zamykana przesuwaną bramą. Statek, który wpłynie na klin wodny znajdujący w rynnie pochylni, po zamknięciu bramy jest przemieszczany wraz z tym klinem wzdłuż pochylni. Brama jest pchana lub ciągnięta przez dwa wózki poruszające się na kołach ogumionych lub kołach zębatych.

Przykładowe zastosowanie takiego rozwiązania prezentuje rysunek 2.25.



Rys. 2.25. Pochylnia hydrauliczna Fonserannes na Canal du Midi (Francja)

Źródło: [4]

Sporadyczność występowania takich rozwiązań wynika przede wszystkim z problemów szczelności pomiędzy przesuwaną bramą a rynną pochylni.

Ze względu na przeznaczenie pochylni a także podnośni i śluz, urządzenia te będą dalej określane jako żeglugowe urządzenia spustowo - podnośne.

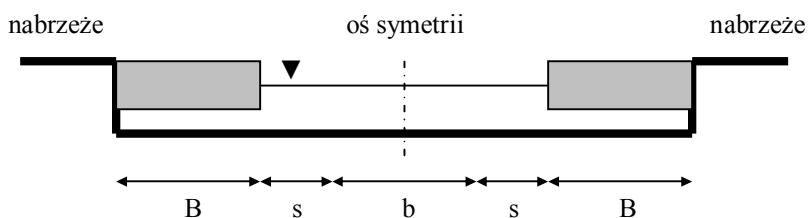
2.1.4. Awanporty

Każdy stopień wodny poza urządzeniami piętrzącymi i spustowo – podnośnymi służącymi do przemieszczania statków posiada także awanporty. Są nimi obszary wodne znajdujące się po dwóch stronach stopnia wodnego noszące nazwy awanportu górnego i awanportu dolnego. Przeznaczeniem awanportu jest zapewnienie bezpiecznego postoju statku w bezpośredniej odległości od urządzenia spustowo podnośnego w oczekiwaniu na realizację przemieszczenia na drugą stronę stopnia wodnego.

Awanport składa się z dwóch stref: strefy przejściowej i strefy postojowej. Strefa przejściowa, zapewnia łagodne połączenie pomiędzy szlakiem żeglownym a strefą postojową. Strefa postojowa, przeznaczona jest do świadczenia usługi cumowania statku do nabrzeża postojowego. Powinna ona umożliwić po jednej swojej stronie postój [5]:

- dwóch statków motorowych typowych dla danej drogi wodnej - w przypadku krótkich urządzeń spustowo podnośnych;
- dwóch zestawów pchanych i czterech statków motorowych – w przypadku urządzeń typu pociągowego.

Cumujące statki nie powinny stanowić przeszkody w ruchu jednostek pływających, zmierzających w stronę lub od strony stopnia wodnego. Awanporty przyjmują z reguły dwie konfiguracje: Symetryczną i asymetryczną. W przypadku konfiguracji symetrycznej nabrzeża cumownicze są usytuowane po obu stronach awanportu, symetrycznie w stosunku do osi urządzenia spustowo podnośnego. Schematyczne przekroje awanportów przedstawiają rysunki 2.26.1 i 2.26.2.



Rys. 2.26.1. Schematyczne przekroje awanportu symetrycznego

Źródło: [opracowanie własne]

Szerokości awanportu symetrycznego powinny wynosić:

$$A = 2B + 2s + b$$

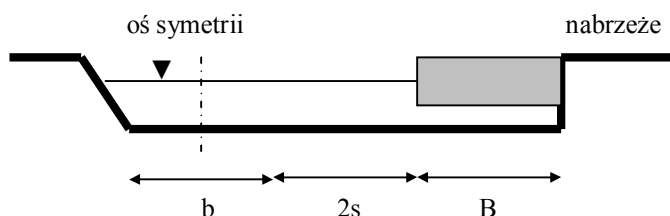
gdzie: A – szerokość awanportu

B – szerokość statku

b – szerokość szlaku żeglownego

s – szerokość strefy bezpieczeństwa

W konfiguracji asymetrycznej, nabrzeże cumownicze znajduje się po jednej stronie awanportu i w/w osi.



Rys. 2.26.2. Schematyczne przekroje awanportu asymetrycznego

Źródło: [opracowanie własne]

Szerokość awanportu asymetrycznego powinny wynosić:

$$A = B + 2s + b$$

gdzie: A – szerokość awanportu

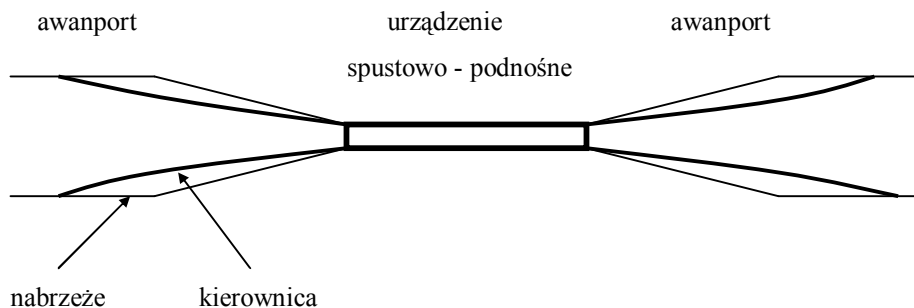
B – szerokość statku

b – szerokość szlaku żeglownego

2s – szerokość strefy bezpieczeństwa

By statki śródlądowe o dużej długości i dużej smukłości (dużym stosunku długości do szerokości) mogły bezpiecznie trafiać w nieco szersze światło komory urządzenia spustowo podnośnego, podejście do tych urządzeń wyposażone jest w tzw. kierownice.

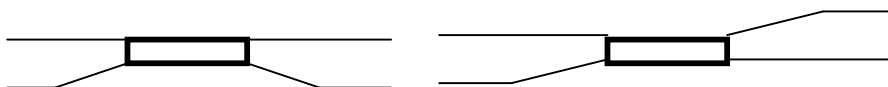
Są one usytuowane w awanporcie pomiędzy stanowiskami cumowniczymi a zamknięciem urządzenia przemieszczającego statek.



Rys. 2.27. Usytuowanie kierownic w awanporcie

Źródło: [opracowanie własne]

Konstrukcja kierownic mająca wzdłużny charakter, w sposób mechaniczny koryguje ruch statku sytuując go w osi komory śluzy, podnośni czy pochylni. Ten manewr ułatwiany jest dodatkowo poprzez kształt i układ kierownic. Kształt z reguły jest paraboliczny (jak na rys. 2.27) lub tworzony przez odcinki linii prostej.; układ kierownic może być symetryczny lub asymetryczny co ilustruje rysunek 2.28.



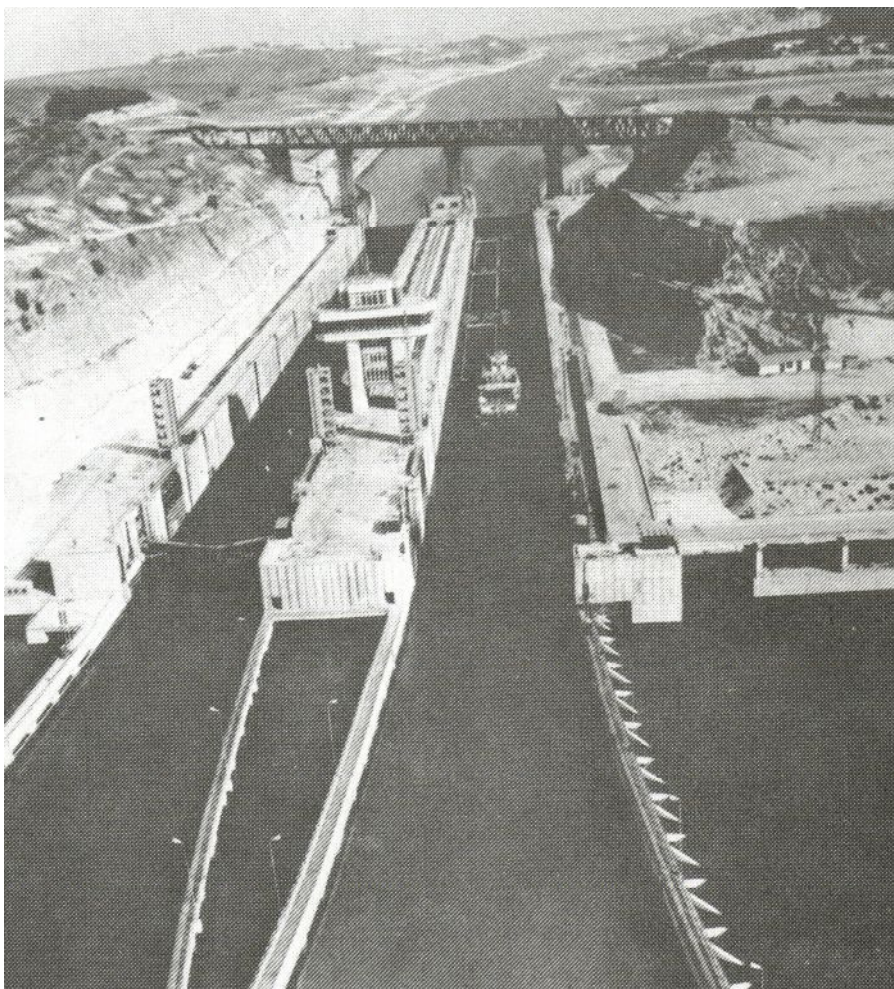
Rys. 2.28. Asymetryczny układ kierownic

Źródło: [opracowanie własne]

Długość kierownic powinna być adekwatna do długości statków; z reguły wynosi ona od 80 do 100 metrów a położenie elementów wzdłużnych kierownic nad poziomem wody powinno zapewnić ich przydatność zarówno przy niskich jak i wysokich stanach wody.

Kierownice mogą być również stosowane w przesłach żeglugowych mostów, jeżeli ich szerokość jest zbliżona do szerokości statków.

Rzeczywiste rozwiązanie układu kierownic widoczne jest na zdjęciu zamieszczonym na rysunku 2.29.



Rys. 2.29. Przykładowy układ kierownic śluzy
Źródło:[4]

Widoczne na nim kierownice ułatwiają ruch statku w kierunku morza i od strony morza, stanowią bowiem element stopnia wodnego śródlądowego kanału żeglownego łączącego Dunaj z Morzem Czarnym.

2.2. Kanały żeglugowe

Kanały są sztucznymi drogami wodnymi, których celem jest poprawa stanu naturalnej sieci dróg wodnych lub zwiększenie jej gęstości.

Poprawę stanu naturalnych dróg wodnych można uzyskać poprzez:

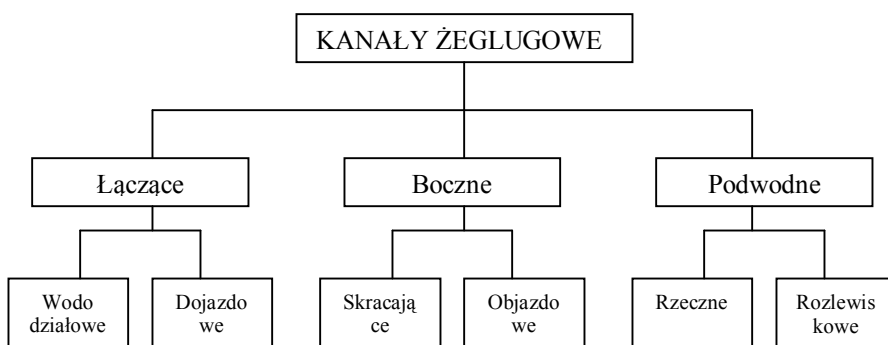
- budowę kanałów wododziałowe dwa obszary wodne,
- budowę kanałów skracających drogę wodną,
- budowę kanałów objazdowych (lateralne), przebiegających równoległe do istniejącej drogi wodnej.

Poprawę gęstości dróg wodnych uzyskuje się poprzez wprowadzenie do ich sieci:

- kanałów dojazdowych, łączących drogi wodne z obszarami lądowymi pozbawionymi tych dróg,
- kanałów podwodnych, tworzonych w wyniku sztucznego pogłębiania naturalnych cieków i obszarów wodnych.

Ze względu na funkcje, wymienione kanały można podzielić na łączące, boczne i podwodne. Do kanałów łączących należą kanały wododziałowe i dojazdowe, do kanałów bocznych - skracające i objazdowe a do podwodnych - kanały powstające w nieżeglownych korytach rzek i rozlewiskach wodnych.

Powyższy podział ilustruje schemat na rysunku 2.30.

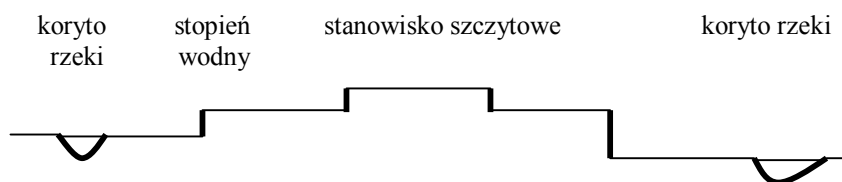


Rys. 2.30. Podział kanałów żeglugowych

Źródło: [opracowanie własne]

Kanały wododziałowe, łączące dwa obszary jakimi są np. dorzecza zwiększają obszar działania określonej floty bez potrzeby jej przemieszczania inną drogą (morską lub śródlądową). Posiadają one z reguły specyficzny profil podłużny,

ponieważ ich przebieg determinowany jest wypiętrzeniem terenu działów wodnych. W związku z tym, kanał taki – podobnie jak rzeki skanalizowane – musi posiadać stopnie wodne wyposażone w urządzenia spustowo- podnośne. Kanały tego typu nazywane są także kanałami zamkniętymi.



Rys. 2.31. Schemat profilu podłużnego kanału wododziałowego

Źródło: [opracowanie własne]

Charakterystyczny stopień tego kanału jest stanowi szczytowe, które często musi być zaopatrywane w wodę w sposób wymagający użycia energii zewnętrznej. Przy małych różnicach wysokości położenia stanowiska szczytowego i rzek żeglownych, w technicznym wyposażeniu kanału dominują śluzy (np. w Kanale Bydgoskim). W przypadkach dużych różnic wysokości położenia, stosowane są śluzy o dużym spadzie, podnośnie i pochylnie albo układy mieszane (np. w Kanale Odra – Hawela, w którym są śluzy i podnośnia).

Specyficznymi kanałami wododziałowymi są kanały zwane mostowymi. Łączą one najczęściej dwa – leżące na jednym poziomie - odcinki sztucznej drogi wodnej i są sytuowane ponad inną drogą wodną lub drogą lądową. Przykład takiego rozwiązania pokazuje zdjęcie na rysunku 2.32.1.



Rys. 2.31.1. Kanał mostowy łączący dwa odcinki drogi wodnej Mittellandkanal ponad korytem rzeki Łaby.

Źródło: [www.wikipedia]

Inne jego ujęcie pokazuje zdjęcie na rysunku 2.31.2.

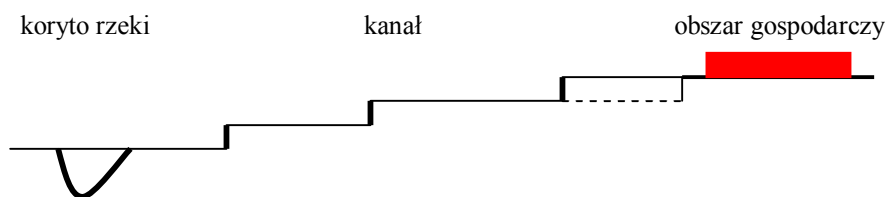


Rys. 2.31.2. Kanał mostowy z lotu ptaka

Źródło: [www.wasserstrasse]

Kanały dojazdowe łączą rzeki z obszarami gospodarczymi (surowcowymi, przetwórczymi, rolniczymi czy turystycznymi), które potencjalnie mogą być znaczącymi uczestnikami procesów transportowych. Profil podłużny tych kanałów może być monotonicznie zmienny lub przebiegać na stałym poziomie.

W pierwszym przypadku , przebieg kanału w płaszczyźnie poziomej jest prostoliniowy a jego koryto przegradzają stopnie wodne (np. Kanał Gliwicki).

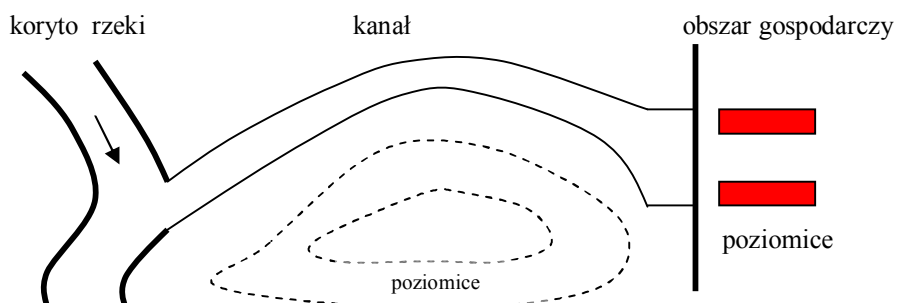


Rys. 2.32. Kanał łączący o monotonicznie zmiennym profilu

Źródło: [opracowanie własne]

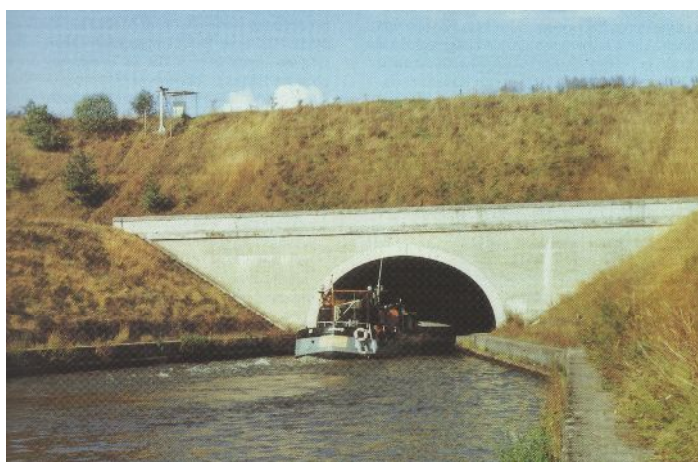
W przypadku drugim, wykorzystuje się ukształtowanie terenu, w ten sposób, że przebieg kanału w płaszczyźnie poziomej jest zgodny z przebiegiem poziomicy

łączącej oba jego krańce (rys.2.33). Nie ma więc potrzeby budowy stopni wodnych a profil dna kanału jest poziomy.



Rys. 2.33. Profil poziomy kanału łączącego o dnie usytuowanym na linii poziomicy
Źródło: [opracowanie własne]

Kanałem łączącym, zawierającym cechy obydwu przytaczanych rozwiązań jest kanał tunelowy. Jego przebieg w płaszczyźnie poziomej może być prostoliniowy a w płaszczyźnie pionowej – poziomy. Przy obecnej technice budowy tuneli można spodziewać się częstszych realizacji takich rozwiązań. Przykład istniejącego kanału tunelowego przedstawia rysunek 2.34.



Rys. 2.34. Kanał tunelowy na Canal du Nord (Francja)
Źródło: [4]

Kanał skracający buduje się w sytuacji, w której naturalny przebieg rzeki żeglownej znacząco wydłuża trasę transportową. Przykładem, uzasadniającym

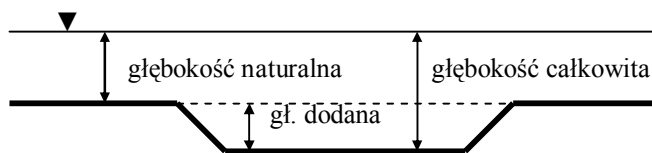
potrzebę budowy takiego kanału jest meander rzeki Odry, pokazany na rysunku 1.7. Krótkie kanały skracające nazywane są przekopami.

Kanały objazdowe są budowane w celu ominięcia na określonych odcinkach koryta rzeki lub innego naturalnego akwenu, które nie spełniają uwarunkowań żeglugowych albo je znacząco utrudniają. Kanały te mogą również spełniać funkcje przeciwpowodziowe w przypadkach wezbrań wód, przejmując część ich przepływów.

W obydwu przytoczonych przypadkach dno kanałów z reguły przebiega poziomo a woda ma niewielką prędkość przepływu. Kanały takie noszą również nazwę kanałów otwartych. Skutkiem zastojów lub niewielkiej prędkości wody jest np. brak ruchu pokruszonego lodu, który w warunkach naturalnej drogi wodnej swoim przemieszczaniem utrudnia żeglugę. Przykładem kanału, który został wykonany również na skutek tych przyczyn jest kanał Friedrichwasserstrasse, równoległy do rzeki Odry na odcinku od Cedyni do Widuchowej.

Rzeczne kanały podwodne powstają w wyniku pogłębiania koryta rzeki na jej spławnych odcinkach. W potocznym języku o takiej sytuacji mówi się, że kanał budowany jest „po śladzie rzeki”.

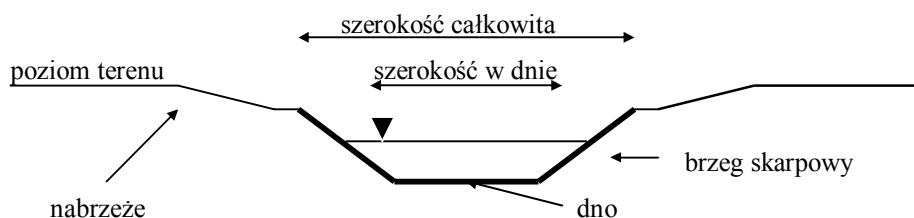
Podwodne kanały rozlewiskowe mają na celu utworzenie odcinków drogi wodnej o odpowiednich parametrach, które przebiegają przez jeziora czy zalewy płytsze od wpadających do nich lub przez nie przepływających rzek żeglownych. Kanały podwodne na określonej szerokości (tj. szerokości drogi wodnej) osiągają głębokości tożsame z głębokościami tych rzek. Przykładem takich kanałów są tzw. tory wodne prowadzące przez Zalew Szczeciński i Zatokę Pomorską. W ich przekroju poprzecznym (rys.2.35) istnieją trzy wartości głębokości: głębokość naturalna, głębokość dodana i głębokość całkowita.



Rys. 2.35. Przekrój poprzeczny rozlewiskowego kanału podwodnego
Źródło: [opracowanie własne]

Głębokość całkowita kanału stanowi sumę głębokości naturalnej i głębokości dodanej. Ta ostatnia jest uzyskiwana w wyniku realizacji wykopu w dnie akwenu.

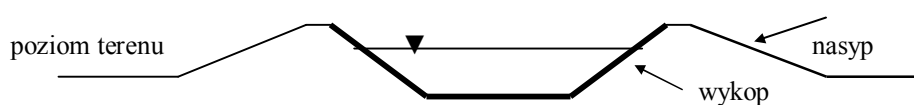
Wykop jest najczęściej występującą formą koryta kanału. Jego podstawowymi elementami są dno i brzegi skarpowe (skarpy) nachylone do płaszczyzny poziomej pod kątem równym lub mniejszym od kąta usypu materiału, z którego skarpa została wykonana. Zasada ta dotyczy również kanałów podwodnych. Z reguły stosowane nachylenie skarp wynosi od 1: 4 – 1: 1,5.



Rys. 2.36. Profil poprzeczny kanału wykonanego w wykopie
Źródło: [opracowanie własne]

Dno i skarpy kanału są uszczelniane, by ograniczyć przenikanie wody do otoczenia (do wód gruntowych). Brzegi kanału są obsadzone roślinnością w tym roślinnością wysoką, ograniczającą wpływ wiatru na ruch statków.

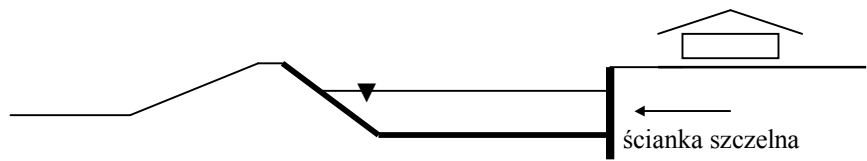
Sytuowanie kanałów w wykopach jest oczywiste w przypadku ich przebiegu w terenie płaskim lub wypukłym. By kanały mogły stanowić obiekty otwarte, ich koryta muszą być także sytuowane w nasypach niwelujących wklęsłości terenu występujące na drodze przebiegu kanałów (rys. 2.37).



Rys. 2.37. Profil poprzeczny kanału wykonanego w nasypie
Źródło: [opracowanie własne]

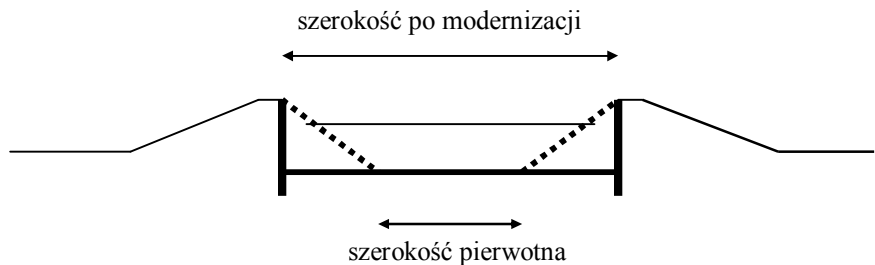
Szczelność dna i brzegów skarpowych koryta kanału wykonanego w nasypie jest w bardzo ważna ze względu na możliwości przesiąkania wody do niżej położonych otaczających go terenów.

Jeżeli kanał przebiega przez teren zabudowany to brzeg skarpowy zastępowany jest pionowymi ściankami szczelnymi, tworząc możliwości budowy promenad i przystani pasażerskich.



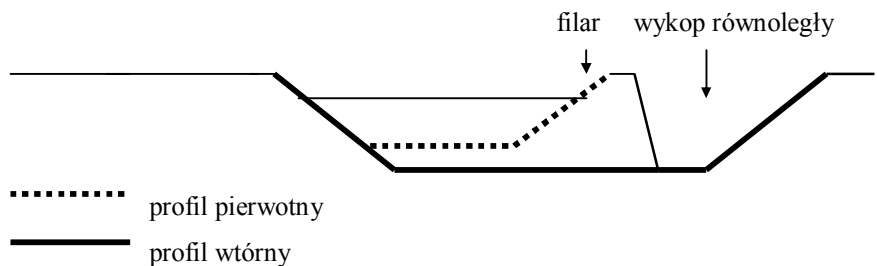
Rys. 2.38. Profil poprzeczny koryta kanału ze ścianką szczelną
Źródło: [opracowanie własne]

Ten sposób adaptacji kanału do warunków tworzonych przez jego otoczenie umożliwia także jego modernizację, polegającą na zwiększaniu szerokości w dnie.



Rys. 2.39. Modernizacja kanału poprzez zastąpienie skarp ściankami szczelnymi
Źródło: [opracowanie własne]

Modernizacja kanałów a szczególnie ich szerokości jest wymuszana przez rosnącą liczbę statków śródlądowych obsługujących proces transportowych. Wraz ze wzrostem liczby statków rosną także ich wymiary główne.. Przystosowanie kanałów do wzrostu gabarytów jednostek pływających wymaga ich poszerzenia i pogłębienia. Jedną z technologii obejmującą pełny zakres modernizacyjny profilu poprzecznego koryta kanału obrazuje rysunek 1.55.



Rys. 2.40. Modernizacja szerokości i głębokości kanału
Źródło: [opracowanie własne]

Stosuje się w niej tzw. filar ochronny, który umożliwia wykonywanie wykopu równoległego w warunkach „suchych”. Końcowy etap prac modernizacyjnych wymaga usunięcia filaru i pogłębienia kanału.

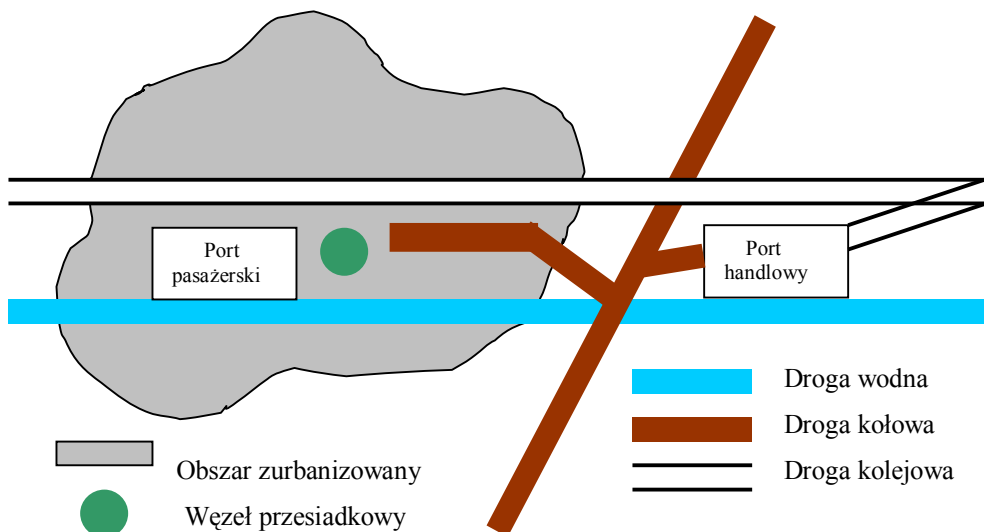
3. INFRASTRUKTURALNE OBIEKTY PUNKTOWE

3.1. Porty i przystanie śródlądowe

Portem śródlądowym jest struktura zbudowana na styku lądu z wodami śródlądowymi, wyposażona w urządzenia i budowle oraz zorganizowana dla przeładunku pasażerów i ładunków. Przeładunki te mogą być realizowane w ramach jednej struktury tzn. w ramach portu pasażersko - handlowego lub w strukturach odosobnionych. Port pasażerski będzie więc przeznaczony wyłącznie do obsługi pasażerów; port handlowy – do obsługi ładunków.

Ze względu na realizację przewozów pasażerskich, w których dominują przewozy turystyczne i komunikacyjne, porty te są lokalizowane w granicach obszarów zurbanizowanych (aglomeracji miejskich lub obszarów metropolitalnych) w pobliżu węzłów przesiadkowych takich jak: węzły kolejowe, tramwajowe czy autobusowe. Wymogi komunikacyjne odniesione do portów pasażerskich skłaniają do ich budowy wzdłuż brzegów koryt rzecznych i kanałów przecinających terytoria miast o dużej gęstości zaludnienia.

Porty handlowe z racji swojego przeznaczenia polegającego na obsłudze zarówno wodnych jak i lądowych środków transportu powinny być lokalizowane w pobliżu liniowych elementów infrastruktury transportu lądowego tj. w pobliżu linii kolejowych, dróg kołowych i systemów przesyłowych.



Rys. 3.1. Preferowane lokalizacje portów
Źródło: [opracowanie własne]

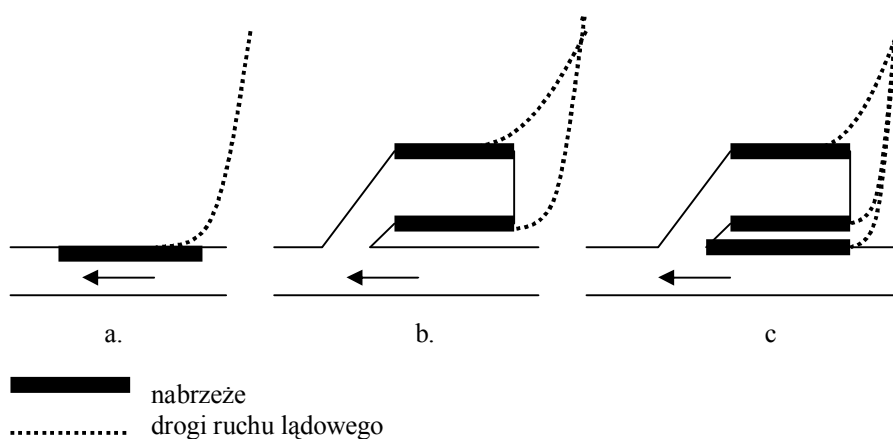
Z racji zróżnicowanej wartości obrotów ładunkowych w portach handlowych, można je podzielić na porty małe (przeładowujące do 100 tys. t masy ładunkowej rocznie), średnie, (przeładowujące do 500 tys. t rocznie) i porty duże. (ponad 500 tys. t) Wartość obrotów ładunkowych portu determinuje wielkość obszarów portowych oraz ich infrastrukturę, do której należą przede wszystkim nabrzeża, bocznic kolejowe i kołowe drogi dojazdowe.

W skali makro wyróżniane są dwa obszary portowe: akwatorium i terytorium, które otoczone są granicą portu. Terytorium to oczywiście część lądowa portu; akwatorium – to część wodna.

Podstawowym obiektem infrastrukturalnym portu są nabrzeża przeładunkowe. Ich długość powinna być adekwatna do długości i liczby statków obsługiwanych jednocześnie w porcie. Te dwie wielkości tj. długość i liczba statków determinują z reguły konfigurację portów. Może ona przyjmować trzy postacie:

- a. jako portu, którego nabrzeża usytuowane są wzdłuż koryta rzeki lub kanału a akwatorium portu stanowi część powierzchni drogi wodnej,
- b. jako portu, którego nabrzeża usytuowane są w tzw. basenach portowych, tj. obszarach wodnych połączonych kanałem portowym z drogą wodną,
- c. portu o postaci mieszanej.

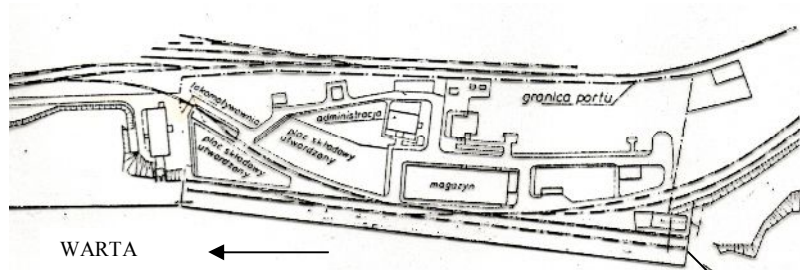
Konfigurację wymienionych trzech postaci portów ilustruje rysunek 3.2.



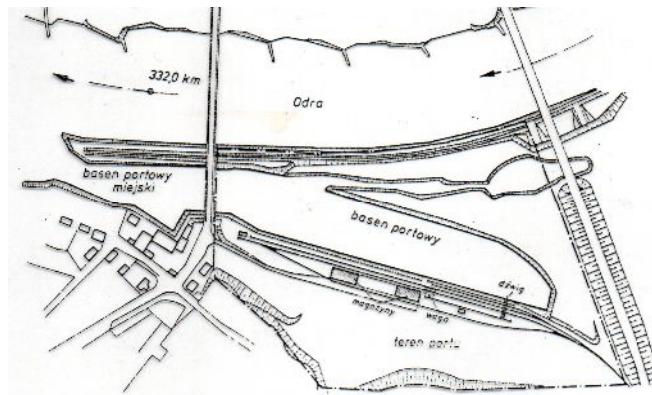
Rys. 3.2. Konfiguracje portów śródlądowych.

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [120]]

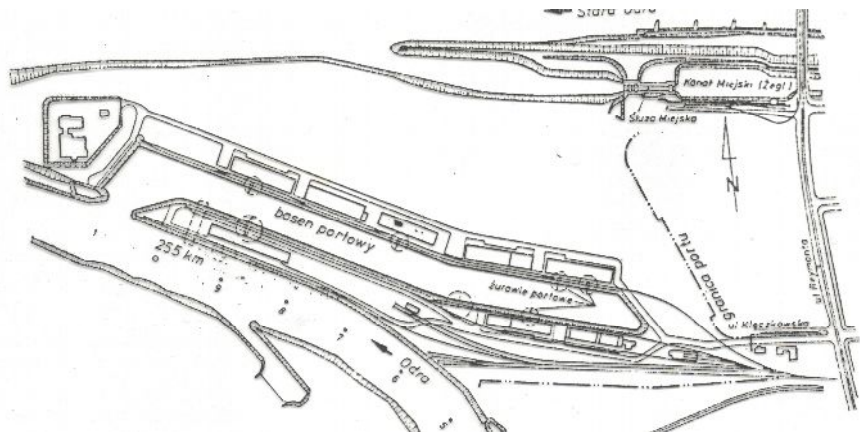
Można przyjąć zasadę, że porty o konfiguracji „a” – z reguły będą portami małymi, natomiast postacie „b” i „c” będą preferowane dla portów średnich i dużych. Przykłady takich rozwiązań rzeczywistych przedstawiają rysunki [119]:3.3.1, 3.3.2 i 3.3.3.



Rys.3.3.1. Port usytuowany wzdłuż brzegu koryta Warty w Kostrzynie n/O



Rys. 3.3.2. Port z jednym basenem w Ścinawie



Rys. 3.3.3. Port o konfiguracji mieszanej, Port Miejski we Wrocławiu

Długość nabrzeży portów wynika przede wszystkim z potrzeb liczby stanowisk cumowniczych, którą można wyznaczyć z zależności [5]:

$$n = \frac{QN}{qt} \quad (4)$$

gdzie: n – liczba stanowisk cumowniczych,

Q – prognozowany średni dobowy przeładunek dla grupy wyspecjalizowanych stanowisk (dla danego ładunku),

N – czasowa norma obsługi typowej jednostki pływającej,

q – średnia masa ładunku typowej jednostki pływającej,

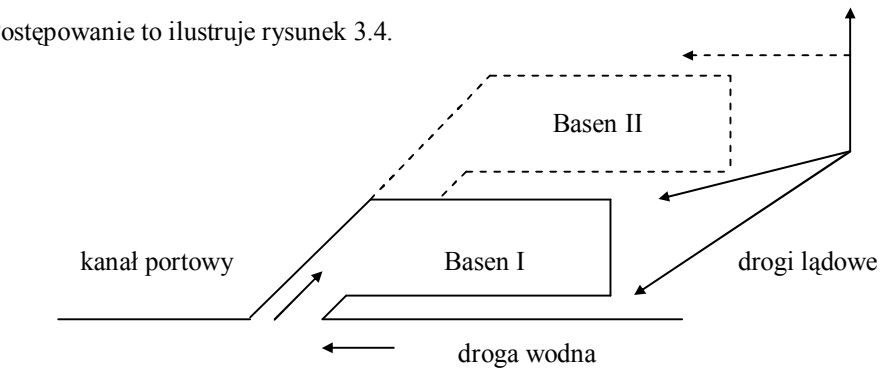
t – liczba godzin pracy stanowiska w ciągu doby.

Iloczyn liczby stanowisk i długości typowej jednostki pływającej powiększonej o zapasy odległości między jednostkami, określa ostatecznie długość tzw. linii cumowniczej, którą powinien dysponować port tj.:

$$l_n = n * (L + 2 * \Delta l) \quad (5)$$

Przyjmuje się, że zapas odległości Δl powinien wynosić 5 metrów.

Baseny portowe z reguły posiadają dwie linie nabrzeży. Liczbę basenów (a tym samym nabrzeży) można zwielokrotnić zarówno w pierwszej fazie budowy portów jak i jego rozbudowie wydłużając jednocześnie kanał portowy. Kanał ten powinien być usytuowany skośnie do kierunku nurtu drogi wodnej by zminimalizować proces jego zamulania materiałem niesionym przez wodę. Postępowanie to ilustruje rysunek 3.4.



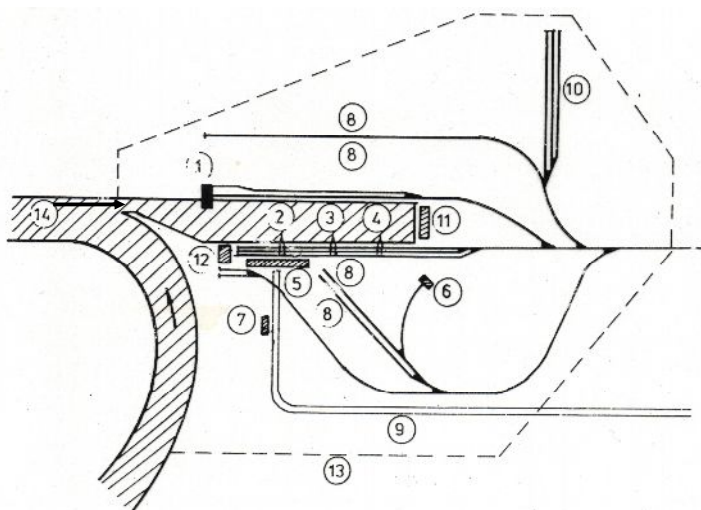
Rys. 3.4. Zwiększanie liczby basenów w procesie modernizacji portu

Źródło: [opracowanie własne]

Uzyskanie takiej samej liczby stanowisk cumowniczych w portach o konfiguracji „a” wymagałoby wydłużenia terytorium portu co wpłynęłoby niekorzystnie na jego powiązanie z drogami transportu lądowego oraz rozmieszczenie elementów suprastruktury portu.

Najważniejszymi elementami tej suprastruktury są urządzenia przeładunkowe. Mogą one obsługiwać przeładunki bezpośrednie lub pośrednie. Przeładunki bezpośrednie przebiegają w relacji pomiędzy środkami transportu wodnego i środkami transportu lądowego. Przeładunki pośrednie wymagają także innych (niż przeładunek) usług portowych, w tym składowania i magazynowania ładunku. Stąd w tej technologii obsługi środków transportu, na terytorium portu muszą być lokalizowane place składowe i magazyny kryte. Do ich obsługi potrzebne są drogi transportu wewnętrznego a także środki mobilne tegoż transportu.

Rozlokowanie elementów infrastruktury i suprastruktury portowej obrazuje rysunek 3.5.



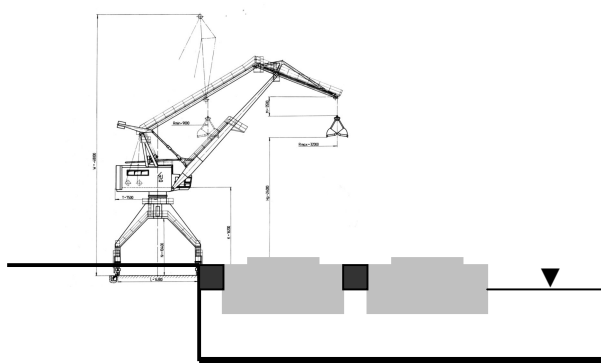
- 1 - wywrotnica wagonów
- 2,3,4 – żurawie portowe
- 5 – magazyn
- 6 – lokomotywnia
- 7 – budynek administracyjny
- 8 – plac składowy

- 9 - droga dojazdowa
- 10- bocznica kolejowa
- 11,12 - silosy
- 13 – granica portu
- 14 – kanał portowy

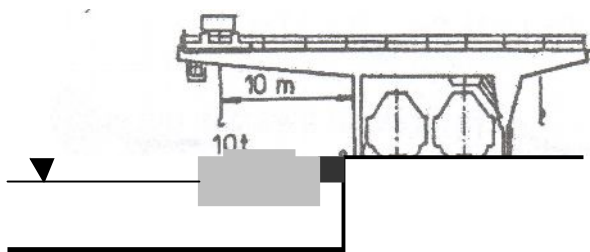
Rys. 3.5. Infrastruktura i suprastruktura portu
Źródło: [19]

Urządzeniami przeładunkowymi w portach śródlądowych są z reguły żurawie posadowione na podtorzu lub mobilnej estakadzie a także suwnice przemieszczające się po torach jezdnych. Urządzenia te wyposażone są w chwytaki dla ładunków sypkich, haki – dla ładunków drobnicowych podnoszonych z wykorzystaniem zawiesi lub stropów, trawersy - służące do przemieszczania ładunków skonteneryzowanych lub wielkogabarytowych. Wysięg urządzeń przeładunkowych często umożliwia obsługę dwóch jednostek pływających usytuowanych równoległe do nabrzeża.

Przykłady niektórych z w/w urządzeń zamieszczone zostały na rysunkach 3.6.1 i 3.6.2.

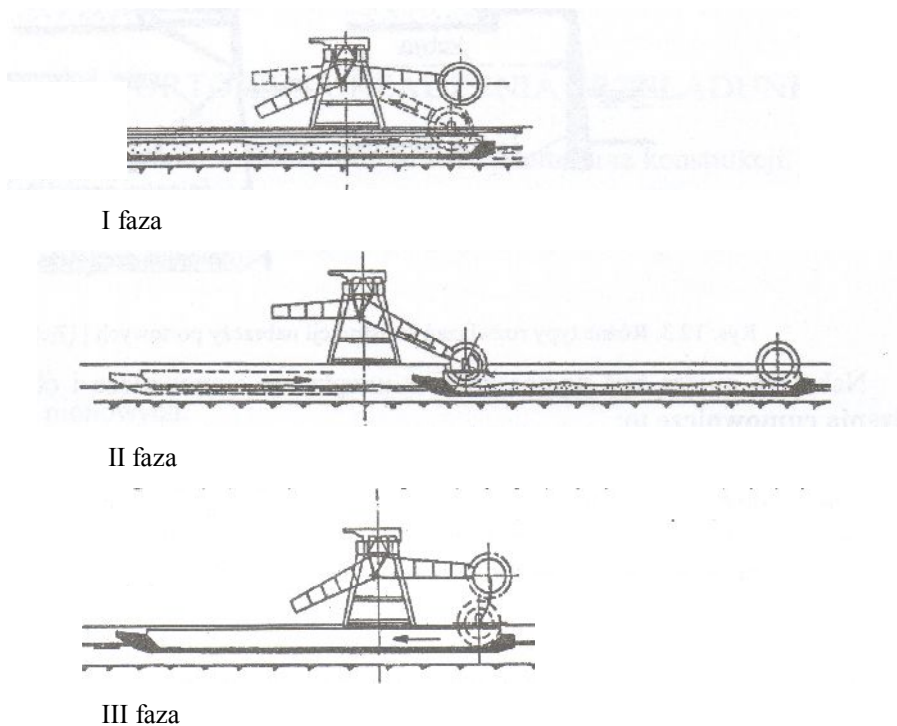


Rys. 3.6.1. Żuraw posadowiony na podtorzu obsługujący dwie jednostki pływające
Źródło: [opracowanie własne]



Rys. 3.6.2. Suwnica bramowa obsługująca jednostkę pływającą i dwa wagony kolejowe
Źródło: [opracowanie własne na podstawie [5]]

W portach wyspecjalizowanych mogą pojawiać się urządzenia do wyładunku ciągłego, którymi są wieloczerpakowe głowice obrotowe, współpracujące z taśmociągami lub wywrotnice (rys. 3.7.)



Rys. 3.7. Urządzenia z wieloczerpakową głowicą obrotową zastosowane w procesie wyładunku wzdłużnego; fazy rozładunku realizowane są poprzez ruch rozładowywanej jednostki

Źródło: [5]

Ze względu na funkcje rozładunkowe, nabrzeża przenoszą zróżnicowane obciążenia wynikające m.in. z :

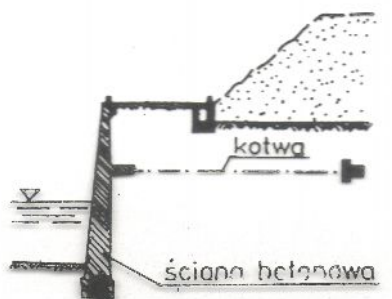
- masy własnej urządzeń przeładunkowych,
- masy środków transportu,
- masy przeładowywanego ładunku,
- stabilizacji pozycji jednostek pływających tj. ich cumowania i odboju.

Nabrzeża muszą więc posiadać konstrukcję wytrzymałą na zmienne obciążenia pionowe i poziome. Z reguły konstrukcje te chronią także brzegi akwatorium portowego przed erozyjnymi wpływami wody o zmiennej prędkości ruchu i zmiennym poziomie.

Nabrzeża służące przemieszczaniu ładunków o dużej masie (tzw. nabrzeża ciężkie), budowane są przede wszystkim z wykorzystaniem szczelnych ścianek pionowych. Przykłady takich rozwiązań prezentują rysunki: 3.8.1 i 3.8.2.



Rys. 5.8.1. Nabrzeże pionowe ze ścianką stalową
Źródło: [20]



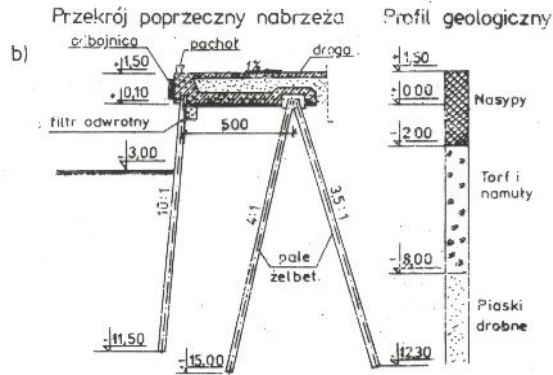
Rys. 5.8.2. Nabrzeże pionowe ze ścianką żelbetową
Źródło: [20]

W pierwszym rozwiązaniu stosowane są tzw. ścianki Larsena, umożliwiające uzyskanie szczelnej przegrody dzięki labiryntowym połączeniom poszczególnych ścianek. Celem ich stabilizacji, są one wbijane w dno akwenu przy pomocy kafaru.

W drugim rozwiązaniu, zastosowane są ścianki betonowe o ciągłej konstrukcji, uzyskiwane przez wypełnienie betonem wcześniej utworzonych form (szalunków) i umieszczeniu w tych formach zbrojenia z prętów stalowych. Budowa takich nabrzeży wymaga odseparowania obszaru budowy od akwenu portowego przy pomocy szczelnych ścianek stalowych.

W obydwu rozwiązaniach zastosowane są kotwy tj. pręty stalowe umocowane za pomocą tarcz w ziemnym materiale brzegowym.

Nabrzeża przenoszące mniejsze obciążenia budowane są z reguły jako nabrzeża oczepowe.



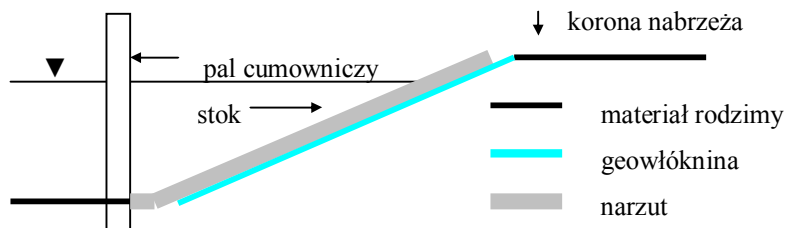
Rys. 3.9. Przykład nabrzeża oczepowego

Źródło: [19]

Ich cechą charakterystyczną są pale wbijane w dno akwatorium portu do głębokości, na której znajduje się warstwa nośna gruntu. Nabrzeża te służą obsłudze przemieszczania ładunków o mniejszej masie lub obsłudze przeładunków pasażerów. Tym samym mogą być lokalizowane również w portach i przystaniach pasażerskich.

W portach handlowych poza nabrzeżami przeładunkowymi mogą być lokalizowane nabrzeża skarpowe lub dalbowe. Służą one do cumowania statków oczekujących na załadunek lub rozładunek w akwatorium portu lub leżącym poza tym obszarem - awanporcie.

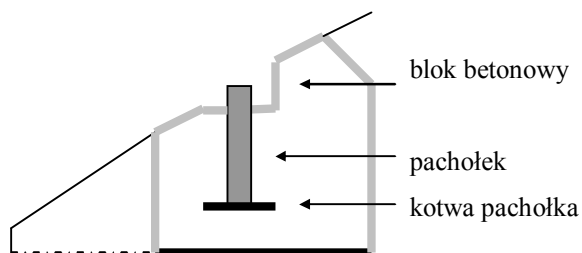
Nabrzeża skarpowe budowane są z rodzimego materiału ziemnego, przykrytego geowłókniną a następnie umacnianego narzutami kamiennymi lub płytami betonowymi albo faszyną. Do cumowania statków służą pale cumownicze lub pachoły. Rysunek 3.10 pokazuje składowe elementy nabrzeża skarpowego z palem cumowniczym.



Rys. 3.10. Brzeg skarpowy z palem cumowniczym

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [10]]

Na rysunku 3.11. widoczny jest sposób rozmieszczenia pachółków cumowniczych



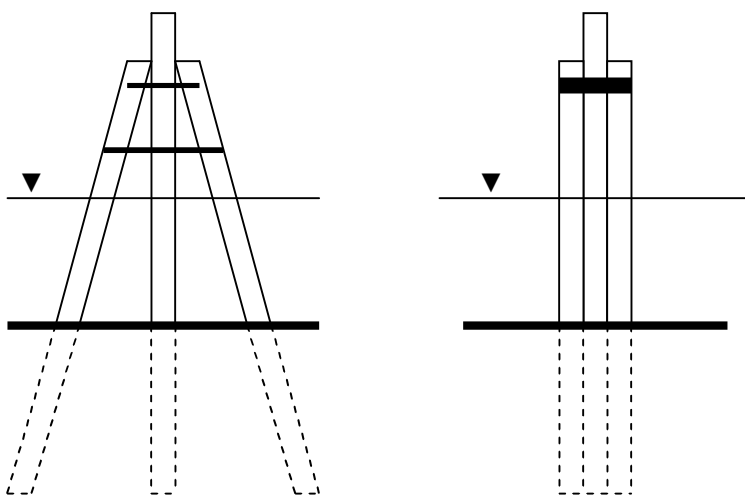
Rys. 3.11. Rozmieszczenie pachółków cumowniczych w nabrzeżu skarpowym

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [10]]

Konstrukcja nabrzeży skarpowych ma postać ciągłą. Komunikacja załogi z lądem może odbywać się przy użyciu przenośnego trapu okrętowego łączącego okresowo statek ze stokiem lub koroną nabrzeża.

Nabrzeża cumownicze awanportu mają charakter nabrzeży postojowych. Mogą więc je stanowić nabrzeża skarpowe uzbrojone w pachyły cumownicze lub nabrzeża uzbrojone w dalby.

Dalby są konstrukcjami wykonanymi z wiązki pali drewnianych lub z wiązki profili stalowych zakotwionych (wbitych) w dno akwenu.

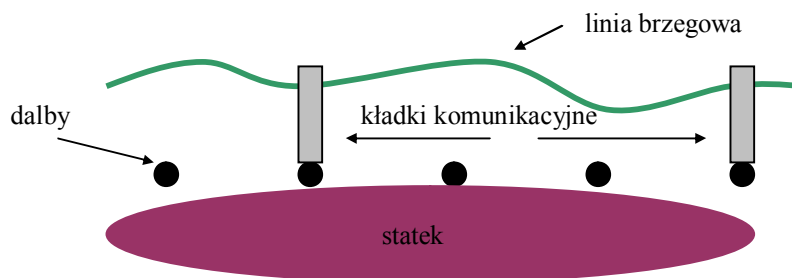


Rys. 3.12. Dalby drewniana

Źródło: [opracowanie własne]

Już dwie dalby umożliwiają stabilizację pozycji statku bez potrzeby budowy nabrzeża ciągłego. Szereg dalb może tworzyć stanowiska cumownicze - z reguły

równoległe do brzegu akwenu - dla kilku statków. Dalby, które wyposażone są w kładki łączące je z lądem, umożliwiają załodze zejście ze statku w czasie jego postoju.



Rys. 3.13. Elementy cumowniczego nabrzeża dalbowego

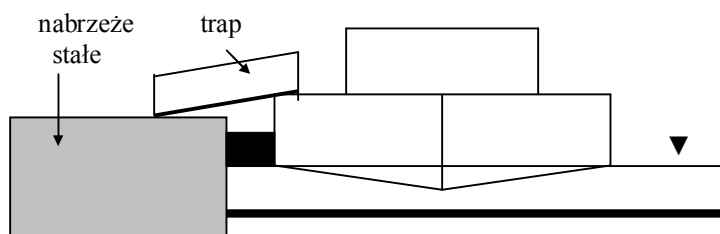
Źródło: [opracowanie własne]

Odległość pomiędzy dwoma dalbami nie powinna być większa od długości jednostek do nich cumujących. Dalby wyposażone są w rozki (knagi) lub pierścienie cumownicze a komunikacja załogi z lądem odbywa się poprzez stałe kładki łączące dalby z nabrzeżem akwenu.

Zarówno nabrzeża skarpowe jak i dalbowe mogą być sytuowane w awanportach żeglugowych urządzeń spustowo – podnośnych tzn. w awanportach śluz, podnośni i pochylni. Mogą również pełnić funkcję nocnego nabrzeża postojowego, w przypadku uprawiania żeglugi tylko w porze dziennej na określonych drogach wodnych.

Pojęcie portu pasażerskiego, związane jest z rozbudowaną infrastrukturą mającą na celu kompleksową obsługę pasażerów. Na drogach wodnych śródlądowych do obsługi ruchu pasażerskiego praktycznie wystarczają przystanie. Ponieważ będą one lokalizowane - tak jak porty pasażerskie (rys.3.1) – w obszarach zurbanizowanych, to w ich otoczeniu powinny znajdować się ogólnie dostępne miejsca noclegowe czy punkty gastronomiczne.

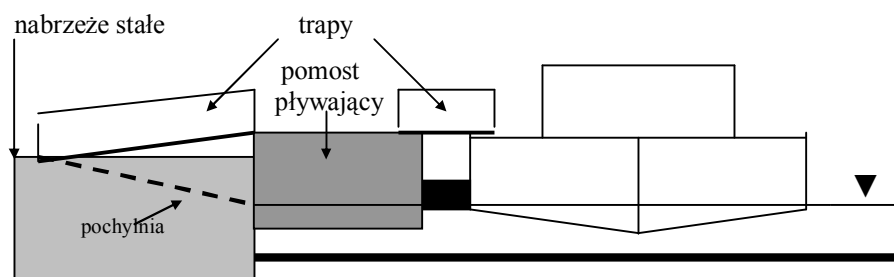
W obsłudze pasażerów ważne są urządzenia ułatwiające ich przemieszczanie się pomiędzy lądem a statkiem. Najbardziej popularnym rozwiązaniem są tzw. trapy tj. ruchome kładki, które łączą pokład statków z nawierzchnią nabrzeża. Przy wahaniami poziomu wody i stanu załadowania statku przyjmują one – na niewielkiej odległości – duże i zmienne kąty nachylenia (rys. 3.14). Sytuacja ta może utrudniać przemieszczanie się osób niepełnosprawnych z ograniczeniami ruchowymi.



Rys. 3.14. Połączenie statku z nabrzeżem stałym

Źródło: [opracowanie własne]

Stąd na przystaniach pasażerskich powinny być stosowane nabrzeża dwustopniowe. Pierwszy stopień ma charakter stały; drugi – mobilny, tworzony przez pomost pływający. Szkic takiego rozwiązania przedstawia rysunek 5.15.



Rys. 3.15. Pasażerskie nabrzeże dwustopniowe

Źródło: [opracowanie własne]

Trap łączący pomost pływający z nabrzeżem stałym, w którym usytuowano pochylnię, może przyjmować ujemne kąty położenia



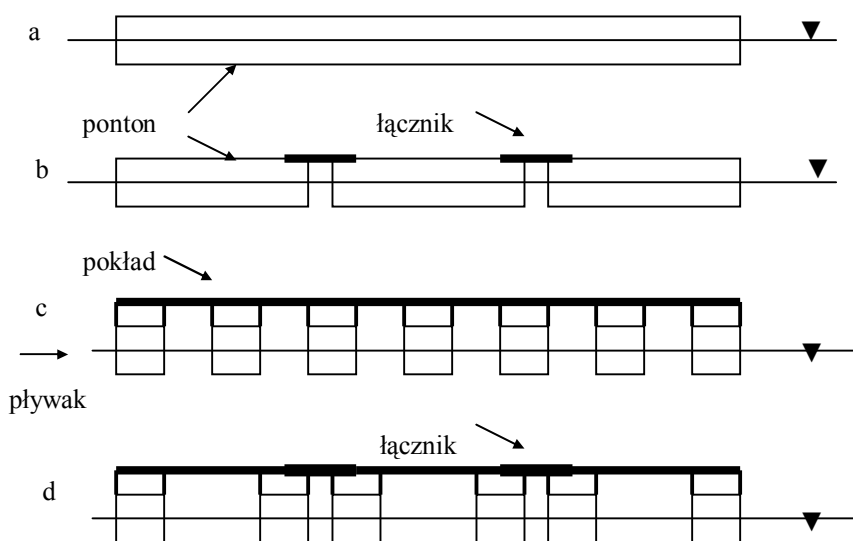
Rys. 3.16. Przystań pasażerska w Tczewie

Źródło: [fot; W.Mocny/portal.pl]

Konstrukcje pływające, w tym pomosty i wysięgniki są stosowane również na przystaniach jachtowych (marinach), w których poziom wody w akwatoriach ulega zmianom w granicach 0,5 – 1,5 metra. Pływające pomosty mogą być wykonywane w postaci [10]:

- a. pontonu o konstrukcji ciągłej,
- b. szeregu pontonów połączonych łącznikami,
- c. pokładu ciągłego posadowionego na oddzielnych pływakach,
- d. przeseł pokładów posadowionych na pływakach i połączonych łącznikami.

Ilustracja wyżej wymienionych rozwiązań zawarta jest na rysunku 3.17.



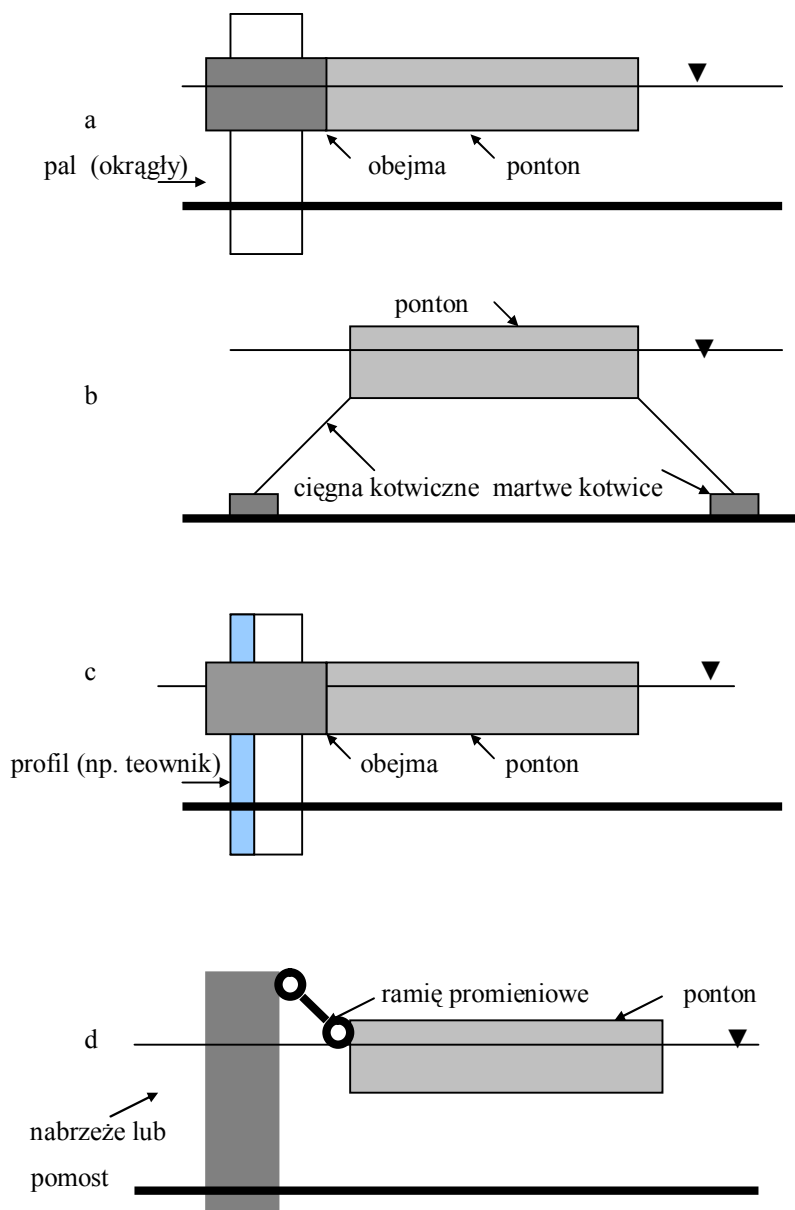
Rys. 3.17. Postacie rozwiązań pomostów pływających

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [10]]

Pomosty te utrzymywane są w założonym położeniu przy pomocy [10]:

- a. pali zamocowanych w dnie akwenu
- b. łańcuchów lub lin kotwicznych i martwych kotwic,
- c. suwaków,
- d. ramion promieniowych.

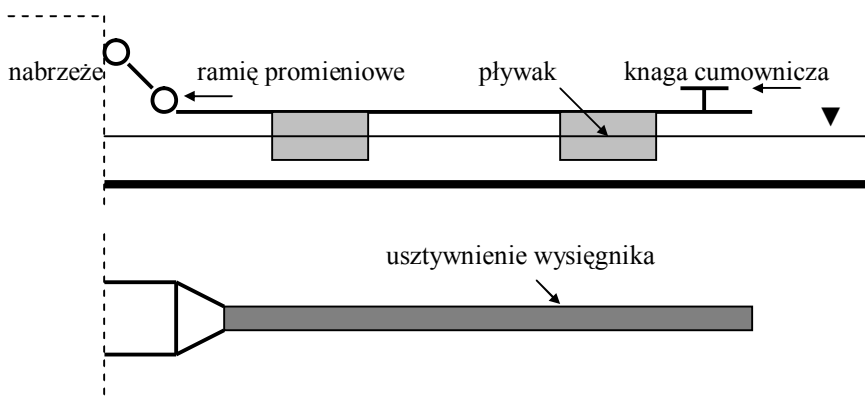
Ideę wymienionych konstrukcji ilustrują szkice na rysunku 3.18.



Rys. 3.18. Systemy utrzymywania pomostów pływających (pontonów)
 Źródło: [opracowanie własne na podstawie [10]]

Do zbioru konstrukcji pływających stanowiących wyposażenie przystani jachtowych należą wysięgniki cumownicze i wysięgniki cumowniczo – komunikacyjne. Podstawową funkcją wysięgnika cumowniczego jest umożliwienie

cumowania jednostki pływającej równoległe do tego wysięgnika. Schemat konstrukcji wysięgnika cumowniczego przedstawia rysunek 3.19.

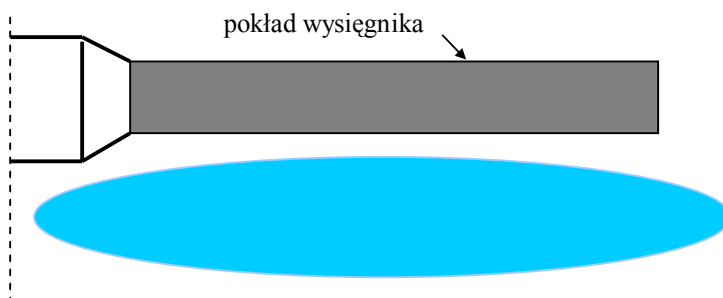


Rys. 3.19. Wysięgnik cumowniczy

Źródło: [opracowanie własne]

Komunikacja załogi z łodzią odbywa się w tym przypadku bez wykorzystania wysięgnika, poprzez dziób lub rufę usytuowane przy nabrzeżu

Rozszerzoną funkcję posiada oparty również na pontonach wysięgnik cumowniczo – komunikacyjny (rys.3.20).



Rys. 3.20. Wysięgnik cumowniczo komunikacyjny (widok z góry)

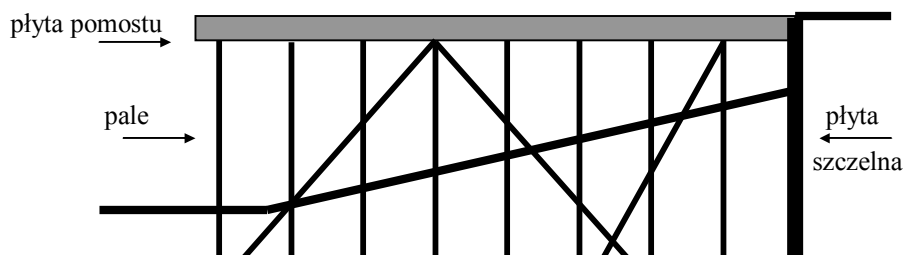
Źródło: [opracowanie własne]

Poza funkcją cumowniczą umożliwia on komunikację załogi z jednostką pływającą nie tylko poprzez jej dziób lub rufę ale dzięki odpowiedniej szerokości - także poprzez burty.

Przystanie jachtowe dysponują również stałymi obiektami służącymi pośrednio lub bezpośrednio stabilizacji usytuowania jednostek pływających. Oprócz

wcześniej omówionych nabrzeży pionowych i oczepowych w śródlądowych przystaniach jachtowych mogą nimi być nabrzeża pomostowe, pomosty i pirsy.

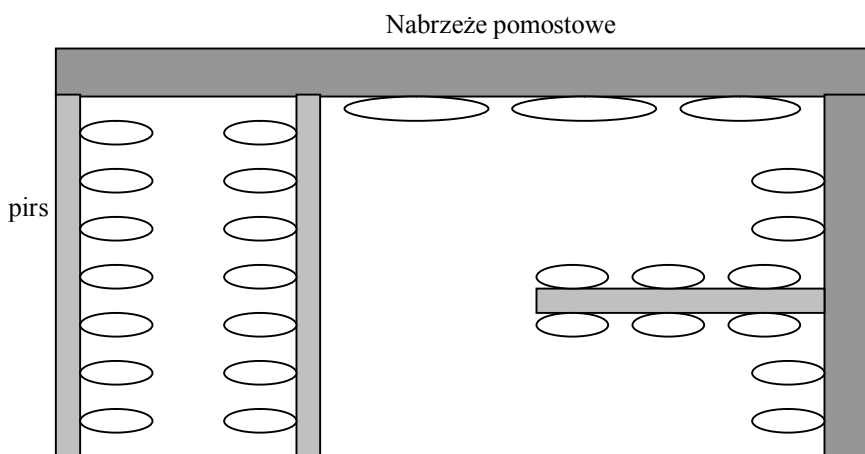
Konstrukcja nabrzeża pomostowego (rys. 3.21) składa się z pomostu, pali i płyty szczelnej, zabezpieczającej brzeg przed rozmywaniem.



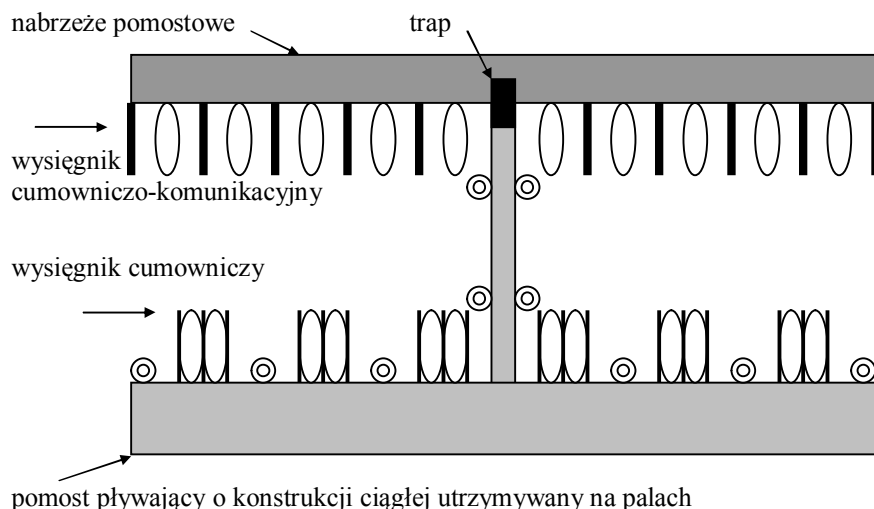
Rys. 3.21. Konstrukcja nabrzeża pomostowego
Źródło: [opracowanie własne na podstawie [10]]

Nabrzeża tego typu są umieszczane wzdłuż brzegów akwenu przystani. Podobną konstrukcję posiadają pirsy, które sytuowane są prostopadłe do brzegów lub nabrzeży oraz pomosty, łączące stałe konstrukcje poru.

Zbiór nabrzeży, pomostów i wysięgników tworzy możliwości budowy przystani jachtowych o zróżnicowanej konfiguracji urządzeń cumowniczo – komunikacyjnych. Ich specyficzne przykłady pokazane są na rysunkach 3.22.1 i 3.22.2.



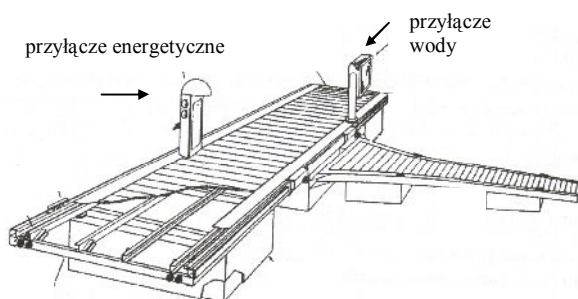
Rys. 3.22.1. Przystań jachtowa zbudowana z elementów stałych z mieszanym (szeregowo – równoległym) sytuowaniem jednostek pływających
Źródło: [opracowanie własne]



Rys. 3.22.2. Przystań jachtowa zbudowana w oparciu o elementy mieszane
Źródło: [opracowanie własne]

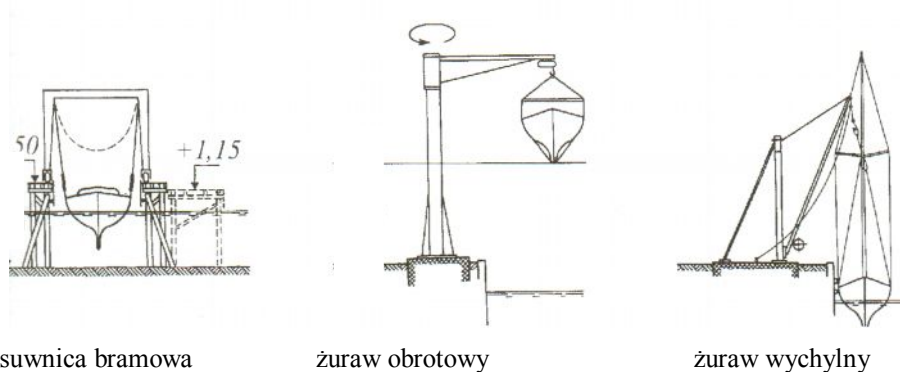
Poza akwatoriami uzbrojonymi w urządzenia cumowniczo – komunikacyjne przystanie jachtowe powinny dysponować zapleczem technicznym i bytowo – rekreacyjnym. Do obiektów zaplecza technicznego należą m.in.:

- urządzenia spustowo - podnośne służące przemieszczaniu jachtów z lądu na wodę i z wody na ląd,
- warsztaty naprawcze ,
- place i hale służące do przechowywania jachtów w porze zimowej,
- przyłącza wody i energii elektrycznej rozmieszczone w pobliżu stanowisk cumowniczych (rys. 3.23).



Rys. 3.23. Przykładowe rozmieszczenie przyłączy wody i energii elektrycznej na pomoście pływającym połączonym z wysięgnikiem cumowniczo – komunikacyjnym.
Źródło: [10]

Funkcje spustowo – podnośne mogą spełniać urządzenia podnośne (transportu pionowego) takie jak żurawie i suwnice.



suwnica bramowa

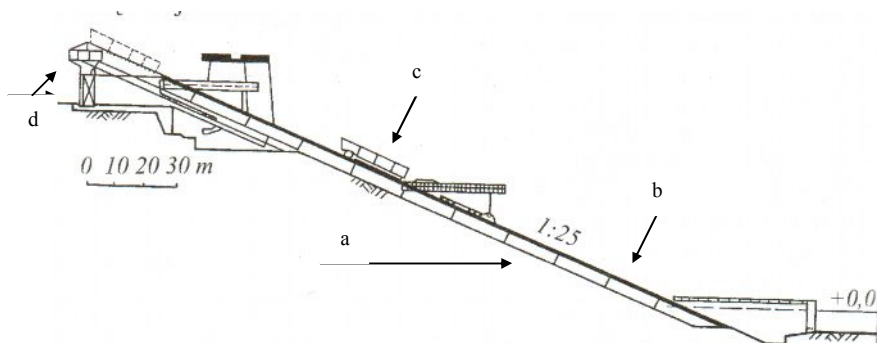
żuraw obrotowy

żuraw wychylny

Rys. 3.24. Urządzenia podnośne przystani jachtowych

Źródło: [10]

Tego typu funkcje są realizowane także przez urządzenia transportu podolnego zwane slipami.



Rys. 3.25. Urządzenie transportu podolnego; slip

Źródło: [10]

Slip składa się z pochylni (a), umieszczonych na niej torów (b), po których porusza się wózek szynowy (c), przemieszczany przy pomocy liny nawijanej na kabestan lub wciągarkę o bębnie poziomym (d).

Zaplecze bytowo – rekreacyjne przystani będzie tworzone przez miejsca noclegowe, samoobsługowe lub obsługowe bazy żywieniowe a także miejsca biesiad żeglarskich.

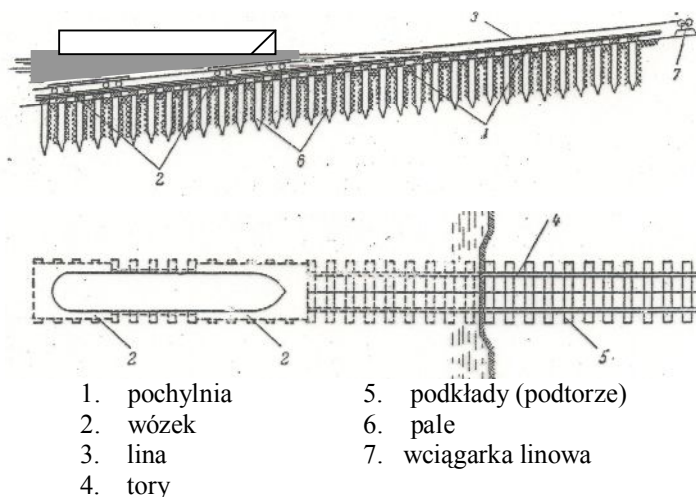
3.2. Stocznie śródlądowe

Stocznie w ogólnym ujęciu są przedsiębiorstwami budującymi statki lub prowadzącymi ich remont. W przypadkach stoczni śródlądowych procesy budowy i remontów jednostek pływających realizowane są w jednym zakładzie w oparciu o wspólne – dla obu procesów – wyposażenie techniczne. Lokalizacje stoczni mają miejsce w pobliżu szlaków żeglownych, by można było skorzystać z ich usług nie tylko w sposób planowany ale także w przypadkach awarii statków realizujących zadania transportowe. Jest to istotny przyczynek umożliwiający włączenie tych stoczni do punktowej infrastruktury transportu śródlądowego.

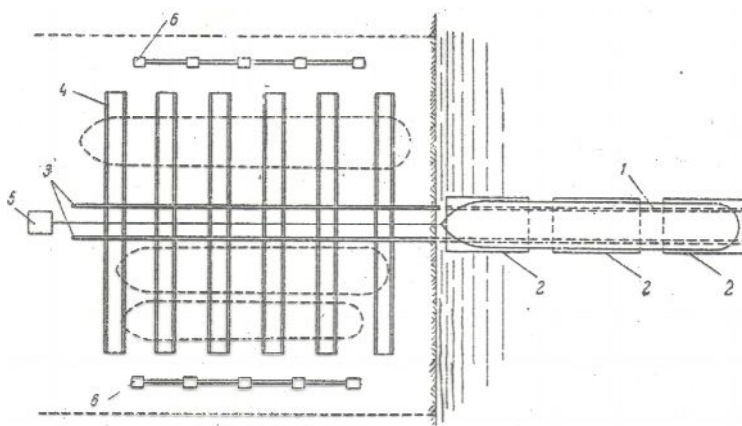
Stocznie rzeczne podobnie jak porty, posiadają swoje terytoria, akwatoria i nabrzeża. Tak jak w przypadku portów – akwatoria mogą być sytuowane w korycie rzek, basenach stoczniowych lub tworzyć układ mieszany.

Najbardziej złożonymi urządzeniami stoczni śródlądowych są konstrukcje służące wodowaniu nowo wybudowanych statków czyli przemieszczania ich ze stanowisk lądowych na wodę oraz przemieszczania jednostek przeznaczonych do remontu z wody na stanowiska lądowe. Tradycyjnie, tak jak w przypadku podobnych urządzeń stanowiących wyposażenie portów jachtowych, noszą one nazwę slipów. Nawodna część ich konstrukcji zlokalizowana jest na lądzie; część podwodna - w obszarze wodnym. Slipy występują w dwóch układach: układzie wzdłużnym i układzie poprzecznym.

Ideę obydwu układów przedstawiają rysunki 3.26.1 , 3.26.2 i 3.27.

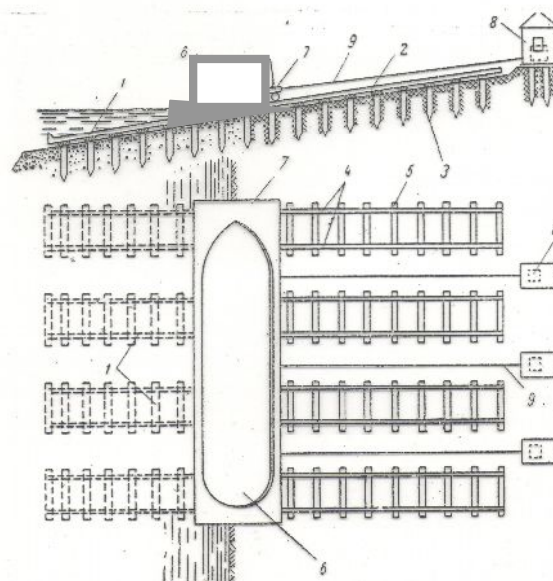


Rys. 3.26.1. Slip wzdłużny
Źródło: [20]



- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. statek | 4. tory rozrządu |
| 2. wózki wzdłużne | 5. wciągarka slipu |
| 3. tory slipu | 6. wciągarki rozrządu |

Rys. 3.26.2. Slip wzdłużny z lądowym rozrządem poprzecznym
Źródło: [20]



- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. pochylnia (cz. nadwodna) | 6. statek |
| 2. pochylnia (cz. podwodna) | 7. wózek poprzeczny |
| 3. pale | 8. wciągarki linowe |
| 4. tory | 9. liny |
| 5. podkłady (podtorza) | |

Rys.3.27. Slip poprzeczny
Źródło: [20]

We wszystkich rozwiązaniach bazę slipów stanowi pochylnia, na której umieszczona jest jedna para torów (slip wzdłużny) lub kilka par (slip poprzeczny). Na torach posadowione są wózki o trójkątnym kształcie przekroju, by przemieszczany statek zawsze znajdował się w położeniu pionowym.

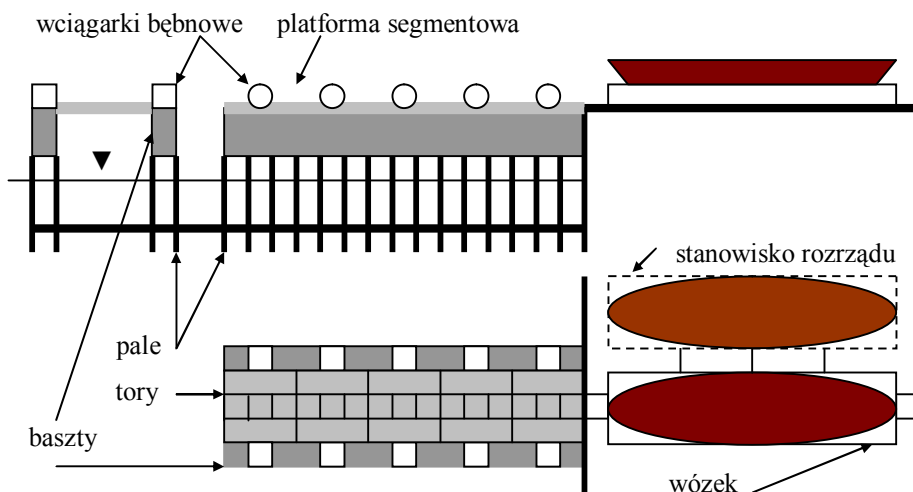
Slip wzdłużny wymaga akwatorium o większej szerokości, ponieważ jego wykorzystanie wymusza usytuowanie statku prostopadle do nabrzeża. Pojedyncze podtorze tego slipu obciążone jest całkowitą masą jednostki pływającej. Z tych dwóch wymienionych powodów slipy wzdłużne stosowane są do przemieszczania statków o relatywnie małej długości. Natomiast niezaprzeczalną ich zaletą jest możliwość uproszczonego technicznie uzyskania rozrządu poprzecznego, zwiększającego liczbę stanowisk montażowo – remontowych co wykazano na rys. 5.22.2.

Slipy poprzeczne wymagają terytorium i akwatorium o większych długościach, ale z kolei obsługiwane przez nie statki sytuowane równolegle do nabrzeża, nie wymagają akwatorium o znaczącej szerokości. Jest to istotne ze względu na innych użytkowników dróg wodnych. Jednocześnie rozkład obciążeń wynikających z masy jednostki na kilka podtorzy, preferują tę konstrukcję do przemieszczania średnich i dużych statków śródlądowych.

Nowocześniejsze stocznie rzeczne dysponują również nowszymi urządzeniami spustowo – podnośnymi. Są nimi podnośniki pionowe zwane także syncroliftami. Składają się one z platformy zestawionej z segmentów, z których każdy przemieszczany jest pionowo - w sposób zsynchronizowany z innymi segmentami - za pomocą pary wciągarek bębnowych i lin nośnych. Ruch ten umożliwia podnoszenie lub opuszczanie statku znajdującego się na platformie. Wciągarki umieszczone na obrzeżach (basztach wzdłużnych) syncroliftu, determinują jego prostopadłe ustawienie w stosunku do nabrzeży stoczni. Na platformie umieszczone są tory, po których porusza się wózek, przemieszczając posadowiony na nim statek na stanowiska lądowe lub ze stanowisk lądowych. Rozwiązanie takie sprzyja stosowaniu (jak przy slipie wzdłużnym) lądowego rozrządu poprzecznego i zwiększania liczby lądowych stanowisk budowlano – remontowych jednostek pływających. Rozrząd równoległy realizowany jest przy zastosowaniu przesuwownicy, na którą wciągany jest wózek syncroliftu. Przesuwница z reguły podparta jest na kilku szynach. W miejsce przesuwownicy może być zastosowana

także obrotnica. Przy jej udziale w procesie rozrządu, stanowiska rozrządu są lokalizowane promieniowo.

Schemat konstrukcji podnośnika przedstawia rysunek 3.28.



Rys. 3.28. Schemat konstrukcji podnośnika pionowego (syncroliftu) i usytuowania stanowisk rozrządu

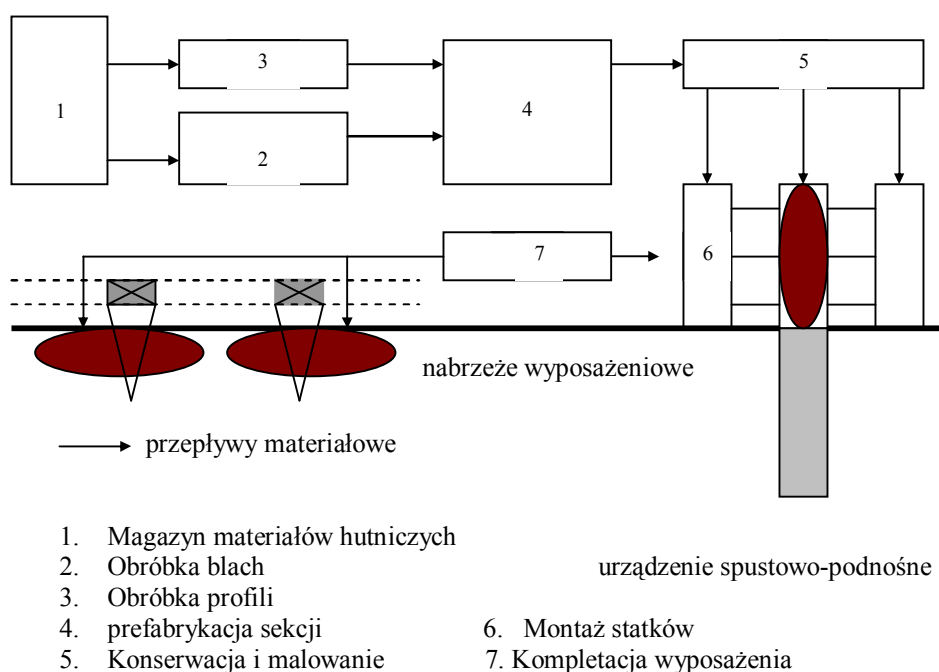
Źródło: [opracowanie własne]

Zaletą syncroliftu jest to, że stosowane wózki mają prostokątny przekrój wzdłużny co ułatwia przemieszczanie statku na stanowiska rozrządu. Ponadto syncrolift nie wymaga takiej konserwacji części podwodnej jak konstrukcje slipów. Wymaga natomiast istnienia tuż przy nabrzeżu akwenu o znaczącej głębokości, tworzącej przestrzeń niezbędną do zanurzenia platformy.

Syncrolifty są stosowane w stocznich budujących i remontujących statki o masie kilkuset ton. Do przemieszczania statków dużo lżejszych stocznie śródlądowe stosują dźwignice w postaci żurawi, suwnic bramowych poruszających się po torach lub wózków bramowych, poruszających się na kołach ogumionych. Ze względu na specyfikę konstrukcji statków śródlądowych wyrażoną dużą wartością relacji ich długości do wysokości bocznej (L/H) a tym samym charakteryzujących się dużą podatnością na odkształcenia i zniszczenia, statki te - w czasie ich przemieszczania - muszą być podparte w sposób ciągły lub quasyciągły.

Poza urządzeniami spustowo – podnośnymi stocznie śródlądowe dysponują także nabrzeżami i warsztatami. Nabrzeża z reguły służą do cumowania statków będących w fazie wyposażania w procesie ich budowy lub remontu. Podstawowe

warsztaty funkcjonują w ramach realizacji zadań realizowanych na kadłubach statków. Warsztaty wyposażeniowe mają charakter warsztatów kompletacyjnych wyposażenia pochodzącego z dostaw kooperacyjnych. Do warsztatów kadłubowych zaliczane są warsztaty obróbki blach i profili, prefabrykacji sekcji, konserwacji i malowania oraz stanowiska montażowe statków. Schemat rozmieszczenia warsztatów i stanowisk stoczni śródlądowej przedstawia rysunek 3.29.



Rys. 3.29. Przykładowe rozmieszczenie warsztatów i stanowisk stoczni śródlądowej
Źródło: [opracowanie własne]

Warsztaty kadłubowe i wyposażeniowe są wykorzystywane zarówno w procesie budowy nowych statków jak również w procesie remontowym statków eksploatowanych.

We współczesnych rozwiązaniach wszystkie „lądowe” procesy technologiczne odbywają się w warunkach chroniących je przed wpływem warunków atmosferycznych tj. w kompleksie zadaszonym tworząc tzw. *compact*. Takie rozwiązanie poprawia komfort pracy przyczyniając się jednocześnie do zwiększania jej wydajności. Umożliwia także stosowanie technologii budowy i napraw wymagających izolowanych warunków.

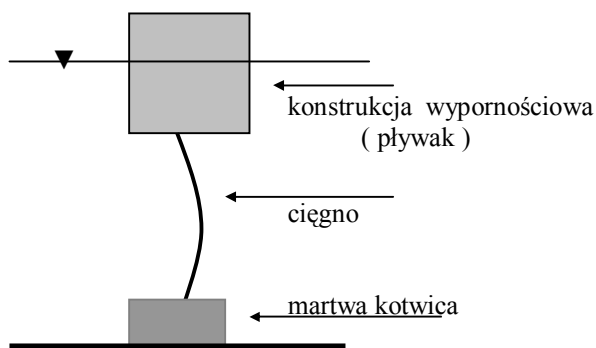
4. SZLAKI ŻEGLOWNE DRÓG WODNYCH

4.1. Oznakowanie szlaków żeglownych

Szlak żeglowny stanowi tą część drogi wodnej, która jest wydzielona do uprawiania żeglugi głównie towarowej i pasażerskiej. Posiada on swoją lewą i prawą stronę. Prawa i lewa strona szlaku żeglownego przebiegającego przez rzeki i kanały, podobnie jak prawy i lewy brzeg drogi wodnej, identyfikowany jest kierunkiem spadku (przepływu) wody. Ruch statku zgodny z kierunkiem spadku (kierunek „w dół”) utożsamia lewą stronę szlaku z lewą burtą statku; prawa strona szlaku utożsamiana jest z jego prawą burtą.

Szlaki przebiegające przez jeziora i rozlewiska w kierunku południe – północ, lewą stronę szlaku posiadają po stronie zachodniej; prawą po stronie wschodniej. Przy przebiegu szlaku na kierunku wschód – zachód lewa jego strona znajduje się po stronie południowej a prawa po północnej.

Przebieg szlaku żeglownego jest oznaczony dwoma rodzajami znaków: znakami pływającymi i stałymi znakami brzegowymi [16]. Znaki pływające nazywane pławami lub bojami służą do oznakowania granic (skrajni) szlaku żeglownego. Ich konstrukcja ma charakter wypornościowy a stabilizację pozycji osiąga dzięki połączeniu części wypornościowej liną stalową lub łańcuchem z tzw. martwą kotwicą posadowioną na dnie akwenu.



Rys. 4.1. Pływający znak (pława) szlaku żeglownego

Źródło: [opracowanie własne]

Martwa kotwica zwykle jest blokiem żelbetonowym lub żeliwnym

Celem identyfikacji, znaki pływające posiadają swój specyficzny kształt, kolor, tzw. znak szczytowy oraz odpowiednik świetlny.

Kształt znaków pływających oznaczających granice szlaku żeglownego wynika z warunków jakie obiekt nawigacyjny powinien spełniać, by być widzialnym i rozróżnialnym. Z reguły nadwodna część znaku ma kształt stożkowy ułatwiający jego odporność na uderzenia pływającymi przedmiotami stałymi. Część podwodna ze względu na stateczność, również posiada kształt stożkowy. Wymiary części podwodnych pław powinny być adekwatne do prędkości nurtu drogi wodnej, na której znak ten został umieszczony. Zbyt mała wyporność znaku może powodować jego zanurzenie się pod powierzchnię wody przy zwiększonych (np. w wyniku intensywnych opadów) prędkościach przepływu wody.

Dobór wymiarów części podwodnej może być zrealizowany poprzez badania doświadczalne. Do badań tych niezbędny jest model fizyczny pławy wykonany w określonej skali geometrycznej (Kl) oraz cyrkulacyjny basen doświadczalny posiadający możliwość regulacji prędkości przepływu wody. Prędkość przy której model zacznie zanurzać się pod powierzchnię wody należy potraktować jako modelową prędkość graniczną (v_m).

Prędkość graniczna przepływu wody (v_o) dla obiektu rzeczywistego, wynika z prawa podobieństwa modelowego o postaci:

$$v_o = v_m * \sqrt{Kl} \quad (6)$$

W oparciu o to samo prawo można również odpowiedzieć na pytanie, jaka powinna być skala modelowa a w rezultacie jaki powinien być wymiar obiektu, by przenieść napór wody determinowany jej rzeczywistą prędkością przepływu. W tym przypadku prawo podobieństwa przyjmuje postać:

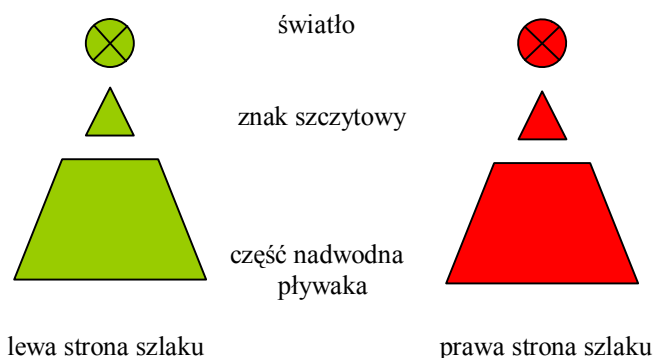
$$Kl = (v_o / v_m)^2 \quad (7)$$

W powyższych badaniach modelowaniu podlega również długość ciągu. Natomiast kąt nachylenia ciągu jest taki sam dla modelu i dla obiektu rzeczywistego.

Kolor pław jest pierwszym czynnikiem wyróżniającym znak lewej i prawej strony szlaku. Znaki lewej strony posiadają kolor zielony; prawej – czerwony. Drugim czynnikiem różniącym pławy są znaki szczytowe umieszczane na ich szczytach. Lewą stronę identyfikuje znak stożka; prawą – znak walca o osi pionowej.

Celem możliwości obserwacji pław w warunkach żeglugi nocnej powinny one być wyposażone w światło świecące rytmicznie o dowolnym rytmie. Kolor światła musi odpowiadać stronom szlaku.

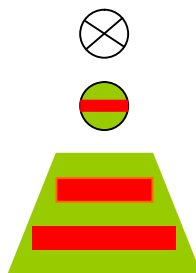
Szkice części nadwodnych typowych pław oznaczających granice szlaku żeglownego prezentuje rysunek 4.2.



Rys. 4.2. Pławy oznaczające granice szlaku wodnego

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

Czasem szlak żeglowny się rozwidla o czym informuje pława stożkowa w kolorach zielono – czerwonym i z kulistym znakiem szczytowym. Odpowiednik świetlny tej pławy ma izofazowe (np. trzy następujące po sobie błyski) światło białe.



Rys.4.3. Pława oznaczająca rozwidlenie szlaku żeglownego

Źródło:[opracowanie własne na podstawie [13]]

Przyjęło się, że na drogach wodnych o mniejszych głębokościach dla oznaczenia skrajni szlaku ustawia się tzw. tyki, bezpośrednio wbite w dno akwenu. Mogą nimi być belki drewniane lub rury odpowiednio pomalowane i wyposażone w znak szczytowy.

Wyjątkowo w przypadkach wąskich akwenów znaki pływające są zastępowane stałymi znakami oznaczającymi miejsca niebezpieczne jak np. ostrogi regulacyjne. Składają się one ze znaków szczytowych i tyk posadowionych na brzegu. Znaki szczytowe mają kształt trójkąta o kolorystyce adekwatnej do strony szlaku żeglownego (rys.4.4).



znak lewej strony szlaku



znak prawej strony szlaku

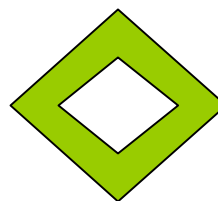
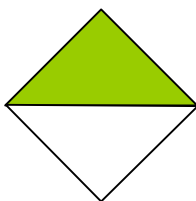
Rys.4.4. Znaki stałe oznaczające miejsca niebezpieczne

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

Oznakowanie szlaku żeglownego znakami brzegowymi stosowane jest przede wszystkim na drogach wodnych identyfikowanych z rzekami. Infrastrukturalne znaki brzegowe wskazują na przebieg szlaku żeglownego wzdłuż brzegów. Posiadają one swoją kolorystykę oraz konfigurację, na którą składają się: znaki szczytowe, słupy – służące ich posadawianiu oraz odpowiedniki świetlne znaków. Podstawowymi znakami brzegowymi są:

- znaki przebiegu szlaku żeglownego wzdłuż prawego i lewego brzegu drogi wodnej,
- znaki wskazujące przejście szlaku żeglownego od jednego brzegu drogi wodnej do jej drugiego brzegu.

Pierwszy rodzaj znaków służący oznakowaniu przebiegu szlaku wzdłuż lewego brzegu, ma białą – zieloną kolorystykę znaków szczytowych i zielone rytmiczne światło. Alternatywne grafiki prostokątnych znaków szczytowych tych znaków brzegowych zaprezentowane są na rysunku 4.5.1.



Rys. 4.5.1. Znaki szczytowe oznakowania lewego brzegu drogi wodnej dotyczące przebiegu szlaku żeglownego

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

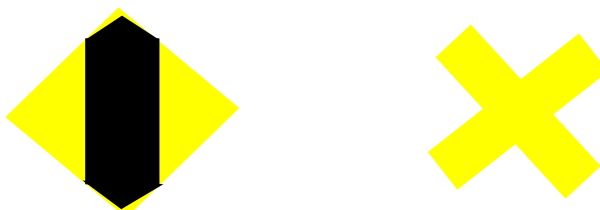
Znaki przebiegu szlaku wzdłuż prawego brzegu mają kolorystykę czerwono białą i czerwone rytmiczne światło. Ich znakami szczytowymi mogą być tablice zaprezentowane na rysunku 4.5.2.



Rys. 4.5.2 Znaki szczytowe oznakowania prawego brzegu drogi wodnej dotyczące przebiegu szlaku żeglownego

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

Drugi rodzaj znaków brzegowych dotyczy zmiany przebiegu (przejścia) szlaku od jednego brzegu drogi wodnej do brzegu drugiego. Znaki, sygnalizujące zmianę przebiegu szlaku od brzegu lewego do brzegu prawego mają barwy żółto – czarne i rytmicznie przerywane światło żółte z nieparzystą liczbą błysków w grupie. Ich znaki szczytowe – to tablice kwadratowe lub krzyż św. Andrzeja.



Rys. 4.6.1. Znak szczytowy oznaczający przejście szlaku z brzegu lewego na prawy

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

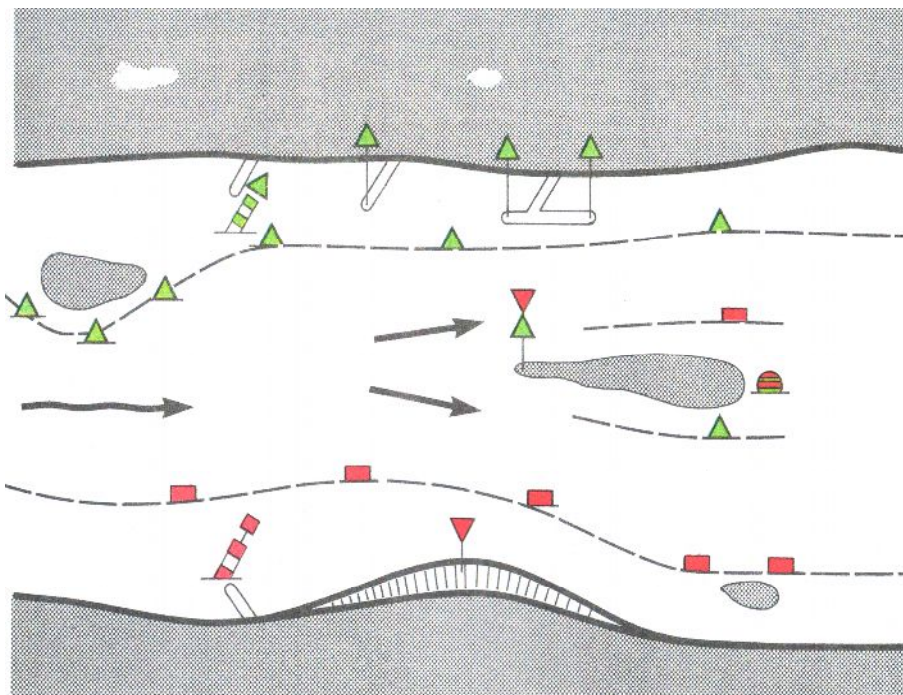
Przejście szlaku od brzegu prawego do lewego sygnalizowane jest znakiem także o kolorystyce żółto - czarnej i błyskowym światłem żółtym z parzystą liczbą błysków w grupie. Jego grafikę prezentuje rysunek 4.6.2.



Rys. 4.6.2. Znak szczytowy oznaczający przejście szlaku z brzegu prawego na lewy

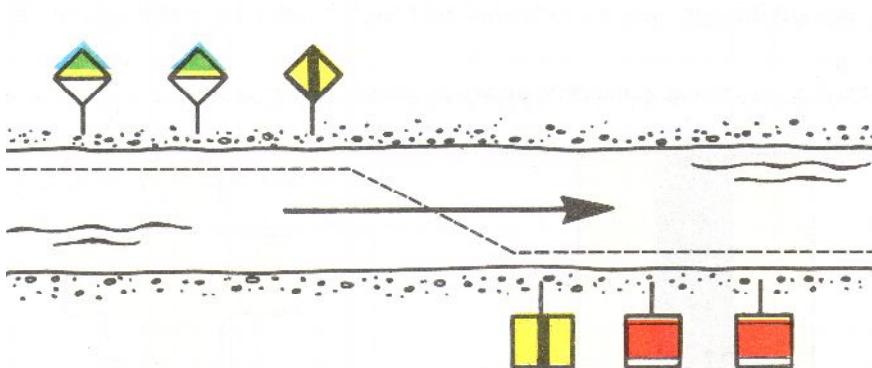
Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

Przykład usytuowania znaków wyznaczających położenie skrajni szlaku żeglownego przedstawia rysunek 4.7.



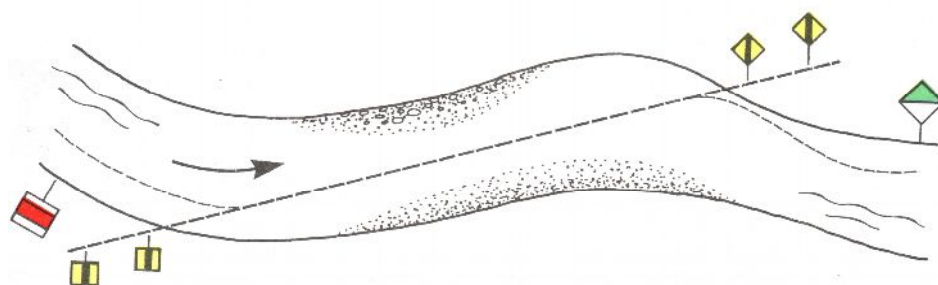
Rys.4.7. Przykładowe oznakowanie skrajni szlaku żeglownego
Źródło: [13]

Przykład usytuowania znaków informujących o przejściu szlaku żeglownego z jednego brzegu na drugi przedstawia rysunek 4.8.



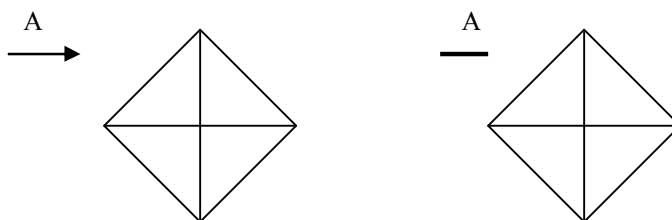
Rys.4.8. Przykładowe oznakowanie przejścia szlaku żeglownego
Źródło: [13]

Alternatywna koncepcja sytuowania znaków przejścia zakłada takie ich umieszczanie by tworzyły nabieżnik. Pokazuje on odcinkowy kurs statku, który dzięki odpowiednikom świetlnym jest widoczny także w warunkach ograniczonej widzialności w tym w porze nocnej.



Rys. 4.9. Alternatywne usytuowanie znaków przejścia szlaku żeglownego, w którym tworzą one nabieżnik
Źródło: [13]

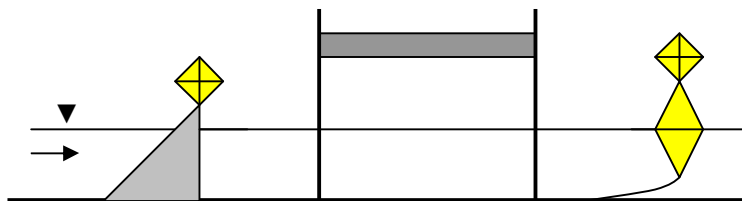
Dla znaków pływających jak również żeglugowych przesł mostów a także napowietrznych linii energetycznych przebiegających nad drogą wodną, istotne jest ich uzupełnienie urządzeniami umożliwiającymi wyróżnianie tych obiektów nawigacyjnych w warunkach ograniczonej widzialności (mgły, śnieżycy, intensywnych opadów deszczu). Urządzeniami tymi są reflektory radarowe. W klasycznym rozwiązaniu stanowią one prostą konstrukcję składającą się z wzajemnie prostopadłych płyt. Wbrew nazwie reflektory nie są źródłem jakiegokolwiek promieniowania. Ich zadanie polega na odbijaniu i multiplikowaniu wiązki radarowych fal elektromagnetycznych w taki sposób, by małe obiekty były wyraźnie widoczne na monitorze systemu radarowego umieszczonego na jednostce pływającej.



Rys. 4.10. Klasyczny reflektor radarowy
Źródło: [opracowanie własne]

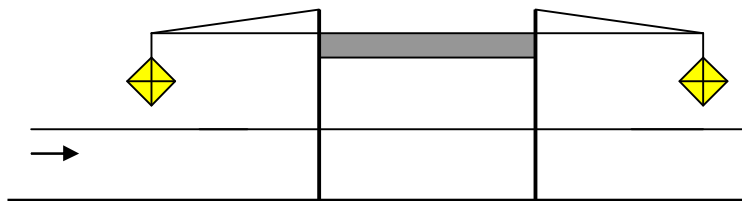
Reflektory mogą również przyjmować kształt trójkątny lub prostokątny zastępując znaki szczytowe pław. Dzięki reflektorom umieszczonym na pławach szlak żeglowny jest widoczny na monitorze radaru w postaci rozbłysków, generowanych przez echa tych reflektorów.

Sposób oznakowania reflektorami prześel żeglugowych może być dwojaki. W pierwszym z nich, reflektory radarowe umieszczane są na obiekcie stałym (np. na izbicach) przed filarem prześła i na pławach o barwie żółtej – za filarem prześła żeglugowego.



Rys. 4.11.1. Oznakowanie filaru prześła żeglugowego z posadowionymi reflektorami
Źródło: [opracowanie własne]

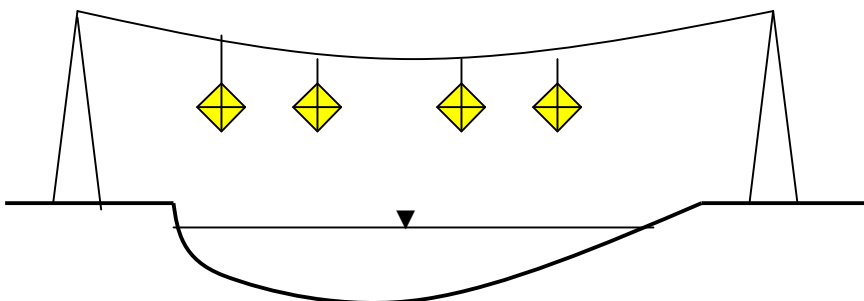
Sposób drugi polega na umieszczeniu reflektorów na tzw. wytyku. Przymocowanym do konstrukcji mostu



Rys. 4.11.2. Oznakowanie prześła żeglugowego z podwieszonymi reflektorami
Źródło: [opracowanie własne]

Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku odległości reflektorów radarowych od filarów prześła żeglugowego zależy od rozdzielczości stosowanych radarów. Najczęściej odległość ta powinna wynosić od 7 – 12 metrów. Spełnienie tego warunku umożliwia obserwację miejsc usytuowania reflektorów a tym samym filarów prześła na tle echa radarowego całej konstrukcji mostu.

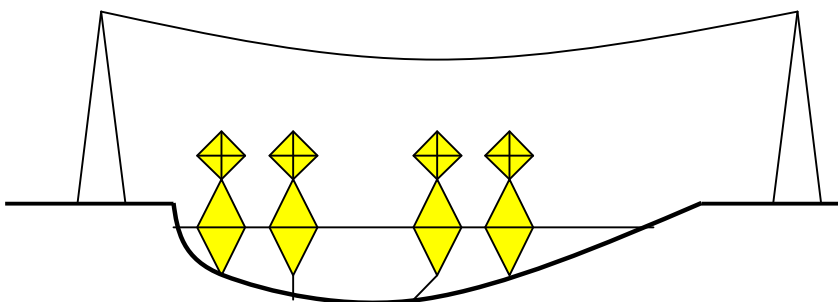
W oznakowaniu energetycznych linii napowietrznych dopuszczalne są dwa sposoby prowadzące do ich identyfikacji. Sposób pierwszy polega na podwieszeniu reflektorów radarowych do przewodów linii (rys. 4.13).



Rys. 4.12.1. Podwieszone oznakowanie linii napowietrznej

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

Sposób drugi, polega na umieszczaniu - w przekrojach koryta drogi wodnej nad którym przebiega linia – po jednej parze żółtych pław zaopatrzonych w reflektory radarowe po każdej stronie szlaku żeglownego.



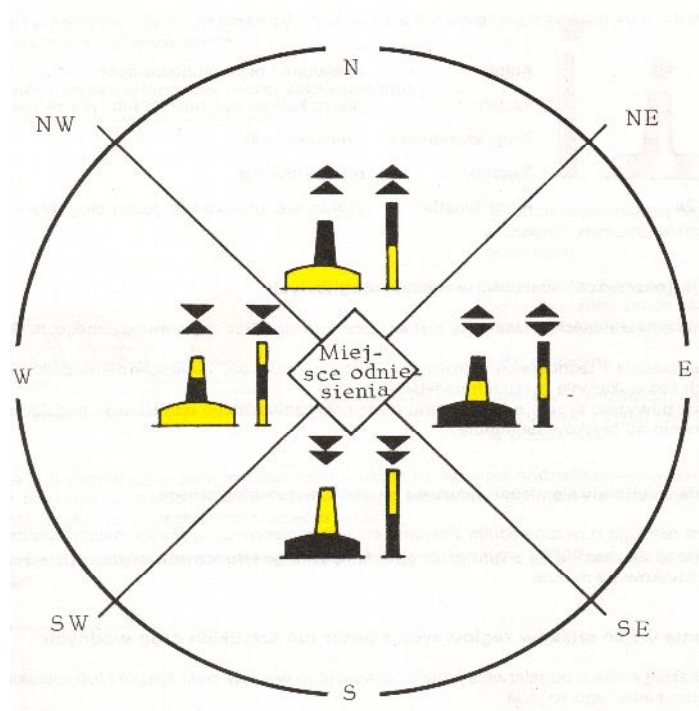
Rys. 4.12.2. Oznakowanie linii napowietrznej z zastosowaniem pław

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [13]]

Kolor żółty pław o różnych kształtach zawsze informuje o zamknięciu ruchu na akwenie nimi oznakowanym. Kolor ten występuje również na pławach lub tykach tzw. znaków kardynalnych. Uzupełniającym ich kolorem jest kolor czarny.

Istota znaków kardynalnych polega na wskazywaniu przez te znaki niebezpieczeństw w obszarach występujących za tymi znakami. Identyfikacja obszaru wodnego za znakiem i przed znakiem jest możliwa dzięki ustanowieniu dla tego celu znaków, po jednym znaku adekwatnym do określonego kwadrantu (wycinka koła, odpowiednio usytuowanego do stron świata). Cztery kwadranty tj. północny, wschodni, południowy i zachodni, są ograniczone namiarami rzeczywistymi: NW-NE, NE-SE, SE-SW, SW-NW.

Ilustrację graficzną dotyczącą znaków kardynalnych prezentuje rysunek 4.13.



Rys. 4.13. Rodzaje i sposób rozmieszczenia znaków kardynalnych
Źródło: [13]

Oznakowanie takie może występować na rozlewiskach (zalewach), jeziorach i szerokich rzecznych drogach wodnych.

Poza znakami przeznaczonymi do identyfikacji elementów infrastruktury transportu wodnego, na drogach wodnych pojawiają się również oznakowania dotyczące eksploatacji tejże infrastruktury.

Są to [16]:

- znaki żeglugowe zakazu (o barwach biało – czerwonych),
- znaki żeglugowe nakazu (o barwach biało – czerwonych),
- znaki żeglugowe ograniczające (o barwach biało - czerwonych),
- znaki nie wiążącego zalecenia (o barwach żółtych),
- znaki wskazania (o barwach niebiesko – białych),
- znaki uzupełniające informacyjne

Jednymi ze znaków uzupełniających ważnych zarówno dla eksploatacji jak również formalnego opisu infrastruktury są znaki ograniczające, dotyczące szerokości prześwłu żeglugowych i wysokości prześwitów pod mostami. Innymi znakami tego typu są informacyjne znaki „kilometrażowe”. Są one znakami brzegowymi, posiadającymi znak szczytowy (tablicę szczytową) w kształcie prostokąta, posadowionymi na żerdziach utwierdzonych na brzegu drogi wodnej.



Rys. 4.14. Tablica szczytowa znaku kilometrażowego

Źródło: [opracowanie własne]

Znaki takie rozstawiane są w odstępach 1 kilometra. Zawarta na białej tablicy informacja w postaci czarnej barwy cyfry dotyczy liczby kilometrów, które dzielą znak od punktu początkowego drogi wodnej. Stąd ważna jest znajomość zasad określania kilometrażu dróg wodnych. Znaki kilometrażowe sygnalizujące zerowy kilometr drogi wodnej umieszczane są w górnych ich odcinkach lub odcinkach ujściowych.

Na polskich drogach wodnych pierwszy sposób oznakowania został przyjęty dla Wisły i Odry; pozostałe rzeki żeglowne, stanowiące dopływy I rzędu rzek głównych a także ich dopływy II rzędu, zostały oznakowane według drugiego. z podanych sposobów. Tablice kilometrażowe dopływów z informacją w postaci cyfry „0” usytuowane są w ujściach tych dopływów.

Z reguły, kilometraż jest odniesiony do dróg wodnych, których wyróżnikiem jest nazwa geograficzna rzek, jezior, rozlewisk (zalewów), cieśnin lub kanałów. Są jednak sytuacje, w których trudno jest jednoznacznie ustalić odcinek drogi wodnej i ustanowić jej kilometrażowy opis. Występują one w przypadkach węzłów wodnych

stanowiących integralną część drogi wodnej. Przykładowym takim węzłem jest Szczeciński Węzeł Wodny.



Rys. 4.15. Szczeciński Węzeł Wodny

Źródło: [rzgw szczecin]

Stanowi on część Odrzańskiej Drogi Wodnej. Wyróżnionymi żeglugowymi odcinkami tej drogi i tego węzła są m.in.:

- Odra Zachodnia,
- Odra Wschodnia,
- Przekop Klucz – Ustowo,
- Regalica ,
- Jez. Dąbie.

Posiadają one oznaczenie kilometrażowe dotyczące tylko tych odcinków.

Informacja o kilometrażu śródlądowych dróg wodnych, stanowi podstawowy identyfikator locji tych dróg. Locja śródlądowa – jest przewodnikiem zawierającym mapy, informacje o miejscowościach, budowlach, urządzeniach usytuowanych wzdłuż dróg wodnych a także o ich wieloletnich stanach wody, śluzach, mostach i energetycznych napowietrznych liniach przesyłowych. Z reguły zawierają również informacje uzupełniające. Przykład locji w tabelarycznej formie został przedstawiony w tabeli 4.1.

Tabela 4.1.

Locja Kanału Gliwickiego
(fragment)

Odległość od przystanku km	Brzeg	Wyszczególnienie (miejscowości, budowle, urządzenia itp.)	Stany wody			Śluzy		Mosty i przewody				Uwagi (określenia dodatkowe)
			SNW	SW	WWZ	Wymiary użytkowe		Prześia żeglowne		Wzniesienie dolnej konstrukcji przy stanie		
			[cm]	[cm]	[cm]	Długość [m]	Szerokość [m]	Liczba [szt.]	Szerokość [m]	SW NPP [m]	WWZ [m]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,00		Początek Kanału Gliwickiego. Ujście do rzeki Odry w km 98,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,20		Przewód EWN	-	-	-	-	-	-	-	15,0	-	3 baseny, ogólna powierzchnia 5,23 ha
0,20-1,10		Port Koźle, zimowisko, schronisko, warsztaty remontowe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		ZK; Przewód podwodny TEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,63		Miasto Kędzierzyn-Koźle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,67	L	Most drogowy	-	-	-	-	-	1	20,6	5,81	-	Most żelbetowy, jednoprzęsłowy ZK na całej długości kanału Spad 10,40 m
		ZK; znaki żeglugowe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,50	L P	Śluza i Kłodnica, bliźniacza	-	-	-	72,0	12,0	-	-	-	-	
3,63		Dolne wrota śluzy I	-	-	-	-	-	-	12,0	5,50	-	
		Dolne wrota śluzy II	-	-	-	-	-	-	12,0	5,48	-	

L - brzeg lewy; P - brzeg prawy; ZK - zakaz kotwiczenia; SNW - średnia niska woda; SW - woda średnia; WWZ - największa woda żeglowna; EWN - wysokie napięcie; TEL - telefon

L – brzeg lewy; P – brzeg prawy; ZK – zakaz kotwice; SNW – średnia niska woda; SW – woda średnia; WWZ – największa woda żeglowna; EWN – wysokie napięcie; TEL – telefon

Źródło: [Informator drogi wodnej rzeki Odry. ODGW Wrocław, Wrocław 1994]

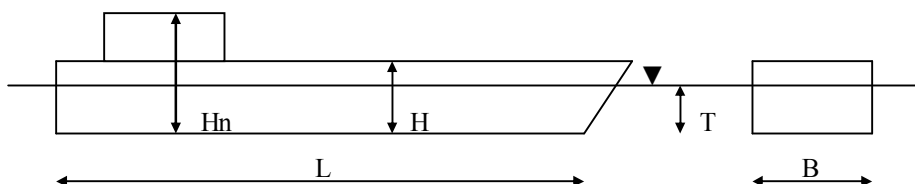
Dopuszczalny sposób wykorzystania dróg wodnych dla celów transportowych określany jest ponadto przez:

- zasady ruchu żeglugowego emitowane w odpowiednich przepisach,
- zasady organizacji i zakresu prac utrzymaniowych,
- bieżące informacje o warunkach żeglugowych.

4.2. Parametryzacja szlaków żeglownych dróg wodnych

Wymiary geometrii dróg wodnych, muszą być adekwatne do wymiarów statków, które po tych drogach się przemieszczają. Dla oceny możliwości ruchu statku na określonej drodze wodnej istotne są jego wymiary główne, tj. długość (L), szerokość (B), zanurzenie (T), a także wysokość boczna (H) czy wysokość nierozbieralna (H_n).

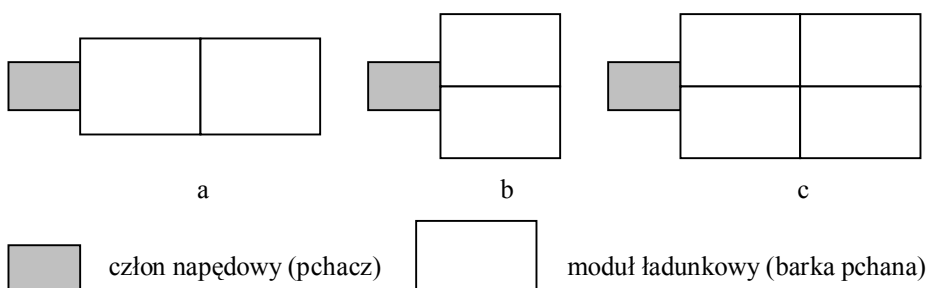
Wymiary długości i szerokości statków o konstrukcji ciągłej, są wymiarami stałymi dla określonego typu jednostki pływającej.



Rys. 4.16. Wymiary statku o konstrukcji ciągłej

Źródło: [opracowanie własne]

Statki zestawne mogą te wymiary zmieniać skokowo o wartość długości i szerokości ich modułów. Różnicowanie wymiarów statków zestawnych jest możliwe ze względu na różnorodność typów modułów ładunkowych tych statków tj. barek pchanych oraz ich konfiguracje w zestawie. Zestawy mogą być tworzone przez układ szeregowy modułów ładunkowych skutkujący rosnącą długością zestawów, układ równoległy - dający wzrost szerokości zestawów lub szeregowo – równoległy (o rosnącej długości i szerokości).



Rys. 4.17. Konfiguracje zestawów pchanych; a. szeregowy; b. równoległy;

c. szeregowo - równoległy

Źródło: [opracowanie własne]

W obydwóch wymienionych rozwiązaniach konstrukcyjnych tj. statkach motorowych i zestawach pchanych, zmiennym w sposób ciągły ich wymiarem może być zanurzenie. Jest ono wynikiem masy własnej statku i masy jego ładunku. Dążenie do minimalizacji kosztów jednostkowych transportu skutkuje dążeniem do maksymalizacji masy ładunku co wpływa na wzrost projektowych wymiarów statku, w tym jego zanurzenia eksploatacyjnego. Zanurzenie jest ostatecznie weryfikowane głębokością drogi wodnej. Ten parametr o zadawalającej wartości, jest bardzo trudny do realizacji ze względu na naturę rzek i technologię budowy kanałów. W projektowaniu dróg wodnych i warunków ich eksploatacji przyjmuje się, że głębokość tranzytowa (tj. głębokość dostępna dla żeglugi na drodze wodnej lub jej odcinku) powinna zapewnić bezpieczny ruch statków o zanurzeniu T co powoduje, że:

$$ht = T + \Delta h \quad (8)$$

gdzie: ht – głębokość tranzytowa

Δh – zapas głębokości

Minimalna wartość zapasu głębokości określana jest często jako ułamek wartości zanurzenia [5] np.:

$$\Delta h_{min} = (0,15 - 0,20)T \quad (9)$$

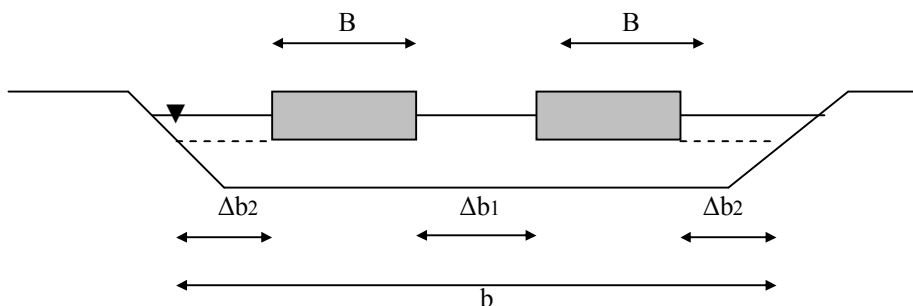
W tym sposobie określania zapasu głębokości uwzględnia się bezpieczeństwo ruchu statku, mając na uwadze przede wszystkim jego kolizję z dnem akwenu, natomiast nie uwzględnia się wartości oporu ruchu obiektów poruszających się po wodach płytkich [12]. Ze względu na sezonową zmienność głębokości dróg wodnych, przewidywany okres trwania odpowiednich warunków nawigacyjnych (w tym przede wszystkim głębokościowych) określa się jako okres nawigacyjny, w którym głębokość tranzytowa ma określony % gwarancji (prawdopodobieństwo wystąpienia) w czasie trwania tego okresu.

Łatwiejszym - niż osiągnięcie głębokości – zadaniem, jest budowa drogi wodnej którą mogą przemieszczać się statki racjonalnie długie i racjonalnie szerokie.

Racjonalizm tych wymiarów wynika z szerokości szlaku żeglownego¹ oraz promieni łuków jego zakoli.

Mniej skomplikowaną do wyznaczenia jest zależność pomiędzy szerokością statku a szerokością szlaku żeglownego przebiegającego sztuczną drogą wodną, której koryto ma kształt regularny a głębokość jest stała na całej szerokości dna.

Dla ruchu dwukierunkowego i jednym paśmie ruchu w każdym kierunku, zależność ta wynika z szerokości statków poruszających się po drodze oraz z zapasów szerokości. Tą sytuację ilustruje rysunek 4.18.



Rys. 4.18.. Szerokość szlaku żeglownego na sztucznych dogach wodnych (kanałach)
Źródło: [opracowanie własne].

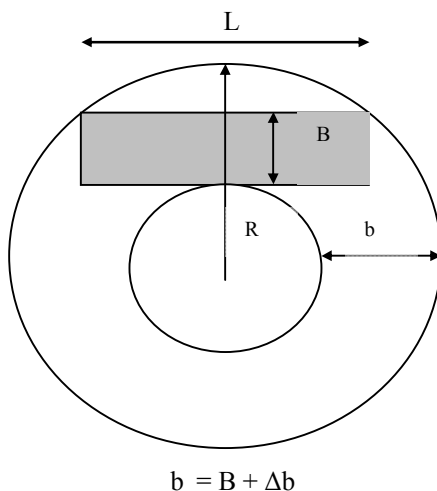
Zapas szerokości pomiędzy statkami wynika ze zjawisk hydrodynamicznych towarzyszących mijaniu się lub wyprzedzaniu statków. W momentach tych manewrów statki mają tendencję zbliżania się do siebie, co może być przyczyną kolizji między nimi. Kwantyfikowany zapas $\Delta b1$ z reguły wynosi około 5 metrów. Zależne od szerokości statku są wartości charakteryzujące zapasy $\Delta b2$ (ok. $0,2B$ wg [3]) przewidywane pomiędzy brzegiem a burtą statku na głębokości jego zanurzenia. Istnienie tego zapasu wynika z potrzeby zapobieżenia kolizji, mogącej nastąpić między kadłubem statku a skarpą kanału w jej podwodnej części.

Suma wymiarów szerokości statków i zapasów szerokości tworzy wartość szerokości szlaku żeglownego lub toru wodnego. Wartość ta może wzrosnąć w wyniku wzrostu szerokości statków lub intensyfikacji ruchu, wymuszającej istnienie dodatkowych pasm ruchu. Ze względu na regularność koryta kanału (m.in. stałą szerokość koryta), przemieszczające się nim statki powinny płynąć w stałej

¹ szlak żeglowny, tor wodny – pasmo wzdłużne drogi wodnej - z reguły o największej głębokości, przeznaczone do uprawiania żeglugi, z reguły o największej głębokości

odległości od brzegu, by zachować przewidziane wartości parametrów bezpieczeństwa ruchu.

Ze względu na sztywność konstrukcji statków motorowych i zestawów pchanych, przy pokonywaniu łuków zakrętów dróg wodnych wymagają one większej niż szerokość ich konstrukcji - szerokości toru wodnego.



Rys. 4.19. Ilustracja wzrostu szerokości szlaku żeglownego b dla statku o długości L , i szerokości B na łuku o promieniu R

Źródło: [opracowanie własne]

Przyrost szerokości szlaku na łukach (bez uwzględnienie dryfu statku) zależy m.in. od długości statku (L) i wartości długości promienia łuku (R). Zależność ta ma postać [5]:

$$\Delta b = L^2 / 2R \quad (10)$$

Przy doborze parametrów na etapie projektowania szlaku żeglownego przewidywanego do obsługi jednostek o określonej długości można posłużyć się zależnością [5]:

$$R_{\min} = kL \quad (11)$$

gdzie: k – współczynnik, który dla statków o konstrukcji ciągłej przyjmuje wartości $k = 2,5-3,0$ a dla zestawów pchanych – $k=4,5-5,0$

Znamienny jest fakt, że w obydwu zależnościach nie uwzględnia się szerokości statku, która może mieć wpływ na promień łuku zakrętu szczególnie w przypadku

ruchu statków zestawnych o konfiguracji równoległej lub szeregowo – równoległej. Stąd najbardziej prawdopodobne wyniki uzyskuje się poprzez badania doświadczalne.

Ograniczenia wymiarów środków transportu wodnego wynikają również z gabarytów obiektów żeglugowych, w tym urządzeń spustowo – podnośnych a zwłaszcza komór śluz a także komór podnośni i pochylni. W zasadach europejskiej żeglugi śródlądowej przyjęto, że szerokość użyteczna komór będzie wynosiła 9,6 m lub 12,0 m co umożliwia ruch statków odpowiednio o szerokościach 9,0 m i 11,4 m. Te wymiary nie obowiązują śluz na drogach wodnych, które powstały w znacznie wcześniejszym okresie (np. kilkaset lat temu) i służą przewozom turystycznym. Ich szerokość zwykle osiąga 5,0 metrów. Natomiast na współcześnie modyfikowanych największych drogach Europy (np. na Dunaju) szerokość użyteczna śluz ogranicza wymiary szerokości zestawów pchanych do 33 metrów.



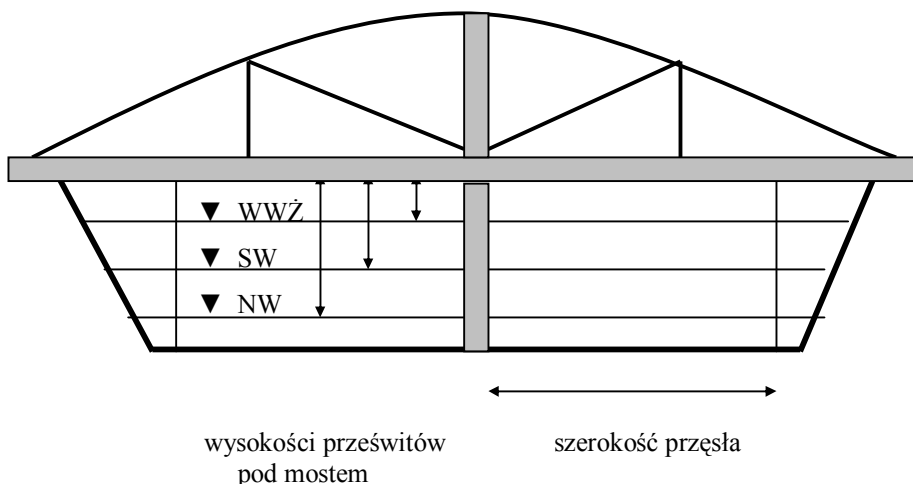
Rys. 4.20. Śluza komorowa na Dunaju (Eisernes Tor, Rumunia, długość - 310 m, szerokość - 34 m)

Źródło: [4]

Długość komór przyjmuje zróżnicowane wartości. Standaryzowaną europejską długość statków o konstrukcji ciągłej to 85 – 90 metrów. Nie wyklucza to użytkowania wskazywanych wcześniej śluz na szlakach turystycznych o długościach

około 30 metrów. Na amerykańskich jak również na europejskich arteriach śródlądowych długości użyteczne komór śluz sięgają 300 metrów. W pozostałych urządzeniach spustowo – podnośnych długość ich komór utrzymywana jest w wymiarach standardowych.

Wymiary komór urządzeń spustowo podnośnych w zasadniczy sposób determinują długości i szerokości statków poruszających się po wodnych drogach śródlądowych. Rzadsze ale nie mniej istotne ograniczenie wymiarów statków jest powodowane wymiarami przęseł żeglugowych mostów. W płaszczyźnie poziomej ograniczenie to wynika z odległości pomiędzy filarami tych przęseł; wymiar pionowy, zwany wysokością prześwitu pod mostem, określany jest odległością pomiędzy powierzchnią lustra wody a skrajnią mostu.



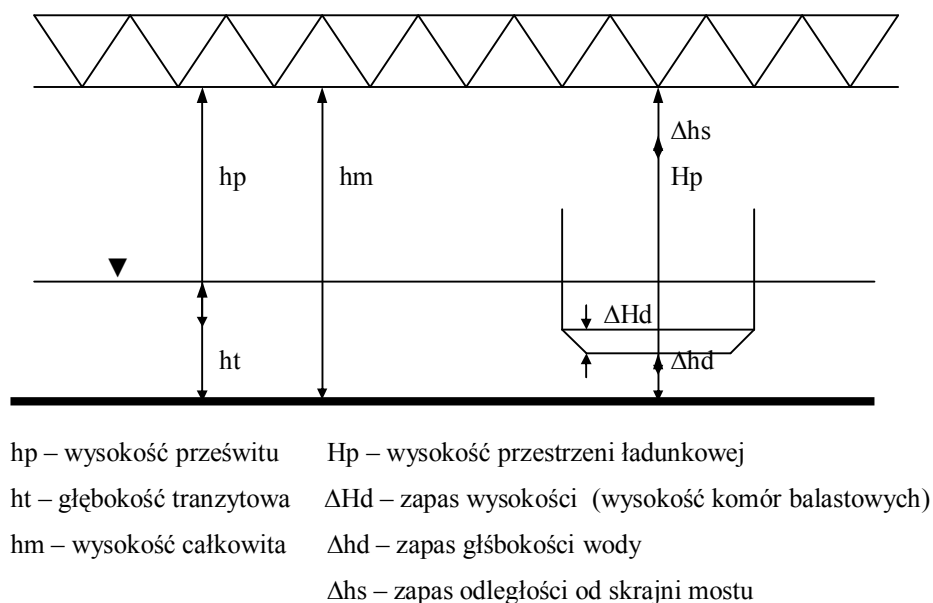
Rys. 4.21. Wymiarowanie przęsła żeglugowego

Źródło: [opracowanie własne]

Ze względu na wahania poziomu wody (stany wody) wysokości prześwitów pod mostami mogą być określane w odniesieniu do Wysokiej Wody Żeglownej (WWŻ), Średniej Wody (ŚW) i Niskiej Wody (NW). W opisach dróg wodnych wysokość prześwitu podawana jest w odniesieniu do SW lub/i WWŻ.

Szerokość przęseł żeglugowych zwykle przyjmuje wartości w granicach 30 – 50 metrów co powoduje, że ten parametr nie tworzy zasadniczych ograniczeń szerokości pojedynczego statku czy równoległego zestawu pchanego. Wartość tego wymiaru wręcz pozwala na sytuowanie dwukierunkowego ruchu pod jednym przęsłem.

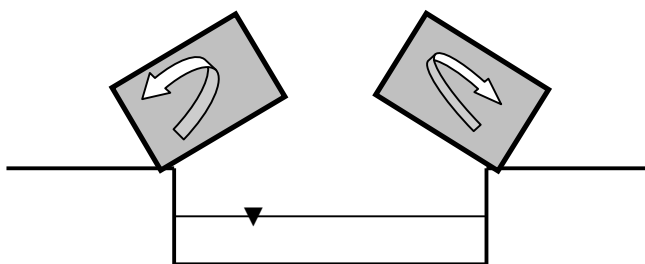
Odmienna sytuacja ma miejsce w tworzonych przez mosty ograniczeniach wysokości na drodze wodnej. Pierwsze ograniczenie dotyczy tzw. wysokości nierozbieralnej wynikającej ze stałej wysokości konstrukcję statku. W powiązaniu z zanurzeniem i głębokością wody może ona stanowić o niedostępności drogi wodnej dla określonego typu statku. Coraz częściej jednak wysokość prześwitu pod mostem decyduje o wysokości przestrzeni ładunkowej statku.



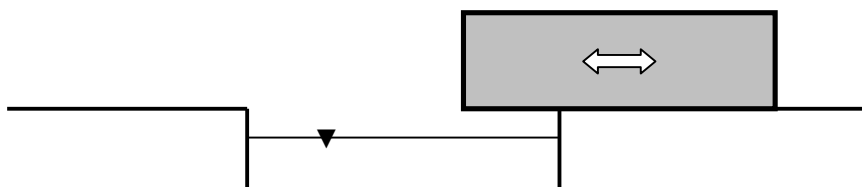
Rys. 4.22. Ograniczenia wymiaru pionowego przestrzeni ładunkowej pod mostem
Źródło: [opracowanie własne]

Wymagalność tej przestrzeni wynika z przewozów ładunków przestrzennych tj. skonteneryzowanych lub wielkogabarytowych.

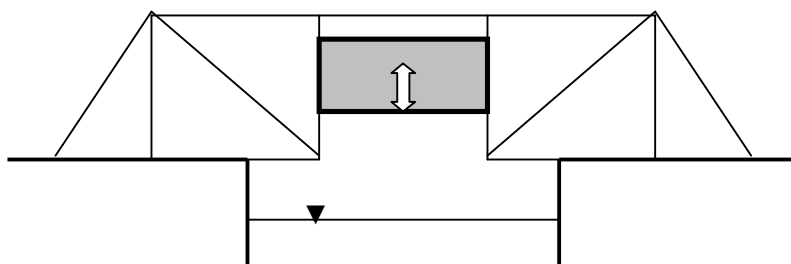
W znakomitej większości przypadków wymiary przęseł żeglugowych mają wartość stałą. Jednak istnieją wyjątkowe konstrukcje, w których wymiary prześwitu pod mostami mogą przyjmować nawet nieskończone wartości. Są to konstrukcje o przęsłach zwodzonych w sposób uchylny, przesuwany, podnoszony i obrotowy. Ich ideę prezentują rysunki 4.23.1 – 4.23.4.



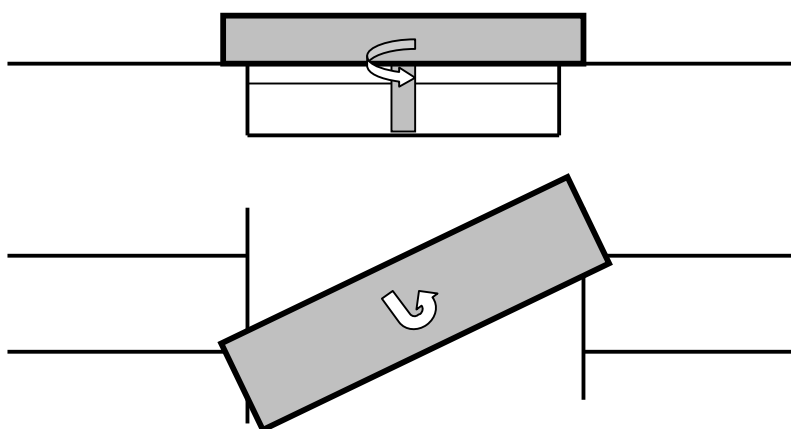
Rys. 4. 23.1. Most z przęsłami uchylnymi dwustronnie
Źródło [opracowanie własne]



Rys. 4.23.2. Most z przęsłem przesuwным
Źródło [opracowanie własne]



Rys. 4.23.3. Most z przęsłem podnoszonym
Źródło [opracowanie własne]



Rys. 4.23.4. Most z przęsłem obrotowym
Źródło [opracowanie własne]

W przypadkach mostów uchylnych, przesuwnych czy obrotowych wysokość prześwitu - po otwarciu tych mostów- jest nieograniczona; most o prześle podnoszonym ma tą wysokość ograniczoną.

Ze względu na wzmagający się ruch na drogach kołowych czy kolejowych, zaprezentowane rozwiązania konstrukcyjne mostów zwodzonych stanowią współcześnie raczej o historii techniki. Zostają one zastąpione przez nowsze rozwiązania lub zostają pozbawione swojej zwodzonej funkcji tak jak uchylny drogowy Most Długi w Szczecinie czy – po sąsiedzku leżący - kolejowy most obrotowy.

Nieliczne z mostów zwodzonych funkcjonują do dzisiaj. Ich przykłady pokazują zdjęcia na rys. 4.24.1, 4.24.2 i 4.24.3.



Rys. 4.24.1. Drogowy most uchylny w Dziwnowie na cieśninie Dziwnej
Źródło: [opracowanie własne]



Rys. 4.24.2. Drogowy most obrotowy w Wolinie na cieśninie Dziwnej

Źródło: [opracowanie własne]



Rys. 4.24.3. Pieszy most przesuwny w Darłównie na rzece Wieprzy

Źródło: [www.Darlowek.pl]

Wyższe przestrzenie ładunkowe na drogach śródlądowych uzyskiwane są obecnie z reguły poprzez budowę nowych mostów wysokowodnych lub podnoszenie przyczółków mostów istniejących

Parametry techniczne szlaków żeglugowych oraz zależne od nich parametry statków stanowiły podstawę klasyfikacji dróg wodnych. Europejską klasyfikację tych dróg zawiera tabela 3.1.

Tabela 3.1.

Klasyfikacja europejskich dróg wodnych wg EKG – ONZ [19]

Typy i klasy dróg wodnych żeglownych		Barki motorowe					Zestawy pchane				Prześwit min. Pod mostami [m]
		L [m]	B [m]	T [m]	P [t]	L [m]	B [m]	T [m]	P [t]		
O znaczeniu regionalnym	Na zachód od Łaby	I II III	38,5 50-55 67-80	5,05 6,6 8,2	1,8-2,2 2,5 2,5	250-400 400-650 650-1000					4,00 4,00-500 4,00-5,00
	Na wschód od Łaby	I II III	41 57 60-70	4,7 7,8-9,0 8,2-9,0	1,4 1,6 1,6 – 2,0	180 500-630 470-700	118-132	8,2-9,0	1,6-2,0	1000- 1200	3,00 3,00 4,00
	O znaczeniu międzynarodowym		IV	80-85	9,5	2,5	1000- 1500	85	9,5	2,5-2,8	1250- 1450
		Va	95-110	11,4	2,5-2,8	1500- 3000	95-110	11,4	2,5-4,5	1600- 3000	5,25 7,00
		Vb					172-185	11,4	2,5-4,5	3200- 6000	9,10
		Vla					95-110	22,8	2,5-4,5	3200- 6000	7,00 9,10
		Vlb					185-195	22,8	2,5-4,5	6400- 12000	7,00 9,10
		Vic					270-280	22,8	2,5-4,5	9600- 18000	9,10
		VII					193-200	33,0	2,5-4,5	9600- 1800	9,10
						285-195	33,0	2,5-4,5	14500- 27000	9,10	

Źródło: Europejska Komisja Gospodarcza ONZ

Istnieje również polska klasyfikacja dróg wodnych, zawierająca szczegółowe wymagania odniesione do dróg o niższych klasach [16].

Techniczno – ekonomicznym parametrem jest ich przepustowość. Jest ona określana ilością ładunku jaką można przetransportować drogą wodną w ograniczonym czasie. Parametr ten jest funkcją ładowności statków, które mogą przemieszczać się określoną drogą wodną oraz prędkości ich ruchu. O ładowności statków – decydują ich wymiary główne determinowane klasą drogi wodnej. Na prędkość ruchu mają wpływ: głębokości drogi wodnej [16], istnienie śluz i czasy pojedynczego śluzowania a także inne ograniczenia wynikające z przeszkód nawigacyjnych czy eksploatacyjnych jak np. oczekiwanie na proces śluzowania .

Na rzekach o zabudowie regulacyjnej, przepustowość teoretyczną najczęściej wyznacza się z wzoru [5]:

$$P_t = \frac{P_l * v * O_n}{\Delta L} \quad (12)$$

gdzie: P_t – przepustowość roczna [Mg]

P_l – Ładowność najczęściej stosowanych jednostek pływających

v – dopuszczalna prędkość ruchu jednostki

O_n – okres nawigacyjny w którym przepustowość jest rozpatrywana

ΔL – bezpieczna odległość pomiędzy jednostkami

Przyjmuje się, że bezpieczna odległość pomiędzy statkami zmierzającymi w jednym kierunku jest funkcją długości statku i wyznacza się ją z zależności:

$$\Delta L = 1,5 * L \quad (13)$$

Ponieważ prędkości statków są porównywalne a okres nawigacyjny – tożsamy, to przepustowości dróg wodnych są różnicowane przede wszystkim wielkością statków. Stąd wniosek, że drogi wodne o wyższej klasie będą dysponowały wyższą przepustowością niż drogi klasy niższej.

Przepustowość rzek skanalizowanych i kanałów żeglownych determinowana jest najmniejszą przepustowością śluzy na danej drodze wodnej, traktowanej jako śluza limitująca. Teoretyczna przepustowość śluzy określana jest z zależności [5]:

$$P_{ts} = \frac{P_l * T}{t} \quad (14)$$

gdzie: t – czas śluzowania

Ze względu na czas przeznaczony na śluzowanie z reguły - przy porównywalnej ładowności statków - przepustowość rzek uregulowanych będzie większa niż przepustowość rzek skanalizowanych i kanałów żeglugowych.

5. UWARUNKOWANIA ZACHOWANIA BEZPIECZEŃSTWA RUCHU NA SZLAKACH ŻEGLOWNYCH

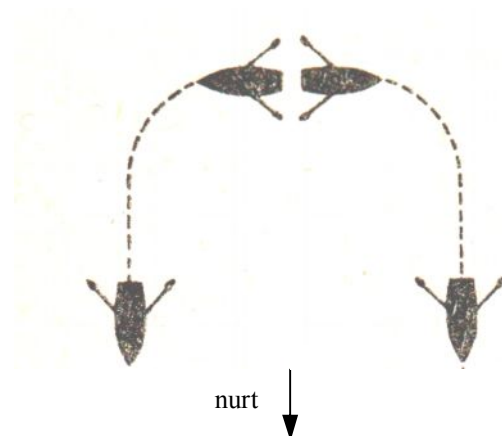
5.1. Utrzymanie szlaków żeglownych

Prace utrzymaniowe mają na celu zapewnienie bezpiecznej dostępności do szlaków żeglownych o określonych parametrach poprzez: wykrywanie i oznakowanie przeszkód podwodnych, oczyszczanie szlaków oraz ich sondowanie, pogłębianie, oznaczanie i lodołamanie.

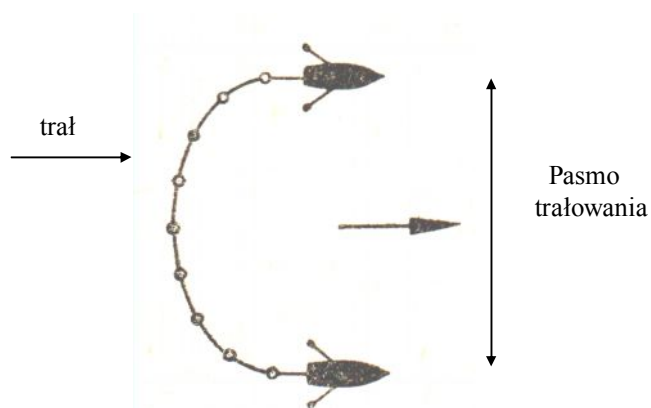
Wykrywanie przeszkód podwodnych jest pierwszą niezbędną czynnością wykonywaną na rzecz bezpieczeństwa żeglugi. Przeszkody zalegające na dnie lub unoszące się w toni wodnej szlaku żeglownego mogą pojawić się w wyniku wezbrań wody w okresach wiosny i jesieni, gwałtownych powodzi czy destrukcji obiektów hydrotechnicznych. Mogą być nimi zwalone drzewa, karcze czy luźne kłoc drewna niesione z nurtem wody. Inne przeszkody takie jak zgubione kotwice czy ładunki, są wynikiem eksploatacji statków śródlądowych. Wszystkie przeszkody mogą być niebezpieczne dla żeglugi w przypadku ich kolizji z kadłubami jednostek pływających, które przemieszczają się w niewielkich (kilkudziesięciocentymetrowych) odległościach od dna drogi wodnej.

Najbardziej popularna technika wykrywania tych przeszkód, jest technika mechanicznego trałowania szlaku żeglownego przy pomocy trały miękkiego. Trał miękki - to zwykle lina stalowa o średnicy 10 mm. Co 3 do 5 metrów jest ona obciążona metalowymi ciężarkami, przyciskającymi ją do dna trałowanego akwenu. Końce liny przymocowane są do dwóch łodzi roboczych. Przed rozpoczęciem trałowania na każdej z łodzi znajduje się połowa długości trału. Łodzie w początkowej fazie trałowania ustawiają się do siebie rufami na środku trałowanego pasa a następnie – ruszając w przeciwnych kierunkach – „wydają” trał aż do osiągnięcia granic trałowanego pasma. Po tym fakcie robią zwrot o 90° i płyną równoległymi kursami z reguły w dół (z prądem) drogi wodnej, ciągnąc za sobą rozwiniętą linę. Łodzie robocze powinny utrzymywać pomiędzy sobą stałą odległość taką, by w maksymalnym stopniu wykorzystać długość trału. Początkową fazę trałowania ilustruje rysunek 5.1 a sam proces trałowania rysunek 5.2.

Z doświadczeń tego procesu wynika, że trał o długości 60 metrów wystarcza do przeczesywania pasa o szerokości 30 metrów. Jeżeli szlak żeglowny jest szerszy, pasma trałowania są multiplikowane.



Rys. 5.1. Początkowa faza trałowania trałem miękkim
Źródło: [1]



Rys. 5.2. Proces trałowania
Źródło: [1]

Jeśli w procesie trałowania lina trału zaczepi o przeszkodę podwodną, łodzie zbliżają się do siebie robiąc pętlę (jak na rys. 5.3) po czym oznaczają miejsce usytuowania przeszkody.



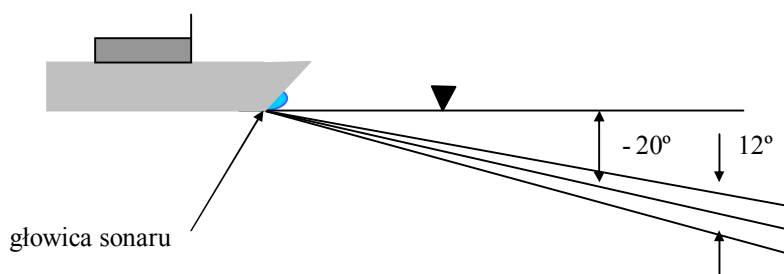
Rys. 5.3. Ustalanie miejsca położenia przeszkody
Źródło: [1]

Trałowanie trałem miękkim nie gwarantuje dokładnej penetracji dna, ponieważ lina trału może się ślizgać po przeszkodach. Przeszkody o kształcie niepodatnym na zaczep trałem miękkim, wykrywane były w historii prac utrzymaniowych trałem sztywnym. Ze względu na uciążliwość tej techniki, została ona zaniechana.

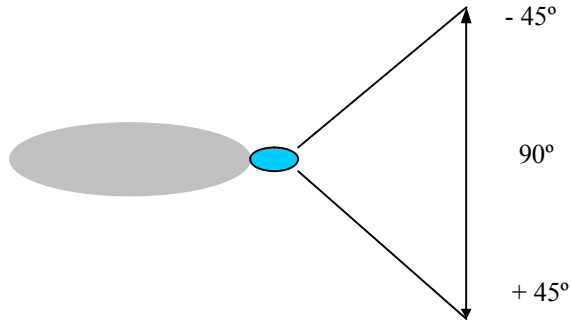
W jej miejsce jak również zamiast lub obok używania trału miękkiego do wykrywania przeszkód podwodnych mogą być stosowane nowsze urządzenia oparte o techniki hydroakustyczne. Jednym z przedstawicieli tych urządzeń jest sonar dziobowy.

Współczesne sonary dziobowe – jak większość urządzeń hydroakustycznych – zawiera usytuowane poziomo zwielokrotnione zmodułowane nadawczo – odbiorcze przetworniki sygnałów akustycznych. Są one umieszczone w jednej głowicy, a ich działanie jest sekwencyjne. Takie rozwiązanie pozwala na quasiciągłą penetrację toni wodnej w płaszczyźnie poziomej w kątowym sektorze począwszy od kąta -45° do kąta $+45^\circ$. Ze względu na konieczność unikania echa (szumu) pochodzącego od często sfalowanej powierzchni wody, kąt położenia głowicy sonaru w płaszczyźnie pionowej jest ujemny i z reguły wynosi -20° . Na skutek rozbieżnego (stożkowego) charakteru rozchodzenia się fali akustycznej, kąt penetracji toni wodnej w płaszczyźnie pionowej w zależności od emitowanej mocy sygnału może wynosić od kilku do kilkunastu stopni.

Specyficzne cechy geometryczne wiązki fali akustycznej prezentują rysunki 5.4.1 i 5.4.2.



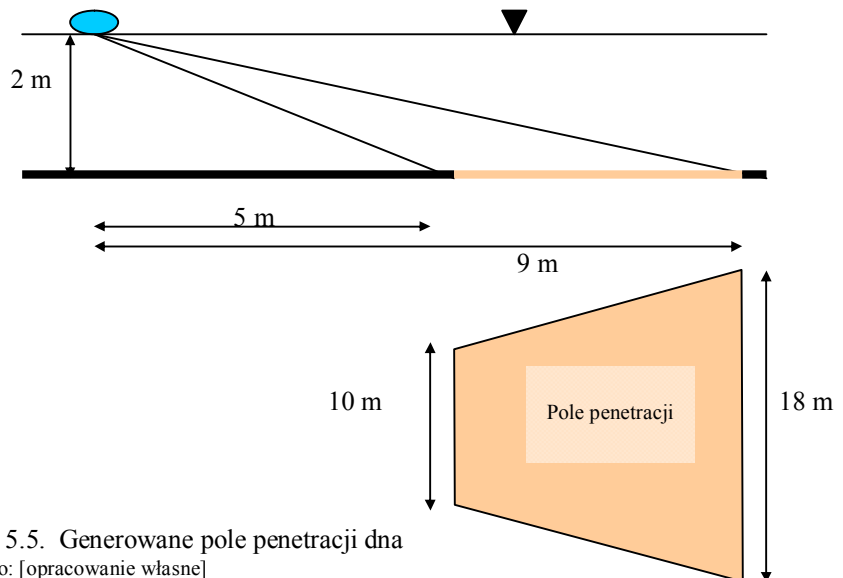
Rys. 5.4.1. Sektor penetracji toni wodnej w płaszczyźnie pionowej
Źródło: [opracowanie własne]



Rys. 5.4.2. Sektor penetracji toni wodnej w płaszczyźnie poziomej

Źródło: [opracowanie własne]

Stożkowy charakter emitowanej w płaszczyznach pionowej i poziomej wiązki akustycznej powoduje, że pole penetracji w poziomej płaszczyźnie dna będzie miało kształt trapezu o wymiarach zależnych od odległości jego „obserwacji”. Na płytkich wodach śródlądowych odległość penetracji dna będzie zależała przede wszystkim od głębokości drogi wodnej. W przykładowym zastosowaniu sonaru dziobowego na akwenie o głębokości 2 metrów (rys. 5.5) początek pola przypadnie na 5 metr przed dziobem a jego koniec znajdzie się na metrze 9.



Rys. 5.5. Generowane pole penetracji dna

Źródło: [opracowanie własne]

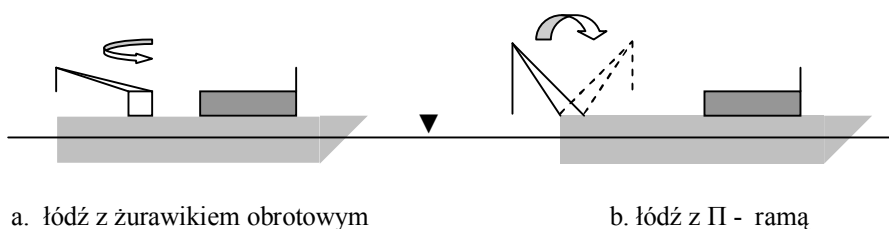
Minimalna szerokość pola penetracji wyniesie w tym przypadku 10 metrów a maksymalna około 18 metrów. Można więc przyjąć, że jego całkowita powierzchnia będzie miała 56 m².

Przy umiarkowanej prędkości ruchu łodzi roboczej (6 - 8 km/h tj. 1,7 – 2,2 m/s) prowadzącej poszukiwania przeszkód podwodnych, kilkumetrowa odległość od początkowego skraju pola penetracji będzie wystarczającą do wykonania manewru zwrotu w przypadku zidentyfikowania podwodnego obiektu zalegającego na dnie lub w toni wodnej szlaku żeglownego na kursie łodzi.

Mniejsza głębokość przeszukiwanego szlaku będzie wymagała zmniejszenia prędkości ruchu łodzi. Ograniczenie głębokości będzie również skutkowało koniecznością zwielokrotniania przejść przez szerokość szlaku żeglownego tym większego, im mniejsza będzie jego głębokość. Identyfikację położenia przeszkody umożliwia system GPS¹ z reguły sprzężony z systemem sonaru dziobowego, lub tradycyjna pława. Poszukiwaniu i oznaczaniu podlegają również przeszkody znajdujące się na drodze wodnej poza jej szlakiem żeglownym.

Przeszkody podwodne oznaczone w procesie ich poszukiwania powinny zostać usunięte z dna i z toni wodnej. W pierwszym rzędzie usuwane są przeszkody znajdujące się w obrębie szlaku żeglownego. W następnej kolejności - przeszkody leżące poza szlakiem, ponieważ pierwszy przybór wody może je przemieścić na szlak żeglowny. W dalszej kolejności powinny być usuwane wszelkiego rodzaju przedmioty znajdujące się poza korytem wody (tj. na odsłoniętych brzegach), gdyż mogą się one znaleźć w akwenie znaczących wezbraniach.

W działaniu mającym na celu **oczyszczenie drogi wodnej** niezbędne są łodzie robocze, wyposażone w żurawiki, Π – ramy lub wciągarki. Żurawiki i Π – ramy mogą być stosowane na jednostkach pływających jednokadłubowych (rys.5.6).



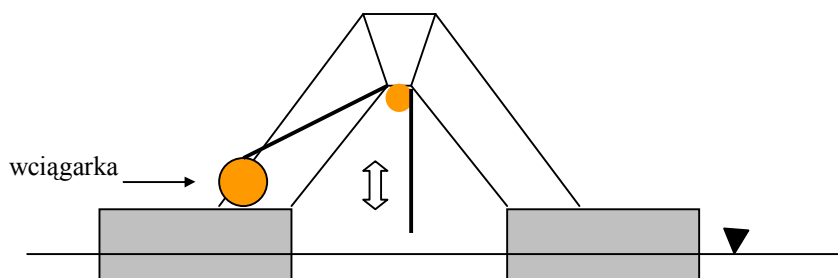
Rys. 5.6. Schematy usytuowania urządzeń podnośnych na roboczych łodziach jednokadłubowych

Źródło: [opracowanie własne]

Łódź *a* podnosi obiekt spoza burty; łódź *b* – spoza rufy

¹ Satelitarny system Global Positions System (Globalnej Lokalizacji Pozycji)

Wciągarki umieszczane są na jednostkach dwukadłubowych, wyposażonych dodatkowo w konstrukcję wieżową (rys. 5.7).



Rys. 5.6. Schemat jednostki dwukadłubowej z wciągarką (widok z przodu.)

Źródło [opracowanie własne]

Jednostka dwukadłubowa jest łodzią bez napędu własnego. Do jej przemieszczania niezbędna jest robocza jednostka pchająca.

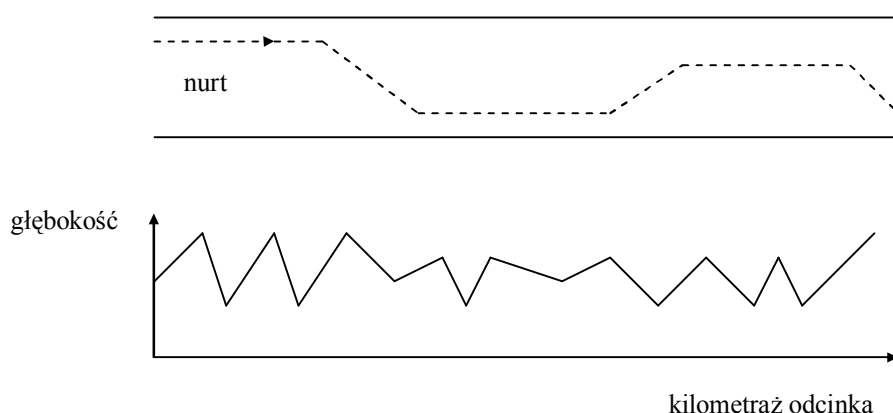
Nośność urządzeń podnośnych stanowiących wyposażenie łodzi roboczych waha się w granicach od kilku do kilkunastu ton. W przypadku konieczności usunięcia cięższych przeszkód, wykorzystywane są dźwigi pływające o nośności od 50 – 100 ton.

W celu identyfikacji położenia przeszkód oznaczonych systemem współrzędnych geograficznych, łodzie robocze dokonujące oczyszczania szlaku żeglownego powinny być wyposażone w odbiorniki systemu GPS lub innego systemu nawigacji satelitarnej. W skład załóg tych łodzi muszą wchodzić pływaki, których zadaniem jest dokonanie podłączenia do urządzenia podnośnego przeszkody zalegającej na dnie lub w toni wodnej. Działanie pływaków nie jest konieczne w przypadkach usuwania z drogi wodnej przeszkód pływających na jej powierzchni.

Łodziom dwukadłubowym biorącym udział w podnoszeniu przeszkód muszą towarzyszyć łodzie transportowe, przemieszczające wydobyte przeszkody na miejsce ich składowania. By umożliwić wpływanie łodziom transportowym pomiędzy pontony jednostki wydobywczej, ich szerokości muszą być dostosowane do rozstawu tych pontonów. Łodzie jednokadłubowe wyposażone w urządzenia podnośne, mogą przemieszczać wydobyte przeszkody na własnym pokładzie.

Obecność łodzi roboczych nie jest konieczna przy usuwaniu zbędnych przedmiotów znajdujących się poza korytem drogi wodnej.

Usunięcie przeszkód podwodnych nie stanowi jeszcze o bezpieczeństwie żeglugi. Ze względu na ruch rumowiska dennego szlak żeglowny musi podlegać pomiarom głębokości wykonywanym poprzez sondowanie. **Sondowanie** jest przeprowadzane co najmniej przed każdorazowym wznowieniem sezonu nawigacyjnego oraz po znaczących wezbraniach występujących na drogach wodnych. Ostatecznym celem sondowania jest wyznaczenie wzdłużnego profilu synoptycznego szlaku żeglownego powstającego w wyniku wyznaczenia profili poprzecznych drogi wodnej i wyróżnienia ich maksymalnej głębokości. Sondowanie przekrojów poprzecznych koryta rzeki jest wykonywane w odstępach wynikających z dynamiki zmian głębokości. Mogą one wynosić kilkadziesiąt lub kilkaset metrów.

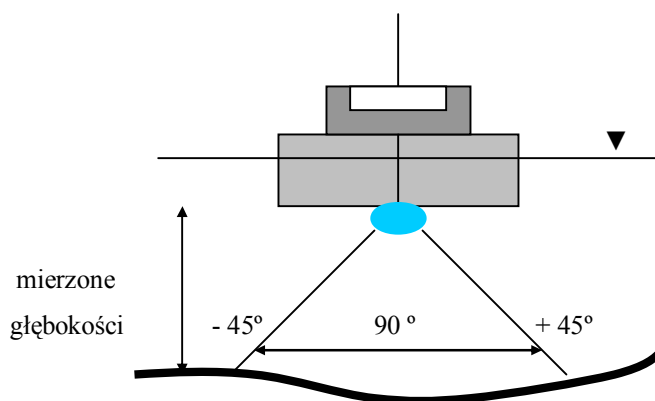


Rys. 5.7. Schematyczny profil synoptyczny szlaku żeglownego

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [1]]

Profil synoptyczny pokazuje przebieg nurtu drogi wodnej i jej stan głębokościowy w linii nurtu. Tym samym wyznacza oś szlaku żeglownego. Najmniejszy pomierzony stan głębokości jest miarodajną wartością głębokości tranzytowej odcinka, o której powiadamia się żeglugowców i nadzorców szlaku.

Urządzeniami, które umożliwiają pomiary głębokości są echosondy. Podobnie jak sonary dziobowe wykorzystują zjawiska hydroakustyczne generując fale akustyczne i odbierając ich echo. Podobnie jak sonary mogą one posiadać zwielokrotnione zmodulowane nadawczo – odbiorcze przetworniki sygnałów akustycznych umieszczone w jednej głowicy. Współczesne konstrukcje echosond pozwalają na quasiciągłą penetrację toni wodnej w płaszczyźnie pionowej w kątowym sektorze, począwszy od kąta -45° do kąta $+45^\circ$ (rys. 5.8).



Rys. 5.8. Sektor pomiaru głębokości drogi wodnej

Źródło: [opracowanie własne]

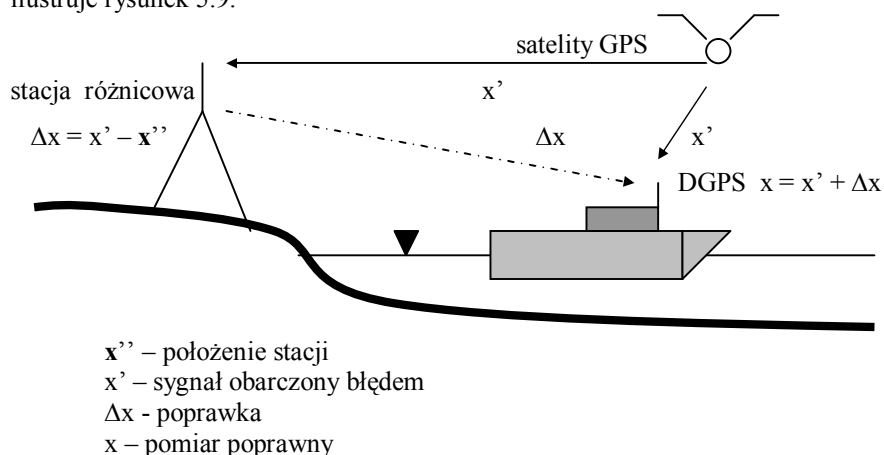
Teoretycznie, ten sposób pomiaru daje możliwość uzyskiwania informacji o głębokościach drogi wodnej w jej całym poprzecznym przekroju. Jednak ze względu na głębokości szlaków żeglownych oscylujących wokół 2 metrów, opomiarowany odcinek przekroju poprzecznego miałby tylko około 4 metrów szerokości. Wynika z tego fakt, że pomiar głębokości o niewielkich wartościach wykonywany echosondą wielogłowicową (sektorową), daje praktycznie taki sam wynik jak pomiar echosondą jednogłowicową (punktową).

Sprzężenie echosondy z systemem GPS i przetwornikiem cyfrowym, pozwala na zautomatyzowane prowadzenie pomiarów. Jeżeli odbiornik GPS posiada możliwości programowania ruchu jednostki pływającej poprzez identyfikowalne tzw. punkty drogi (way points), to rola załogi pływającej jednostki pomiarowej może się ograniczać tylko do procesów kontrolnych.

W pomiarach głębokości oraz identyfikacji miejsc położenia przeszkód podwodnych, istotna jest dokładność wskazań odbiornika systemu GPS. W trybie dostępnym dla użytkowników cywilnych, dokładność ta może wynosić nie mniej niż 50 metrów. Błąd pomiaru jest więc duży, by w wystarczającym stopniu dokładności opisać przebieg profilu synoptycznego drogi wodnej a tym bardziej by na podstawie pomiaru odnaleźć położenie przeszkody podwodnej w celu jej usunięcia.

Zwiększenie dokładności wyznaczania położenia z błędem kilkumetrowym może nastąpić poprzez zastosowanie odbiorników DGPS (Different GPS) przystosowanych do równoczesnego odbioru sygnałów z systemu satelitarnego i ze stacji różnicowych. Stacje różnicowe, zwane także stacjami referencyjnymi, lub

brzegowymi, są obiektami stacjonarnymi, które poprzez systematyczny (statystyczny) pomiar, mają dokładnie określoną swoją pozycję. Mogą więc generować poprawkę do aktualnych sygnałów satelitarnych, odbieranych równocześnie przez te stacje i przez jednostki pływające. Schemat tego procesu ilustruje rysunek 5.9.



Rys.5.9. Schemat systemu korygującego sygnały systemu GPS

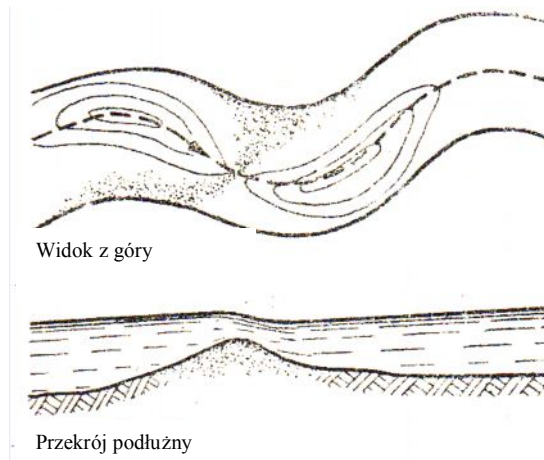
Źródło: [opracowanie własne]

Aktualna poprawka jest wiążąca tylko w obszarze, w którym ten sam zakłócony sygnał satelitarny jest odbierany przez stację różnicową i odbiornik DGPS znajdujący się na łodzi roboczej. Przyjmuje się, że aktualizacja sygnału może być realizowana w odległości wynikającej z zasięgu stacji różnicowej wynoszącego (w dłuższym listku tej stacji) 60 – 80 kilometrów. Stąd, by w procesie sondowania i oczyszczania korzystać z systemu GPS, stacje różnicowe powinny być umieszczane w odpowiednich odstępach wzdłuż dróg wodnych.

Pogłębianie realizowane w ramach prac utrzymaniowych ma na celu odtwarzanie głębokości tranzytowych na drogach wodnych tworzonych przez rzeki i kanały. Konieczność odtwarzania głębokości tranzytowych na rzekach o odcinkach swobodnie płynących i odcinkach skanalizowanych wynika z miejscowych wypłyć szlaku żeglownego, powstających w wyniku tworzenia się przemiałów. Ze względu na zróżnicowany charakter przemiałów, można je podzielić na :

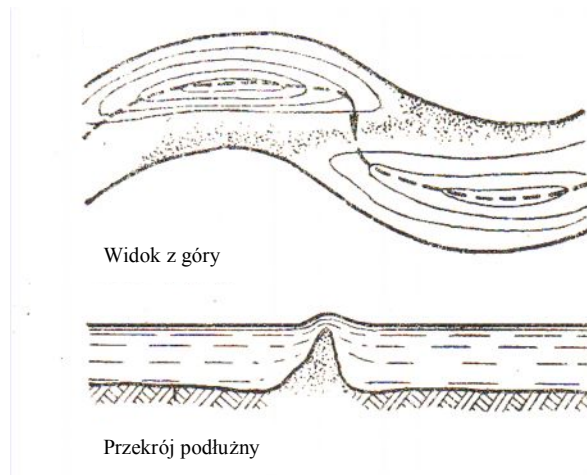
- przemiały nieuciążliwe,
- przemiały uciążliwe,
- przemiały bardzo uciążliwe.

Ten podział wynika z cech geometrycznych przemiałów a przede wszystkim z ich wysokości i szerokości u podstawy. Cechy te zilustrowane są na rysunkach 5.10.1, 5.10.2, 5.10.3.



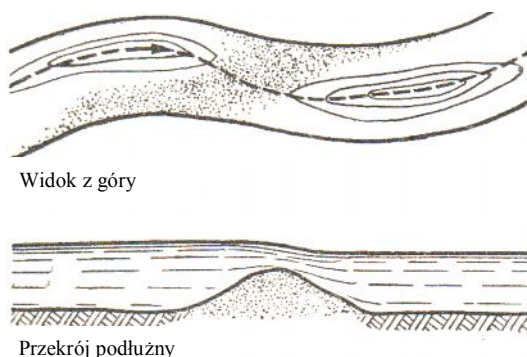
Rys. 5.10.1. Przemiał nieuciążliwy
Źródło: [1]

Przemiały nieuciążliwe mają umiarkowaną wysokość i umiarkowaną szerokość u podstawy.



Rys. 5.10.2. Przemiał uciążliwy
Źródło: [1]

Przemiały uciążliwe wyróżniają się największą wysokością i również umiarkowaną szerokością u podstawy.



Rys.5.10.3. Przemiał bardzo uciążliwy
Źródło: [1]

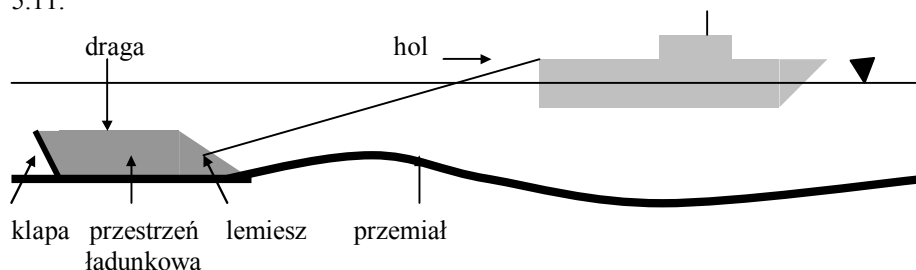
Przemiały bardzo uciążliwe przy umiarkowanej wysokości posiadają bardzo dużą szerokość.

Ze stopniowanej uciążliwości przemiałów wynika, że największy problem w ich pokonywaniu w procesie żeglugowym i usuwaniu, stwarza szerokość u podstawy, która przy umiarkowanej wysokości przemiału tworzy znaczącą objętość zbędnego materiału tej formy dennej.

Jednak zasada usuwania przemiału polega na tym, że przemiał należy poprawić a nie całkowicie zlikwidować [1]. Poprawa ta wymaga dokonania przekopu przez przemiał. By przekop był trwały, powinien być usytuowany zgodnie z naturalnymi trendami przekształceń koryta rzeki. Pomimo tej wiedzy, trwałość przekopów jest ograniczona w czasie a czynności pogłębiarskie należy okresowo powtarzać. Nieciągłość tych prac wynika nie tylko z okresowości ich realizacji ale także z nieciągłości i nieregularności występowania przemiałów. Stąd techniki i technologie pogłębiarskie stosowane w przekopywaniu przemiałów powinny być dostosowane do zakresu prac oraz częstotliwości potrzeb wykonawczych.

Najprostsza technologia umożliwiająca realizację przekopów w przemiałach polega na stosowaniu holowanych drag. Draga jest prostą konstrukcją przestrzenną o kształcie kubła, wleczoną na holu po dnie akwenu. Ruch dragi skutkuje zagarnianiem materiału dennego do jej wnętrza. Po napełnieniu przestrzeni ładunkowej dragi jest ona przemieszczana do miejsca, w którym zagarnięty urobek jest usuwany na zewnątrz poprzez otwarcie klapy.

Powyżej opisaną technologię dokonywania przekopu przez przemiał ilustruje rysunek 5.11.



Rys. 5.11. Zasada pracy dragi
Źródło: [opracowanie własne]

Technika dokonywania przekopów operująca systemem bardziej złożonym wymaga zastosowania pontonu, na którym posadowiona jest koparka, wyposażona – w zależności od głębokości pracy - w łyżki, chwytaki lub czerpaki włokowe. W systemie funkcjonują również łodzie robocze przeznaczone do przewozu urobku na pole odkładcze.

Do wykonywania prac pogłębiarskich prowadzonych na dużych długościach i głębokościach, stosowane są pogłębiarki mechaniczne lub hydrauliczne. Ale na drogach wodnych śródlądowych mogą one być wykorzystywane sporadycznie, służąc głównie pogłębianiu kanałów podwodnych przebiegających przez jeziora lub rozlewiska

Czynności związane z wykrywaniem i usuwaniem przeszkód podwodnych, sondowaniem, pogłębianiem dróg wodnych, tworzą zbiór podstawowych prac utrzymaniowych, poprzedzających **oznaczanie** szlaków żeglownych. Dotyczy ono zakresu działania związanego ze znakami infrastrukturalnymi i eksploatacyjnymi.

Oznaczanie infrastrukturalne obejmuje posadawianie, korektę położenia lub usuwanie pływających znaków nawigacyjnych wyznaczających skrajnie szlaku żeglownego oraz pływających znaków kardynalnych. Czynności posadawiania znaków, wykonywane są z reguły z początkiem okresu żeglugowego, bowiem na czas zalodzenia dróg wodnych znaki te muszą być usunięte. Czynności korekty położenia pływających znaków szlaku żeglownego, wykonywane są zwykle po każdym wezbraniu wód (po przeprowadzeniu usuwania przeszkód podwodnych i sondowania koryta drogi wodnej).

Te same zasady posadawiania, usuwania i korekty położenia dotyczą również pływających znaków eksploatacyjnych, do których należą m.in. oznaczenia

przeszkód podwodnych, oznaczenia dotyczące zamykania akwenów czy rozgałęzień szlaków żeglownych.

Oznakowanie brzegowe zarówno w zakresie znaków infrastrukturalnych jak i eksploatacyjnych jest wykonywane na okres obowiązywania ich wskazań. Może być ponawiane w przypadkach zaistnienia uszkodzeń znaków, ich zniszczenia w wyniku zjawisk naturalnych (powodzi, huraganów) lub wandalizmu.

Również oznakowanie pływające może ulegać uszkodzeniom lub zniszczeniom na skutek kolizji z jednostkami pływającymi, zerwaniu ciągów kotwicznych itp. Oznakowania te są również rozkładane lub niszczone przez niezdyscyplinowanych użytkowników dróg wodnych. Ubytki w oznakowaniu muszą być uzupełniane na bieżąco przez służby nadzoru. Służby te dysponują łodziami roboczymi umożliwiającymi spustowo – podnośne operowanie znakami pływającymi oraz elementami ich wyposażenia..

Czas intensywnego działania tych służb związany jest z pojawianiem się i zanikaniem zjawisk lodowych, Dotyczy to szczególnie okresu zimowego, w którym pojawiają się różne formy lodowe począwszy od śryżu² (rys. 5.12), poprzez pokrywę lodową aż do kry, związanej z likwidacją pokrywy i zejściem lodów. Przyczyną powstawania zjawisk lodowych jest niska temperatura powietrza i wody, sprawiająca że w schłodzonej wodzie tworzy się tzw. lód denny, który w postaci śryżu wypływa na powierzchnię a przy brzegach pojawia się lód brzegowy.



Rys. 5.12. Śryż na powierzchni wody

Źródło: [www.wikipedia]

² Śryż – kryształki lodu w kształcie igieł, blaszek, soczewek, otoczone gąbczastą nieprzeźroczystą masą

Obydwie formy lodowe zagęszczają się w miejscach wypłyconych i o zwężonym korycie, dając początek tworzenia się pokrywy lodowej. Pokrywa ta zanika w sposób naturalny wynikający ze wzrostu temperatury powietrza i wody lub jest łamana, tworząc krę lodową spływającą wraz z prądem w dół drogi wodnej..



Rys. 5.13 Kra na powierzchni wody

Źródło: [www.wikipedia]

Zjawiska lodowe takie jak śryż czy kra utrudniają żeglugę; pokrywa lodowa wręcz ją uniemożliwia. W okresie zjawisk lodowych w odniesieniu do żeglugi stosowane są trzy sposoby działania.

Pierwszy z nich polega na administracyjnym wstrzymaniu (zamknięciu) żeglugi na czas trwania zjawisk lodowych.

Drugi, dopuszcza ruch statków śródlądowych w obecności śryżu lub kry w asyście lodołamaczy tj. statków specjalnych przeznaczonych do kruszenia pokrywy lodowej. Asysta lodołamaczy z reguły jest usługą odpłatną.

Kruszenie pokrywy lodowej (**lodołamanie**) jako trzeci sposób działania na rzecz żeglugi ma miejsce tylko w przypadkach intensywnych przewozów śródlądowych i (ze względu na konkurencyjność innych przewoźników) opcją zachowania ciągłości przewozów w całym roku kalendarzowym. I tylko ten przypadek zaliczany jest do prac utrzymaniowych dróg wodnych.

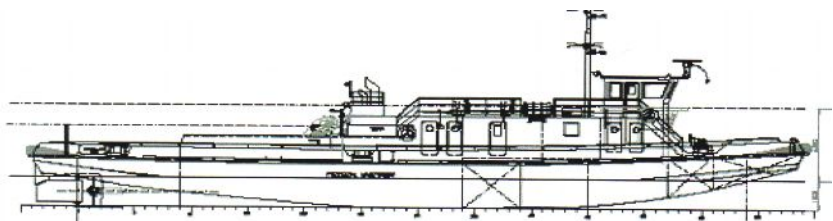
By umożliwić żeglugę w warunkach występowania lodu ciągłego na drogach wodnych, w pokrywach lodowych tworzona jest rynna. Rynną tą mogą przemieszczać się statki bez asysty, jeżeli jest ona wolna od kry. W innych przypadkach, statki które nie posiadają tzw. klasy lodowej żeglują rynną w asyście lodołamaczy (rys. 5.14).



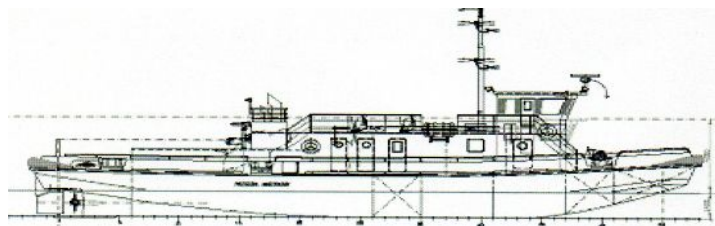
Rys. 5.14. Statki płynące rynną w asyście lodołamaczy (asysta lodołamaczy Canadian Coast Guard)

Źródło: [www:wikipedia]

Rynna ta powstaje dzięki pracy lodołamaczy. Są to statki o wzmocnionej konstrukcji kadłuba i relatywnie dużej mocy silników napędowych. Lodołamacze występują w dwóch zasadniczych typach: jako lodołamacze czołowe i lodołamacze liniowe.



a. lodołamacz czołowy

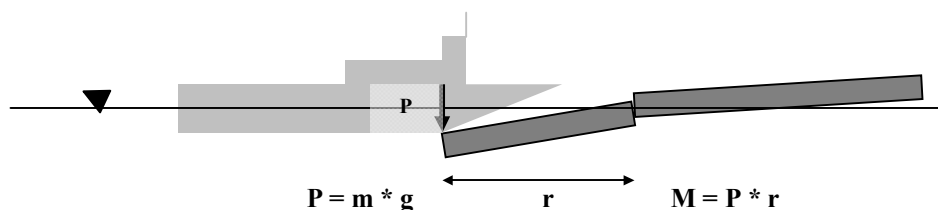


b. lodołamacz liniowy

Rys. 5.15. Lodołamacze - projekty

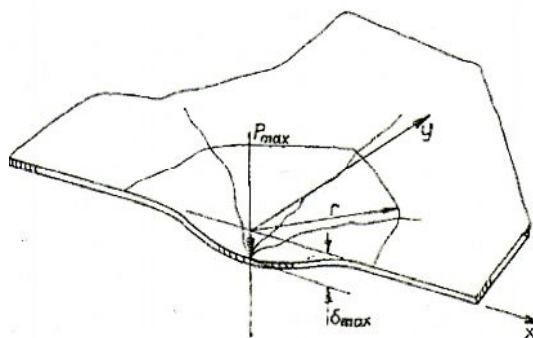
Źródło: [9]

Lodołamacze czołowe służą do łamania tafli lodowej. Dzięki kształtowi dziobnicy wjeżdżają one na lód, który pęka pod wpływem sił ciężkości i momentów gnących generowanych przez masę lodołamacza. Wartości tych wielkości są istotne z uwagi na rozmiar kry; im wyższą masą własną dysponuje lodołamacz, tym kra jest drobniejsza. Wynika to z podstawowych zasad mechaniki zilustrowanych na rysunkach 5.16 i 5.17.



Rys. 5.16. Zasady mechaniki łamania tafli lodowej

Źródło: [opracowanie własne]



Rys. 5.17. Propagacja pęknięć tafli lodowej

Źródło: [www.lodołamanie]

Duże rozdrobnienie tafli powoduje efektywniejszy spływ kry. Efektywność ta jest podwyższana przez lodołamacze liniowe. Stymulują one spływ kry poszerzając jednocześnie rynnę utworzoną w zwartej pokrywie lodowej.

W przypadkach małej intensywności przewozów śródlądowych, pokrywa lodowa na drogach wodnych jest łamana tylko na rzecz działania przeciwpowodziowego (rys. 5.18).



Rys. 5.18. Przeciwpowodziowe łamanie lodu na Wiśle

Źródło: [www.wikipedia]

Lodołamacze są więc statkami, które wykonują swoje podstawowe zadania zawsze ze względów powodziowych i opcjonalnie ze względów żeglugowych w okresie trwania zjawisk lodowych. Ich roczny czas pracy w tym zakresie nie przekracza kilku miesięcy. W nowych rozwiązaniach konstrukcyjnych lodołamaczy uwzględnia się ich nowe funkcje związane z ratownictwem, w tym: ratownictwem wodnym, walką z pożarami na jednostkach pływających, usuwaniem rozlewów substancji chemicznych a w tym substancji ropopochodnych. Realizacja nowych zadań wymaga: zmniejszenia zanurzenia lodołamaczy, umieszczenia na nich adekwatnego wyposażenia technicznego oraz specjalistycznego szkolenia załóg pływających i nadzoru brzegowego. Wykonywanie zadań wynikających z zakresu ratownictwa, wymaga także dysponowania odpowiednimi systemami kontroli ruchu statków na śródlądowych drogach wodnych.

5.2. Systemy meldunkowe i kontroli ruchu

Informacje o położeniu jednostek pływających w czasie ich ruchu lub stanach awaryjnych mogą być przekazywane z wykorzystaniem podstawowego systemu łączności na drogach wodnych jakim jest łączność radiowa. Środkami łączności w tym systemie są radiotelefony pracujące w paśmie UKF. Kanały tego pasma mają swoje specyficzne przeznaczenie. Mogą one służyć celom meldunkowym i kontroli ruchu w relacji statek – centrala meldunkowa i nautyczna, statek – kierownictwo portu, statek – obsługa śluzy czy statek – statek.

Łączność pomiędzy statkiem a centralą meldunkową powinna mieć na celu przekazywanie informacji o nazwie statku, jego charakterystyce technicznej, rodzaju przewożonego ładunku, momencie rozpoczęcia rejsu, planowanej trasie przejazdu czy liczbie osób załogi.

Relacja statek – kierownictwo portu, wykorzystywana jest w celu określenia terminu i warunków cumowania statku do nabrzeża przeładunkowego lub postojowego.

Połączenie pomiędzy statkiem a śluzą umożliwia przygotowanie śluzy do procesu śluzowania lub przekazania decyzji o postoju statku w awanporcie.

Kontakt radiowy pomiędzy dwoma statkami jest niezbędny w czasie manewrów mijania, omijania lub wyprzedzania się statków, by zminimalizować ryzyko ich kolizji.

W przypadku awarii statku, informacja o tym zdarzeniu powinna być przekazana do centrum meldunkowego i kontroli ruchu w celu podjęcia decyzji o uruchomieniu służb ratownictwa wodnego.

W niemieckim systemie meldunkowym i kontroli ruchu, istnieje pięć central meldunkowych obejmujących swoim zasięgiem określone części sieci dróg wodnych. O obowiązku kontaktu z najbliższą z tych central informują znaki MIB (Melde und Informationsystem Binnenschifffahrt), przedstawione na rysunku 5.19.

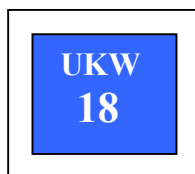


Rys. 5.19. Znak MIB

Źródło: [www: binnenschifffahrt]

Stanowią je tablice kwadratowe o czerwonym obramowaniu i białym tle, na których określony został numer kanału łączności radiowej.

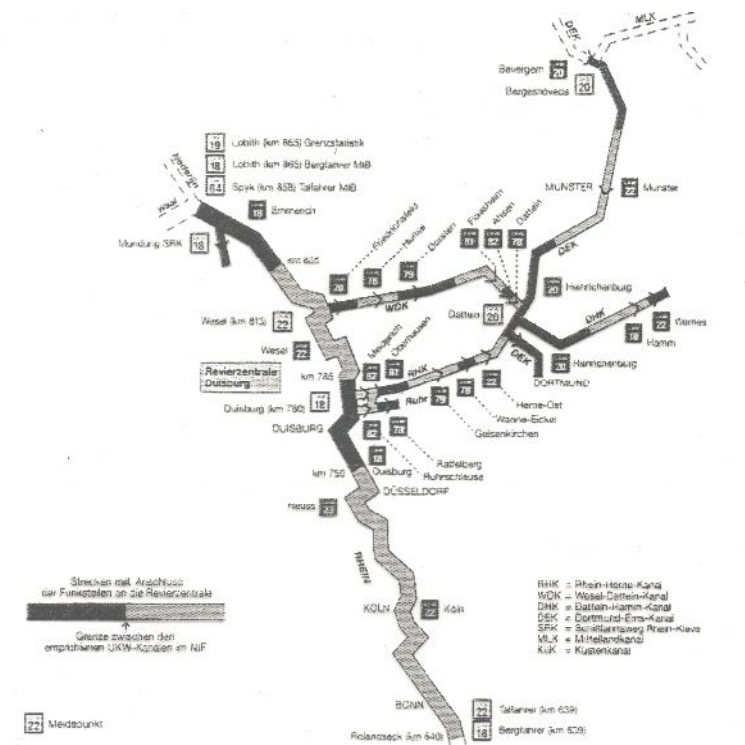
Podobne oznakowanie (NIF), w postaci tablicy o białym obramowaniu i granatowym tle, określa kanał łączności z obsługą służ.



Rys. 5.20. Znak NIF

Źródło: [www: binnenschiffahrt]

Pozycje na których występują znaki MIB i NIF są zaznaczone w locji i na mapach nawigacyjnych niemieckich dróg wodnych.

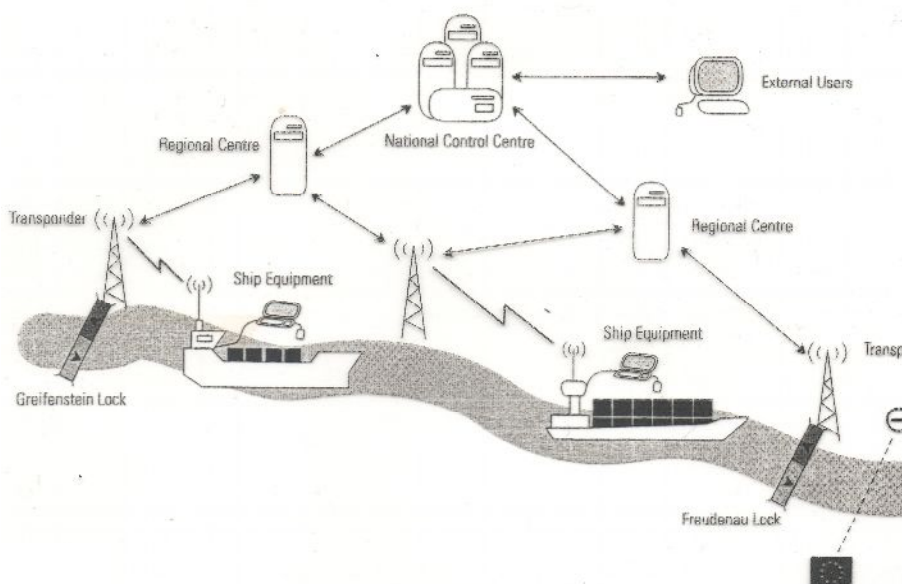


Rys.5.21. Przykład oznakowania punktów meldunkowych MIB i NIF na Dolnym Renie i połączonych z nim kanałach

Źródło: [www: binnenschiffahrt]

Obok łączności radiowej, w systemie meldunkowo – informacyjnym wykorzystywana jest bezprzewodowa łączność internetowa a także informacyjne systemy telewizyjne (telegazety).

Natomiast docelowym systemem meldunkowo - kontrolnym powinien być system scentralizowany, oparty na automatycznej łączności cyfrowej. Jednym z pierwszych tego typu systemów jest system DORIS (Donau River Information Services), którego zadaniem jest obsługa żeglugi na Dunaju.



Rys. 5.22. Schemat systemu DORIS

Źródło: [8]

W systemie tym, stacje nadawczo odbiorcze znajdujące się na statkach śródlądowych - poprzez pośrednie stacje przekaźnikowe (transpondery) – uzyskują połączenie z Centrami Regionalnymi (Regional Centre) i Narodowym Centrum Kontroli (National Control Center). Poza obsługą informacyjną wykonywaną na rzecz bezpieczeństwa ruchu, system ten realizuje zadania nautyczne (np. informuje o stanie wód na drogach śródlądowych) a także zadania z zakresu ochrony środowiska i zadania handlowe.

Ujednoliconym europejskim systemem stosowanym na wodach śródlądowych ma być Rzeczny System Informacyjny RIS (River Information System).

W dniu 7 września 2005 roku Parlament Europejski i Rada Europy uchwaliły Dyrektywę nr 2005/44 /WE w sprawie usług informacji rzecznej (RIS) na śródlądowych drogach wodnych we wspólnocie . Dyrektywa ta precyzuje usługi RIS. Nakłada także obowiązek na członków UE zachęcania potencjalnych użytkowników do korzystania z informacji rzecznej.

Według dyrektywy potencjalnymi beneficjentami systemu są:

- kierownicy statków,
- operatorzy RIS,
- operatorzy śluz lub mostów,
- organy administracji żegluga śródlądowej,
- operatorzy portów i terminali,
- służby ratownicze,
- armatorzy statków załadowcy ładunku,
- pośrednicy.

Określa ona także usługi, które są świadczone w ramach RIS i do których należą:

- informacje o drogach wodnych,
- informacje o ruchu,
- zarządzanie ruchem,
- łagodzenie skutków katastrof,
- informacje dla zarządzania transportem,
- usługi statystyczne i celne,
- opłaty żeglugowe i portowe.

Konfiguracja techniczna systemu będzie wzorowana na systemie DORIS.

Ustanowione zostały już niektóre centra i obszary RIS na wielu różnych odcinkach dróg wodnych i rozpoczęta została międzynarodowa kooperacja pomiędzy europejskimi użytkownikami szlaków wodnych.

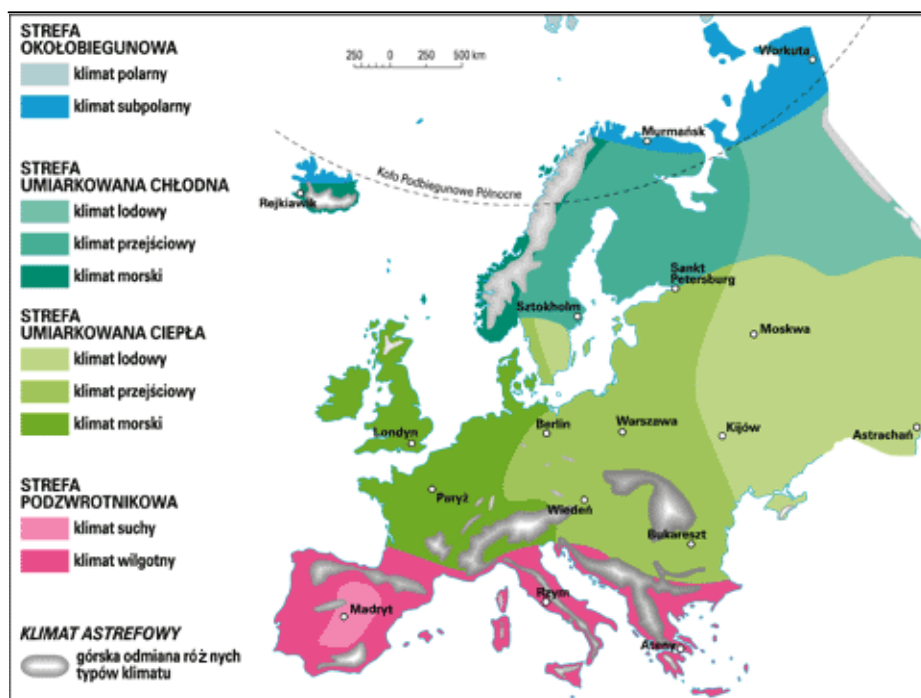
System RIS znalazł odzwierciedlenie w polskim ustawodawstwie. Założenia wcześniej wspomnianej Dyrektywy implementowano poprzez ustawę z dnia 8 września 2008 roku zmieniającą ustawę o żegludze śródlądowej.

6. EUROPEJSKIE DROGI ŚRÓDLĄDOWE

6.1. Fizyko-geograficzna charakterystyka Europy

Europa jest kontynentem o powierzchni 10,5 mln km² graniczącym na wschodzie poprzez Ural z Azją. Pozostałe jej granice tworzone są przez Ocean Atlantycki i jego morza oraz Ocean Arktyczny. Długość morskiej linii brzegowej tego kontynentu wynosi 38.000 km, co w relacji z powierzchnią stanowi o tym, że Europa jest najsilniej rozczłonkowaną częścią świata. Średnia odległość od brzegu morskiego miejsc położonych na lądzie wynosi tylko 340 kilometrów.

Klimat europejski sprzyja temu, by mogła na tym kontynencie istnieć stała gęsta sieć rzeczna.



Rys. 6.1. Strefy klimatyczne Europy.

Źródło: [www.wikipedia]

Przeważa w nim strefa umiarkowana ciepła, w tym obszary klimatu morskiego, niosącego dużą dawkę wilgoci. Taką cechą wyróżnia się także klimat astrefowy, charakterystyczny dla wysokich pasm górskich.

Jednak silne rozczłonkowanie kontynentu europejskiego nie sprzyja tworzeniu się wielkich systemów rzecznych. Gęstość i jakość tych systemów jest zróżnicowana. Ich analizy można dokonać przede wszystkim w kontekście podziału Europy na fizyko-geograficzną regionalizację.

Podstawą tego podziału jest Uniwersalna Klasyfikacja Dziesiętna (UKD) zaproponowana w 1971 roku [7]. Stanowi ona, że Europa dzieli się na następujące makroregiony:

- Europę Północną - ,
- Europę Południową - ,
- Europę Wschodnią - ,
- Europę Zachodnią - .

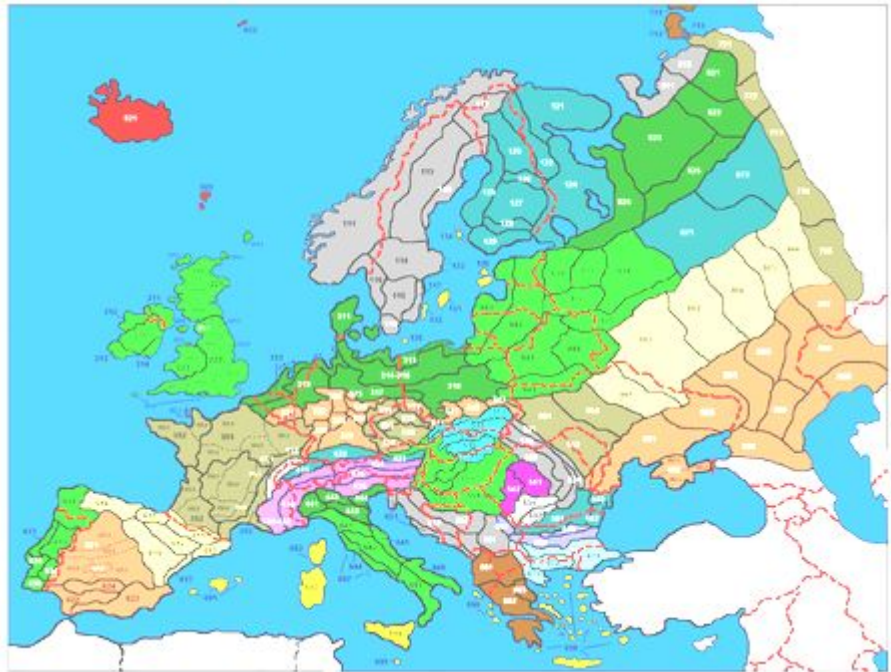
Graficzną postać tego podziału prezentuje rysunek 6.2.



Rys.6.2. Makroregiony i Regiony Europy

Źródło: [www: wikipedia]

W strukturach Makroregionu Europy Zachodniej występują regiony, a we wszystkich makroregionach Europy występują prowincje i podprowincje.



Rys. 6.3. Prowincje i Podprowincje Europy

Źródło: [www: wikipedia]

W Europie Północnej najistotniejszy jest Makroregion Skandynawski, obejmujący m. in. prowincje takie jak Półwysep Skandynawski, półwysep Kolski czy masyw Fińsko – Karelski.

Makroregion Europy Zachodniej tworzony jest przez regiony:

- Wielkiej Brytanii,
- Pozaalpejską Europę Środkową z prowincjami:
 - o Niżu Środkowo –Europejskiego,
 - o Średniogórza Niemieckiego (Środkowoeuropejskiego),
 - o Masywu Czeskiego,
 - o Wyżyn Polskich,
 - o Francuskich Masywów i Kotlin,
- Alpejski, z prowincjami:
 - o Alp,
 - o Jury Szwajcarsko – Kaszubskiej,
- Karpacki (Karpaty wraz z obniżeniami zewnętrznymi i wewnętrznymi), obejmujący m.in. prowincje:

- Kotliny Panońskiej,
- Równiny Południoworumuńskiej.

Makroregion Europy Południowej obejmuje prowincje tworzone przez :

- Półwysep Iberyjski,
- Półwysep Apeniński,
- Półwysep Bałkański.

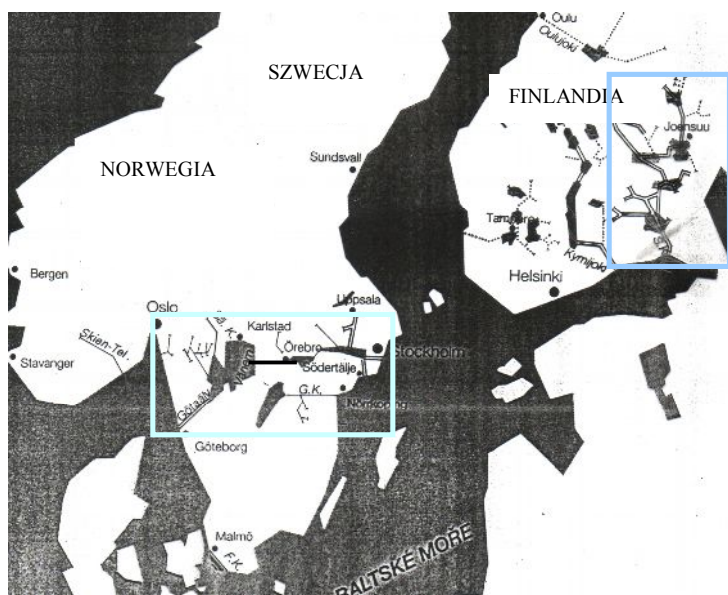
Natomiast Makroregion Europy Wschodniej tworzą m.in. prowincje:

- Nizy Wschodnioeuropejskiego
- Uralu.

Fizyko-geograficzna specyfika makroregionów, regionów i prowincji wpływa na kształtowanie się systemów rzecznych w poszczególnych częściach Europy. Ma więc decydujący wpływ na istotność dróg wodnych i europejską żeglugę śródlądową.

6.2. Makroregionalne i regionalne systemy dróg wodnych w Europie

Sieć rzeczna w Europie Północnej, tworzona jest przez wody powierzchniowe Półwyspu Skandynawskiego i masywu Fińsko - Karelskiego.



Rys. 6.4. Rzeki i jeziora Europy Północnej; Błękitna Wstęga Szwecji, Saimaa Canal
Źródło: [opracowanie własne na podstawie [4]]

W regionie półwyspu skandynawskiego, drogę wodną nazwaną Błękitną Wstęgą Szwecji składającą się z rzek, jezior i kanałów, tworzą - od zachodu: rzeka Göta, kanał Trollhättan, jezioro Vanern, kanał Göta, jezioro Vättern, kanał Göta, jezioro Boren, kanał Göta, jezioro Roxen, kanał Göta, fiord Sadtbaken.. Długość tej drogi wodnej wynosi 390 km. Profil podłużny Błękitnej Wstęgi Szwecji pokazuje rysunek 6.5.



Rys.6.5. Profil podłużny Błękitnej Wstęgi Szwecji

Źródło: [4]

Jest ona dostępna dla żeglugi towarowej na zachodnich odcinkach do jeziora Vanern włącznie (200 km) . Na swojej całej długości jest dostępna dla pasażerskiej żeglugi indywidualnej i zbiorowej.

Wody śródlądowe masywu Fińsko - Karelskiego tworzą system dróg zwany Saimaa o powierzchni 4.400 km² i długości 2.000 kilometrów. Składowymi tego systemu są jeziora, a najważniejsze z nich to: Kuopio, Haapamaki , Joensuu, Varkaus, Matylluoto, Imatra, Lapeenranta i Lahti.

System ten jest dostępny na całej swojej długości zarówno dla żeglugi towarowej jak i pasażerskiej przez 200 dni w roku. Istnienie u jego brzegów 60 portów stanowi o jego znaczeniu dla gospodarki Finlandii. Znaczenie to podkreśla połączenie z morzem Bałtyckim poprzez kanał Saimaa o długości 43 kilometrów.

Systemy wód śródlądowych Europy Północnej nie są bezpośrednio połączone pomiędzy sobą. Ich połączenie żeglugowe może być realizowane poprzez wykorzystania akwenu Morza Bałtyckiego. To samo morze oddziela je fizycznie od systemów wód śródlądowych Europy Wschodniej i Europy Zachodniej. Nie wyklucza to jednak ich połączenia żeglugowego ze śródlądziem tych makroregionów.

W Europie Południowej, rzeki półwyspu Iberyjskiego (Pirenejskiego) tworzą szlaki żeglowne o długości190 kilometrów [18] z czego 70 kilometrów przypada na Hiszpanię a 120 kilometrów – na Portugalie. Stanowią więc one lokalną atrakcję

turystyczną tworzoną przez takie rzeki jak Ebro, Gwadalkiwr, Gwadiena, Tag i Duero.

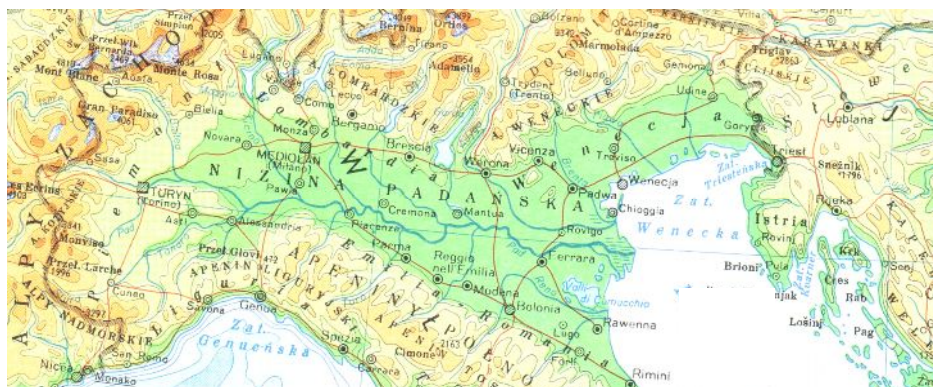


Rys. 6.6. Rzeki półwyspu Iberyjskiego

Źródło: [atlas geograficzny]

W zakresie gospodarczym, rzeki te służą przede wszystkim celom irygacyjnym.

Nieco odmienna sytuacja ma miejsce na Półwyspie Apenińskim. Głównym jego obszarem wykorzystującym transport śródlądowy jest dolina rzeki Pad.



Rys. 6.7. Dolina rzeki Pad (Nizina Padańska)

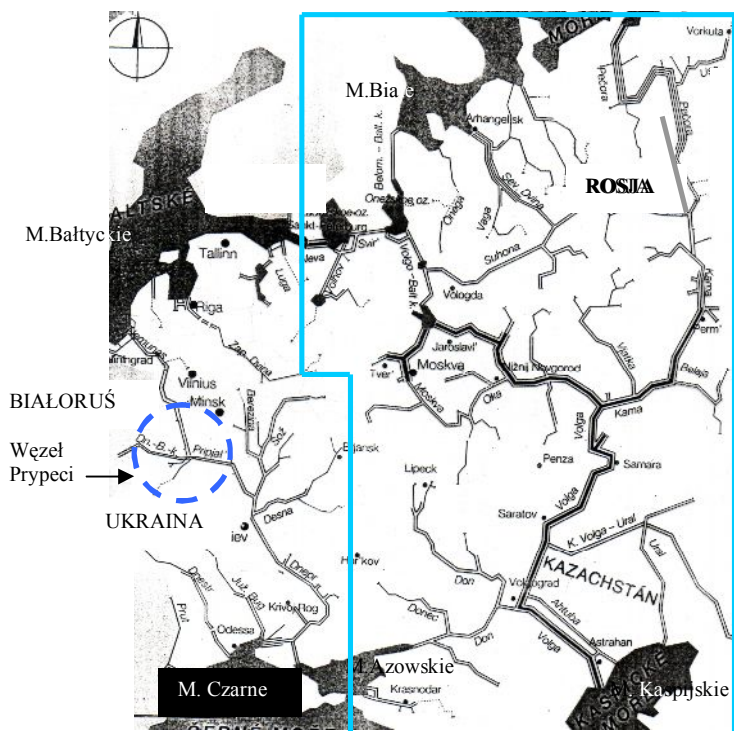
Źródło: [atlas geograficzny]

W dolinie tej zlokalizowane są największe ośrodki przemysłowe Włoch (Turyn, Mediolan, Ferrara) posługujące się rzeką Pad dla celów transportowych, która umożliwia im również komunikację śródlądową z wybrzeżem Adriatyku.

Pad ma także niezaprzeczalne walory turystyczne. Turystyczna formuła wykorzystania dróg wodnych dotyczy również „rzymskiej” rzeki Tybr i rzeki Arno przepływającej przez Florencję. Całkowita długość włoskich dróg śródlądowych wynosi około 1500 km [18].

Drogi wodne Europy południowej są - podobnie jak w Europie Północnej – drogami odosobnionymi w dwóch aspektach. Nie tworzą one systemu wiążącego rzeki Półwyspu Iberyjskiego i Apenińskiego oddzielonych obszarami morskimi. Nie tworzą również ani naturalnego ani sztucznego systemu powiązanego z drogami pozostałych części (makroregionów) Europy, ze względu na przeszkody lądowe jakimi są pasma górskie Pirenejów i Alp. Mają więc tylko znaczenie lokalne.

Rzeki Europy Wschodniej, swoje źródła mają w prowincji Nizu Wschodnioeuropejskiego.



Rys.6.8. Rzeki Europy Wschodniej **Wolżański System Wodny**; **Węzeł Prypoci**
 Źródło: [opracowanie własne na podstawie [4]]

Dominującym ciekim tego makroregionu jest najdłuższa rzeka Europy – Wołga (3531 km). Do innych znaczących rzek w tym obszarze należą: Don, Oka, Świr, Nawa, Dniepr, Prypeć, Niemen. Zlewnią wymienionych rzek jest Ocean Arktyczny (poprzez Morze Białe), Ocean Atlantycki (poprzez Morze Azowskie, Czarne i Bałtyckie) a także obszar bezodpływowy, tworzony przez Morze Kaspjskie.

Kierunek przepływu wszystkich rzek ma charakter południkowy. Dzięki trzem kanałom o nazwach: Wołga – Don, Białomorski, Moskiewski i większości wymienionych rzek, utworzona została sieć dróg wodnych śródlądowych wysokiej klasy o nazwie Wołżański System Wodny. System ten nie ma śródlądowego połączenia ze śródlądowymi drogami wodnymi Europy Zachodniej. Niemniej dysponując długością 6.000 kilometrów stanowi ważną arterię transportową dla gospodarki Federacji Rosyjskiej.

Natomiast szanse na (ponowne) włączenie do Zachodnioeuropejskiego systemu transportowego ma znacząca i odosobniona rzeka tego makroregionu, którą jest - uchodzący do Morza Czarnego - Dniepr z Prypecią, które tworzą śródlądowe drogi wodne Białorusi i Ukrainy. Prypeć wraz z kanałem Ogińskiego, rzekami Szczarą i Niemnem, stanowi również turystyczny (kajakowy) szlak wodny kończący się u brzegów Bałtyku. Podobny charakter ma drożne do dzisiaj połączenie Prypoci poprzez Kanał Królewski i Kanał Muchawiec z rzeką Bug, który jest najbardziej wysuniętym na wschód ciekim powierzchniowym na terytorium Polski.



6.9. Komunikacyjny Węzeł Prypoci

Źródło: [opracowanie własne na podstawie [16]]

Specyfiką Europy Zachodniej jest fakt, że trzy regiony tego makroregionu mają charakter kontynentalny a czwarty – jest regionem wyspiarskim, tworzonym przez Wyspy Brytyjskie. Na sieć rzeczną tego regionu składają się rzeki Anglii i Walii. Uzupełnieniem tej sieci są niskiej klasy kanały budowane w XVIII i XIX wieku.



Rys.6.8. Drogi wodne Wysp Brytyjskich
Źródło: [4]

W tym czasie śródlądowe drogi wodne pełniły znaczącą funkcję transportową. Ich rola zmalała z chwilą pojawienia się konkurencyjnego transportu kolejowego, który mógł operatywniej obsługiwać wybrane ośrodki przemysłowe i konsumenckie a jednocześnie dysponował większą prędkością przemieszczania ładunków i pasażerów.

Obecne drogi wodne Wielkiej Brytanii o długości około 1150 kilometrów [18], wykorzystywane są głównie przez indywidualną i zbiorową turystyczną żeglugę pasażerską. Pływając Tamizą można podziwiać architekturę Londynu i Oxfordu. Turystykę krajobrazową umożliwia m.in. szkocki Kanał Kaledoński.

Poza małym znaczeniem gospodarczym, sieć śródlądowych dróg Wielkiej Brytanii jest siecią odosobnioną, nie mającą śródlądowego powiązania z sieciami innych regionów, od których oddziela je Morze Północne, Kanał La Manche, Morze Irlandzkie i otwarte wody Oceanu Atlantyckiego.

Pozostałe regiony Makroregionu Europy Zachodniej, zlokalizowane są na zwartym obszarze lądowym. Rzeki tych regionów mają swój początek przede wszystkim w górskich masywach Alp, Sudetów i Karpat.



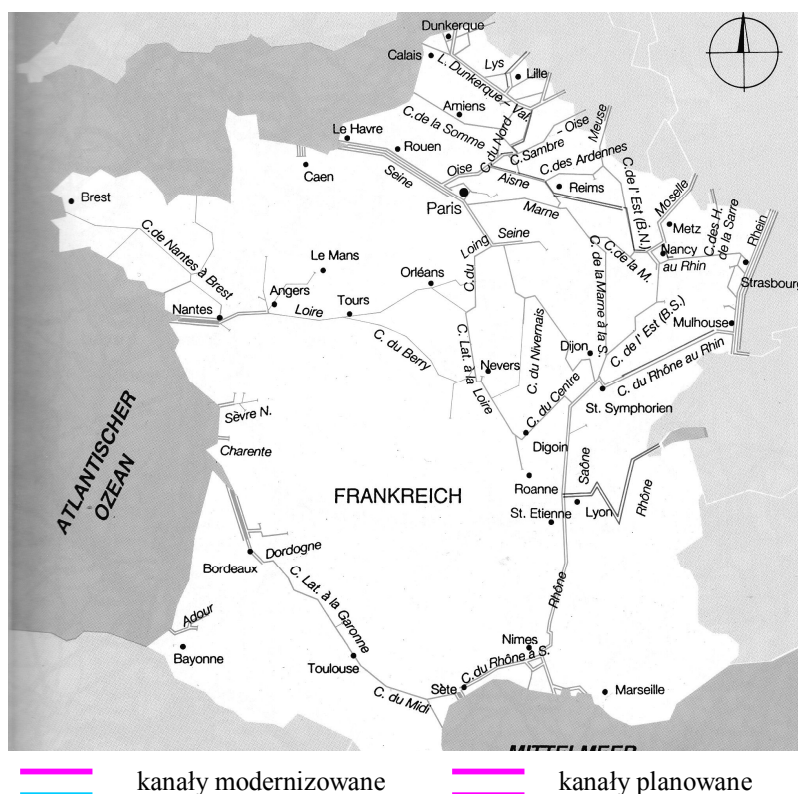
Rys. 6.10. Lokalizacja źródeł rzek Europy Zachodniej
Źródło: [atlas geograficzny]

W Alpach mają swoje źródła największe rzeki tej części Europy tj. Dunaj, Ren i Rodan, a także Mozela, Sekwana Loara czy Garonna. Najwyższe góry Europy (4819 m n.p.m.) generują najbardziej obfite opady a atlantycki klimat dorzecza tych rzek sprawia, że rzeki te mają wysokie i stabilne przepływy roczne. Relacje pomiędzy maksymalną i minimalną wartością tych przepływów przyjmują wartości około 20 [18].

Kierunek przebiegu koryta rzeczno Renu, Rodanu, Mozeli a także Sekwany ma charakter południkowy. Najbardziej znaczącym na kierunku równoleżnikowym – jest Dunaj. Zlewniami rzek „alpejskich” jest Morze Północne (dla Renu i Mozeli), otwarte wody Oceanu Atlantyckiego (dla Sekwany, Loary i Garonny), Morze Śródziemne (dla Rodanu) i Morze Czarne (dla Dunaju). Rzeki te

(poza Dunajem) wraz z dopływami tworzą naturalne drogi wodne stanowiąc 60% długości wszystkich dróg usytuowanych w obszarach ich dorzeczy. Pozostałą część (40 %) tworzą sztuczne drogi wodne tj. kanały. Okres powstawania kanałów był różny i różny jest ich stopień dzisiejszego wykorzystania.

Terytorium Północnej Francji (podobnie jak Anglii i Walii) było przecinane wieloma kanałami żeglownymi w okresie rewolucji przemysłowej.



Rys. 6.11. Drogi wodne Francji

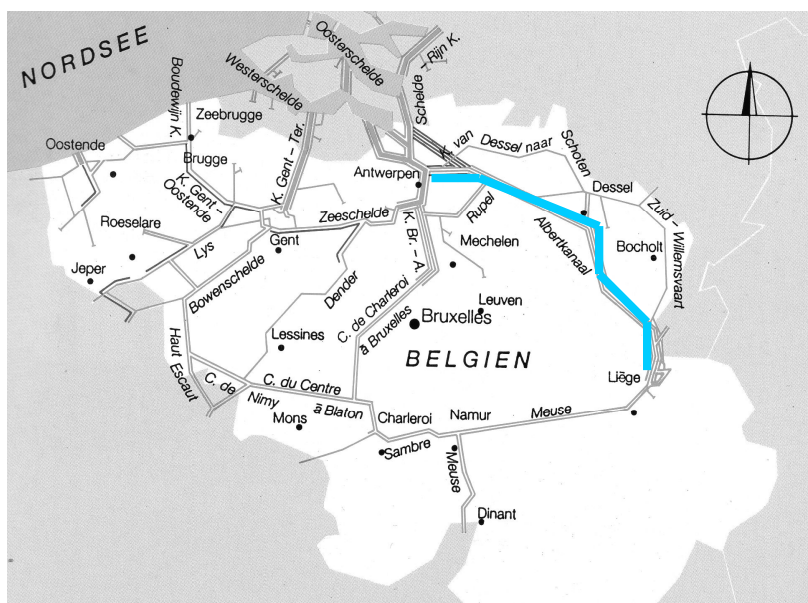
Źródło: [4]

Ich znaczenie – podobnie jak na Wyspach Brytyjskich – zaczęło maleć w wyniku pojawienia się przewozów kolejowych,. Natomiast inna niż w Regionie Brytyjskim, jest intensywność wykorzystywania dróg wodnych Francji. Przewozy śródlądowe mają 7 % udział w usługach transportowych ładunków świadczonych w tym kraju. Pomimo malejącej czynnej długości dróg wodnych Francji (1970 rok – 7433 km, rok 2000 – 5566 km [18]) nadal jest ona w żegludze śródlądowej potentatem europejskim. Niezależnie od przewozów towarowych, francuska żegluga

śródlądowa oferuje również produkty turystyczne związane z podróżami Sekwaną, Loarą, Garonną czy Rodanem.

Istotne dla sieci żeglownej Francji są jej liczne bezpośrednie powiązania z drogami śródlądowymi najbliższych sąsiadów: Belgii, i Niemiec. Z belgijską Mozą łączy francuską Sekwanę Kanał Ardeński; z niemieckim Renem połączony kanałem jest francuski Rodan. Jakość tych połączeń nie zawsze odpowiada współczesnym wymaganiom, co znajduje swoje odzwierciedlenie w europejskich projektach infrastrukturalnych

Najważniejsze drogi wodne północnego sąsiada Francji tzn.. Belgii, przebiegają rzeką Mozą i Skaldą, oraz kanałem Alberta.



Rys. 6.12. Belgijskie drogi wodne; Kanał Alberta

Źródło: [4]

Długość dróg wodnych Belgii od 1970 roku jest niezmienna i wynosi około 1560 kilometrów. Są one wysokiej klasy a najbardziej znaczącą inwestycją hydrotechniczną XX wieku był Kanał Alberta łączący port morsko - śródlądowy w Antwerpii z Limburskim Zagłębiem Węglowym

Północnym sąsiadem Belgii - jest Holandia. Na jej terytorium naturalne drogi wodne tworzone są przez ujściowy odcinek Renu oraz równolegle do niego płynącą

Możę. Ich wody tworzą również akwatoria portowe największego w Europie portu morsko – śródlądowego – Rotterdamu oraz morsko – rzeczno portu w Amsterdamie



Rys.6.13. Drogi śródlądowe Holandii
Źródło: [4]

Łącznie z licznymi kanałami sieć dróg wodnych Holandii liczy 5000 kilometrów długości. Czyni ona z tego kraju najbardziej „uwodnione” terytorium Europy, stanowiąc 1,1 % jego powierzchni. Sztuczne drogi wodne łączą Holandię z Belgią natomiast naturalne – w tym przede wszystkim Ren – z Niemcami.

Na terytorium Niemiec dominują dwie naturalne drogi wodne: rzeka Ren (Rhein) i rzeka Łaba (Elbe) oraz dwie sztuczne tj. Kanał Środkowy (Mittelland Kanal) o długości 350 kilometrów i Kanał Ren – Men – Dunaj (Main – Donau Kanal).

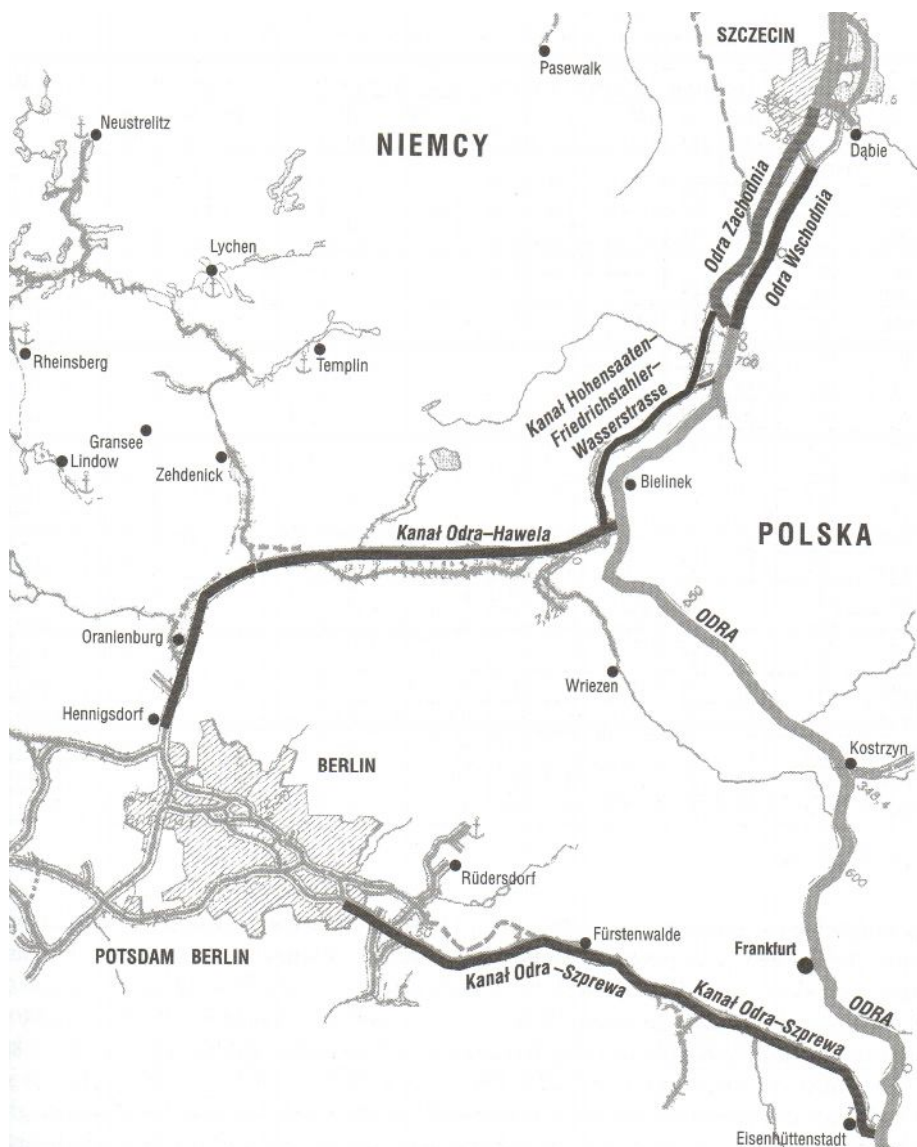
Ren i Łaba mają przebieg południkowy; natomiast kanały – przebieg równoleżnikowy. Tworzą one bazę sieci niemieckich dróg wodnych. Ich długość jest szacowana na 7310 kilometrów i jest największą w Europie Zachodniej.



Rys. 6.14. Niemieckie drogi wodne
Źródło: [4]

Podstawową arterią żeglowną jest Ren, który przepływa przez najbardziej uprzemysłowioną część Niemiec. Nad Renem leży Duisburg, uważany za największy europejski port śródlądowy. Górny Ren łączy bezpośrednio Niemcy a pośrednio

Holandię z niemiecko - szwajcarskim jeziorem Bodeńskim. Poprzez Kanał Środkowy Ren połączony jest z Łabą, z kanałem Łaba - Hawela i Berlińskim Węzłem Wodnym a dalej, poprzez kanały Odra – Hawela i Odra - Szprewa z Odrzańską Droga Wodną.



Rys. 6.15. Połączenia Berlińskiego Węzła Wodnego z Odrą
Źródło: [18]

Łaba, płynąca w tym samym kierunku co Ren, uchodzi do morza północnego. W jej ujściowym odcinku leży jeden z bardziej znaczących portów morsko – śródlądowych Europy – Hamburg. Swoją „śródlądowość” Hamburg zawdzięcza dwom faktom: znajduje się 100 kilometrów od brzegu morskiego a jego transport dowozowo – odwozowy odbywa się ze znaczącym udziałem żeglugi śródlądowej, w tym po rzece Łabie. Łaba nie dysponuje takimi warunkami żeglownymi jak Ren; jest bowiem rzeką wypływającą z masywu sudeckiego. Relacja pomiędzy jej maksymalnym i minimalnym przepływem rocznym wynosi aż 200 (podczas -gdy wspomniana już - ta wartość dla Renu wynosi ok. 20).

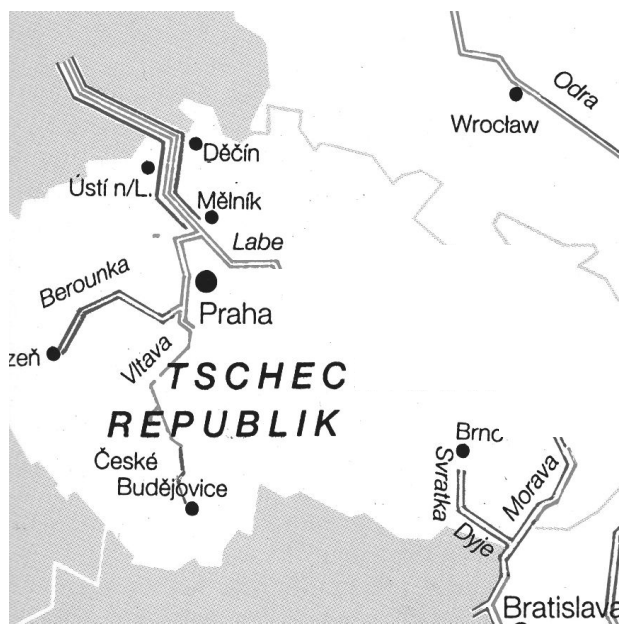
Przyczyną takiej sytuacji są m.in. przepływy letnie zależne od intensywności opadów. Ilustracją ich zróżnicowania są przykładowe opady miesiąca lipca przedstawione na rysunku 6.16.



Rys. 6.16. Intensywność i rozmieszczenie opadów w miesiącu lipcu w Europie
Źródło: [www.wikipedia]

Na rysunku 6.16 widać wyraźne zróżnicowanie intensywności opadów pomiędzy obszarami masywów Alp i Karpat a pozostałymi masywami góorskimi, w tym przede wszystkim Sudetów.

W tym kontekście tylko systematyczna zabudowa kanalizacyjna pozwala na racjonalną (ze stabilną głębokością tranzytową) eksploatację transportową Łaby. Łaba, poprzez Wełtawę łączy drogą śródlądową port w Hamburgu ze śródlądowymi portami Czech a przede wszystkim z portem czeskiej Pragi.



Rys. 6.17. Drogi wodne Czech

Źródło: [4]

Bardziej znaczące połączenie sieci niemieckich dróg śródlądowych uzyskano dzięki kanałowi Ren - Men - Dunaj.

Budowa tego kanału została zapoczątkowana w 1925 roku a zakończona w 1992. Obecnie składa się on ze skanalizowanych odcinków rzek Men (od jej ujścia do Renu do miasta Bamberg), skanalizowanych odcinków rzek Regnitz (lewy dopływ Menu) i Altmühl (lewy dopływ Dunaju) oraz Dunaju (od miasta Kelheim do Ratyzbony).



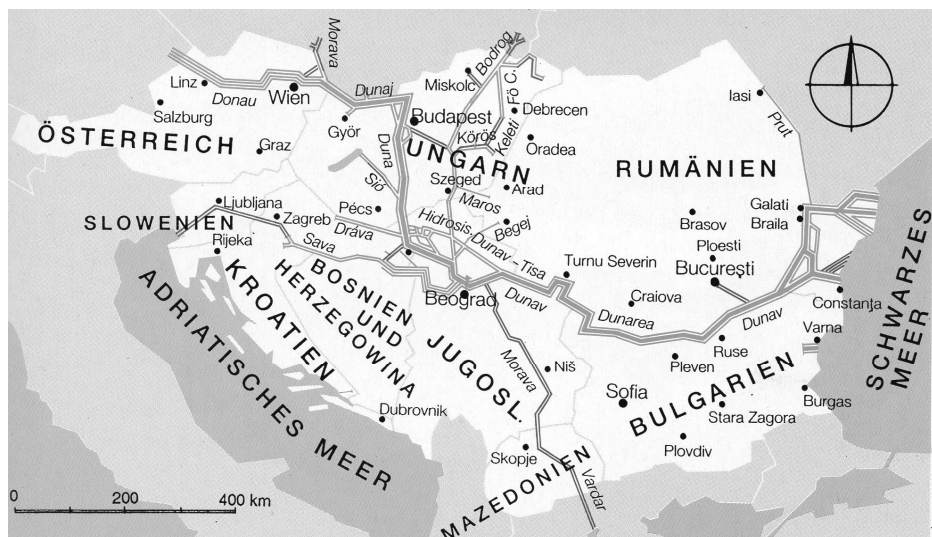
Rys. 6.18. Kanał Ren - Men – Dunaj

Źródło: [www.interia]

Długość kanału wynosi 590 kilometrów. Na tej długości znajduje się 59 śluz i dwie podnośnie. Jego parametry geometryczne pozwalają na żeglowanie statkami o ładowności 1500 ton. Dalszy przebieg tej drogi wodnej kontynuowany jest poprzez rzekę Dunaj.

Dunaj jest rzeką o długości 2888 kilometrów uchodzącą do Morza Czarnego. Jako ciek powierzchniowy o alpejskim rodowodzie jest zasobny w wodę, tworząc tym samym dobre warunki żeglugowe. Relacja pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi jego przepływami wynosi około 30. Podobnie więc jak Ren, Dunaj tworzy stabilne warunki użytkowania transportowego.

Jego równoleżnikowy przebieg przez znaczącą część Europy Zachodniej skutkuje tym, że tworzy drogę wodną wielu państw, w tym: Niemiec, Austrii, Słowacji, Węgier, Rumunii, Mołdawii, Ukrainy, Chorwacji, Serbii i Bułgarii a do morza uchodzi trójramienną deltą



Rys. 6.19. Droga wodna Dunaju

Źródło: [74]

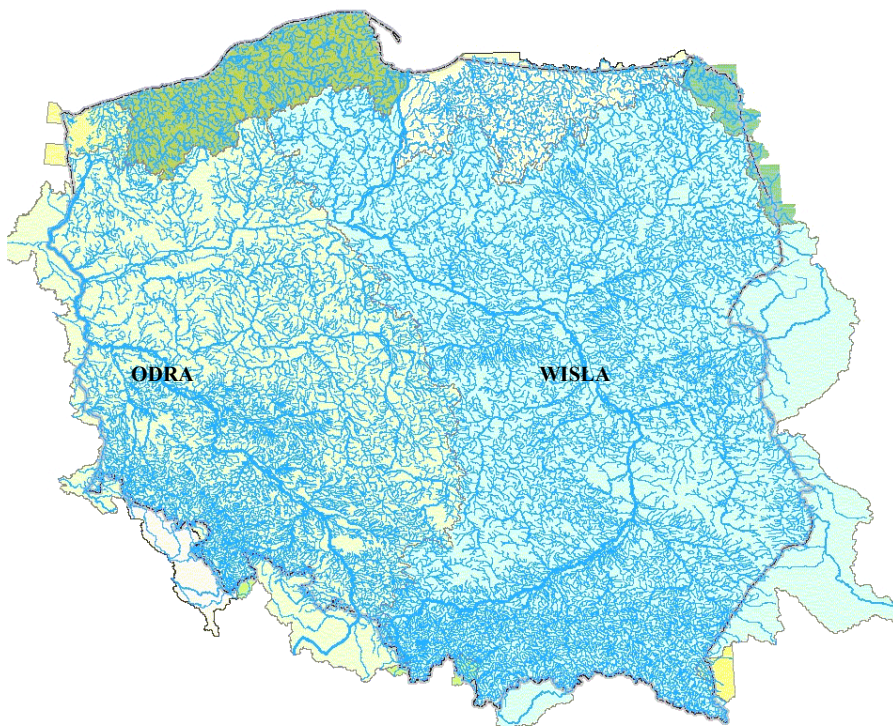
Drogi tworzone przez Dunaj uzupełniane są rzekami „karpackimi” takimi jak Wag (w Słowacji), Cisa, która przepływa przez terytorium Węgier czy Prut, stanowiący drogę wodną Ukrainy i Mołdawii. Są one lewobrzeżnymi dopływami Dunaju o południkowym kierunku przepływu. Tworzą autonomiczną sieć rzeczną oddzieloną od północnych sąsiadów masą Karpát Uzupełniają ją prawobrzeżne dopływy Dunaju takie jak Sawa i Drawa

Dunaj wraz z kanałem Ren – Men - Dunaj i rzeką Ren tworzy wodną trasę transportową pomiędzy portem Rotterdam i portem Konstanca o długości około 3.500 kilometrów. Jej przebieg – poza budową kanału R-M-D, został ukształtowany również przez Kanał Cernawoda – Konstanca o długości 64 kilometrów., skracający omawianą wyżej trasę o 370 kilometrów.

Trasa ta - jako jedyna - umożliwia śródlądowy transport ładunków pomiędzy portami Morza Północnego i Morza Czarnego.

6.3. Polskie drogi wodne w makroregionie Europy Zachodniej

Sieć śródlądowych dróg wodnych w Europie Zachodniej uzupełniają polskie drogi wodne. Podstawą ich tworzenia są rzeki. Te z nich, które przepływają przez terytorium Polski, należą do 7 dorzeczy, w tym do: **dorzecza Wisły**, **dorzecza Odry**, **dorzecza rzek przymorza**, **dorzecza Niemna**, **dorzecza Dniestru**, **dorzecza Dunaju** i **dorzecza Łaby**.



Rys. 6.20. Rzeki Polski; dorzecza rzek

Źródło: [www.wikipedia]

Podstawowymi obszarami wodonośnymi są dorzecza Wisły i Odry, które w sumie stanowią one 89,6 % powierzchni Polski.

Wisłę (o długości 1047 km) i Odrę (o długości 854 km) zasilają ich lewo i prawobrzeżne dopływy. W tych dopływach występuje wyraźna asymetria; lewe dopływy są krótsze i mniej obfite w wodę w stosunku do dopływów prawych. Dla Wisły asymetria ta kształtuje się jak 27:73; dla Odry – jak 30:70. Wynika to nachylenia powierzchni ziemi w kierunku północno – zachodnim a także z rozwoju rzeźby terenu. Te same czynniki powodują południkowy przebieg rzek głównych tj. Wisły i Odry. Obydwie kończą swój bieg ujściem deltowym, które w przypadku

Wisły ma charakter dwuramienny a w przypadku Odry – charakter delty wstecznej. Obydwie wreszcie uchodzą do Morza Bałtyckiego.

Istotne różnice pomiędzy Wisłą a Odrą wynikają z położenia ich obszarów źródłowych. Dla Wisły są to Karpaty, w których najwyższy szczyt Gerlach wznosi się na wysokość 2655 m n.p.m. natomiast dla Odry są to Sudety, nad którymi góruje Śnieżka o wysokości 1602 m n.p.m. Tym samym ich deszczowo – śnieżne zasilanie w wodę jest znacząco zróżnicowane. Stąd wynika również wartość średniego natężenia ich przepływów u ujścia. Dla Wisły wynosi ono 1054 m³/s a dla Odry – 535 m³/s. Z hydrologicznego punktu widzenia Wisła powinna więc tworzyć lepsze warunki żeglowności niż Odra. Praktyka jednak jest inna. Wisła i pozostałe polskie rzeki żeglowne dysponują zdecydowanie gorszymi parametrami geometrycznymi determinującymi efektywność żeglugi śródlądowej, natomiast podstawową arterią śródlądową Polski stanowi rzeka Odra.



Rys. 6.21. Sieć śródlądowych dróg wodnych w Polsce
Źródło: [rzgw.wroclaw]

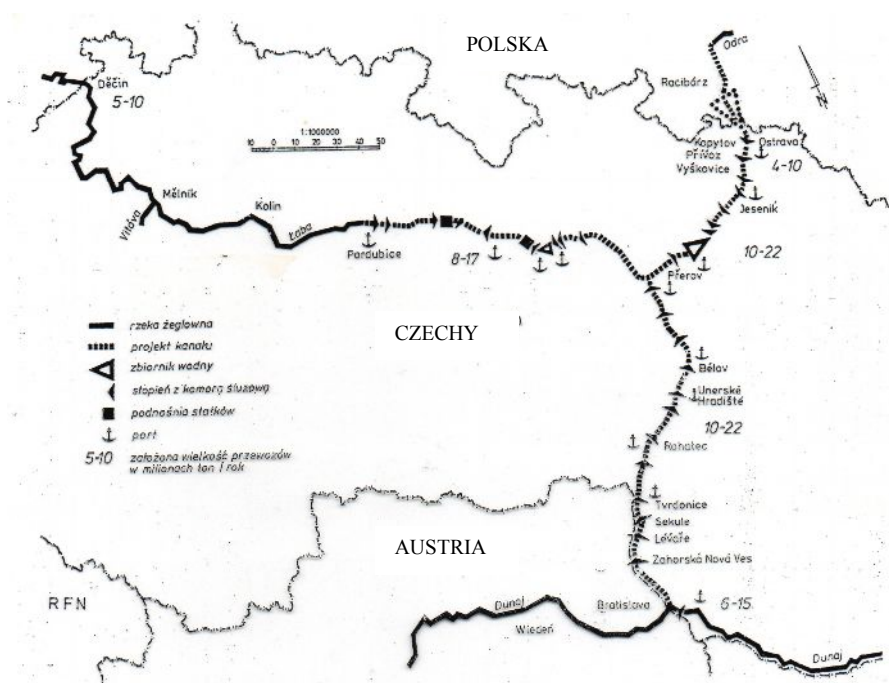
Wynika to z faktu jej hydrotechnicznego zagospodarowania. W górnym biegu Odrzańskiej Drogi Wodnej znajdują się 23 stopnie wodne stabilizujące głębokość tranzytową tej drogi na odcinku około 200 kilometrów. Brak dalszej kanalizacji powoduje, że warunki żeglugowe na Odrze Środkowej są bardzo zmienne i nie sprzyjają rozwojowi trasowej żeglugi śródlądowej, ograniczając jej wykorzystanie do przewozów lokalnych.

Sposób użytkowania tej drogi wodnej mógłby ulec zmianie w wyniku wzrostu jej znaczenia transportowego w tym przede wszystkim tranzytowego. Stan ten powinien nastąpić w wyniku działań inwestycyjnych nakierowanych na budowę połączenia wodnego pomiędzy Odrą a Dunajem.

Istnieją dwie koncepcje tego połączenia:

- poprzez budowę kanału Odra – Łaba – Dunaj,
- poprzez budowę kanału Odra – Wag – Dunaj.

Planowany Kanał Odra – Łaba – Dunaj ma niemal 500 kilometrów długości. Tworzą go 3 odcinki przebiegające przez Polskę, Czechy i Austrię.



Rys.6.22. Rzut poziomy przebiegu Kanału Odra – Łaba - Dunaj

Źródło: [19]

Ich poszczególne długości zawarte są w tabeli 6.1.

Tabela 6.1

Długości krajowych odcinków Kanalu O - Ł- D

Kraj	Długość odcinka [km]	Udział długości odcinka [%]
Republika Czech	381	76,4
Austria	75	15,0
Polska	43	8,6
Razem	499	100

Źródło: [www.tinavienna.at]

Kanał ma kształt litery **Y**. Długość jego poszczególnych odcinków związanych autonomicznie z rzekami zawiera tabela 6.2.

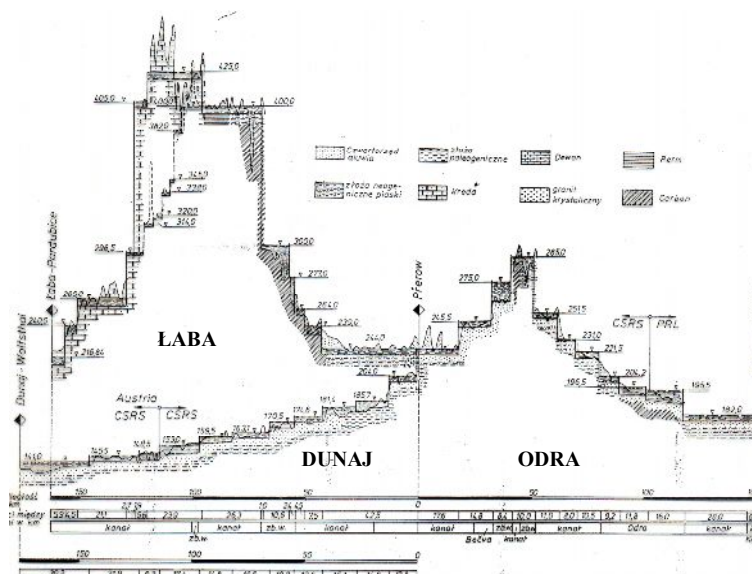
Tabela 6.2

Długość autonomicznych rzecznych odcinków Kanału O – Ł - D

Odcinek związany z rzeką	Długość odcinka [km]	Maksymalna różnica poziomów odcinka [m]	Liczba stopni wodnych [szt]
Dunaj	194	73,8	9
Odra	145	143	9
Łaba	160	337,5	14
Razem	499	554,3	32

Źródło: [www.tinavienna.at]

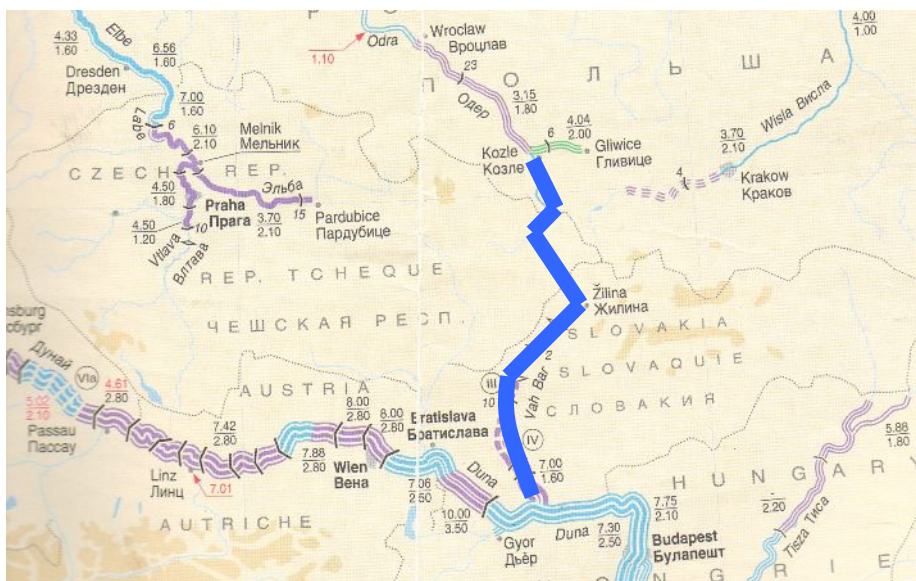
Różnicę poziomów odcinków oraz położenie stopni wodnych Kanału ilustruje rysunek 6.23.



Rys. 6.23. Profil Kanału Odra – Łaba - Dunaj

Źródło: [19]

Drugi z kanałów tj. Kanał Odra - Wag – Dunaj o planowanej długości 302 km ma przebiegać przez terytoria Polski, Czech i Słowacji.



Rys. 6.2. Rzut poziomy przebiegu Kanału Odra – Wag – Dunaj

Źródło: [opracowanie własne na bazie map EKG ONZ]

Jest on tworzony przez cztery odcinki inwestycyjne. Trzy z nich przebiegają przez terytoria Słowacji i Czech, czwarty – przez terytorium Polski.

Ich długości i planowane terminy realizacji podaje tabela 6.3.

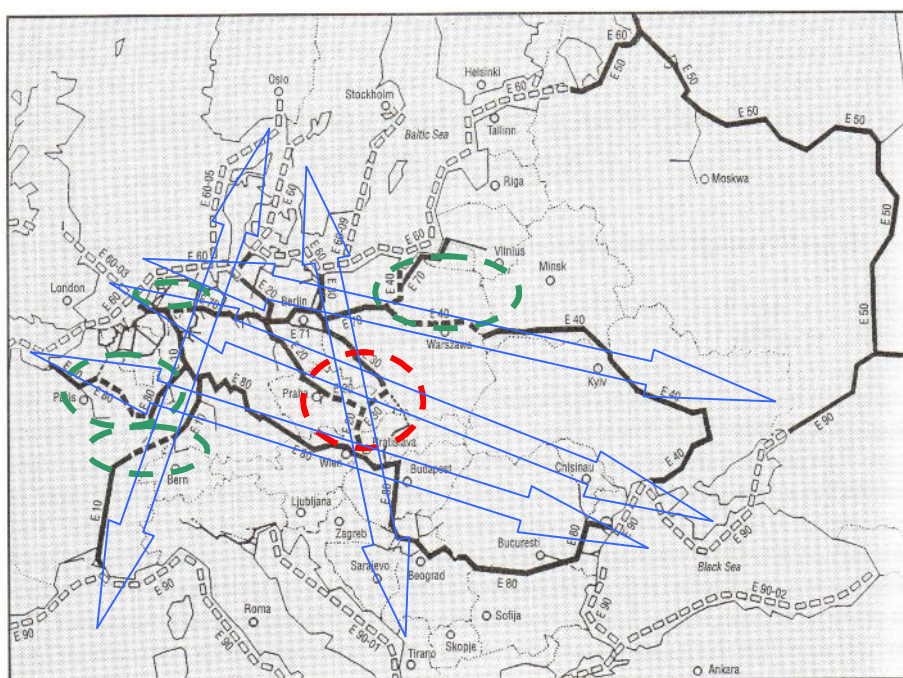
Tabela 6.3

Odcinki kanału Odra – Wag– Dunaj

Etap	Odcinek	Długość odcinka [km]	Termin realizacji [rok]
1	Komarno - Sered	75	1998
2	Sered - Puchov	124	2004
3	Puchov - Žyľina	5	2010
4	Žyľina - Odra	98	po 2025

Źródło: [www.telcom.gov.sk]

Obydwie te inwestycje znajdują się w planach zagospodarowania europejskiej sieci dróg śródlądowych wchodząc w skład autostrad śródlądowych o symbolach E-20, E-30 i E-81.



Rys. 6.24. Europejskie autostrady wodne

- odcinki nowe
- połączenia modernizowane
- kierunki przepływu ładunków



Źródło: [opracowanie własne na podstawie [18]]

W tychże planach widnieją również propozycje wymagające znaczących modernizacji „polskich” odcinków autostrady E – 40 w postaci Węzła Prypoci oraz modernizacji Wisły Środkowej i Wisły Dolnej. Poza granicami Polski – modernizacji mają być poddane połączenia Ren – Rodan (E-10), Marna - Ren (E-80) i Ren - Mittellandkanal (E- 70).

Realizacja tych zamierzeń w znaczącym stopniu zwiększyłaby liczbę możliwych połączeń na kierunkach wschód – zachód i północ – południe, przyczyniając się do konkurencyjnego znaczenia żeglugi śródlądowej w Europie.

ZAKOŃCZENIE

Przykład rozwoju sieci europejskich dróg śródlądowych, której bazę stanowią rzeki, świadczy o możliwości poprawienia form naturalnych przez jej sztuczne uzupełnienie. Poprzez budowę kanałów łączących różne dorzecza Europy Zachodniej, można było uzyskać rozwiązanie infrastruktury transportu śródlądowego, w którym łączna długość obiektów liniowych wynosi ponad 30.000 kilometrów.

W tym kontekście, polska sieć dróg wodnych śródlądowych ze względu na sumaryczną długość jej odcinków, może być traktowana jako znacząca w sieci europejskiej. O jakości polskiej sieci świadczy parametryczna jej charakterystyka zawarta w tabeli 1.

Tabela 1

Parametryczna charakterystyka polskiej sieci śródlądowej

Drogi wodne uznane za żeglowne	Ogółem		W tym eksploatowane	
	[km]	[%]	[km]	[%]
Ogółem	3640	100,0	3094	85,0
Rzeki żeglowne	2430	66,8	1954	80,4
Jeziora żeglowne	260	7,1	260	100,0
Sztuczne drogi wodne oraz skanalizowane odcinki rzek, w tym:	950	26,1	880	92,6
- kanały żeglowne	338	9,9	*	*
- zbiorniki wodne	96	2,6	*	*
- skanalizowane odcinki rzek	516	14,2	*	*

Źródło: [Transport – GUS, 2003, s.105]

Według powyższej charakterystyki kanały żeglowne mają 9 % udział w długości dróg wodnych polskiej sieci. W porównaniu z siecią europejską (40 %) jest on z pewnością skromny.

Najważniejszymi kanałami żeglownymi w Polsce są:

- Kanał Bydgoski (27 km), pełniący funkcję kanału wododziałowego pomiędzy dorzeczem Odry i Wisły,
- Kanał Augustowski (80 + 21 km), pełniący funkcję kanału wododziałowego pomiędzy dorzeczem Wisły i dorzeczem Niemna przepływającego przez Białoruś,
- Kanał Gliwicki (41 km), pełniący funkcję kanału dojazdowego,
- Kanał Łęczyński (15,7 km), pełniący funkcję kanału równoległego,

a ich sumaryczna długość nie przekracza 170 kilometrów.

W porównaniu z monumentalnymi budowlami hydrotechnicznymi zachodnich sąsiadów Polski (Kanałem Ren – Men – Dunaj, Kanałem Alberta) polskie kanały są nieporównywalnie krótsze.

Dla żeglugi transeuropejskiej najważniejszym polskim kanałem jest Kanał Bydgoski stanowiący element autostrady śródlądowej E-70. Pozostałe kanały mają charakter połączeń krajowych. Ale krajowy aspekt decyduje w znaczącym stopniu o randze żeglugi śródlądowej w Polsce.

Istotną sztuczną drogą krajową jest kanał Gliwicki, łączący górnośląski obszar gospodarczy z arterią Odrzańskiej Drogi Wodnej. W oparciu o ten przykład można wnioskować, że budowa kanałów dojazdowych zwiększa szanse rozwoju żeglugi śródlądowej. Beneficjentami tych rozwiązań powinny być obszary aktywne gospodarczo, będące dawcami lub biorcami dużej masy lub dużej objętości ładunków. Do tych obszarów można zaliczyć te, gdzie funkcjonuje:

- przemysł wydobywczy,
- przemysł przetwórczy,
- przemysł maszynowy.

Przemysł wydobywczy, sytuowany jest w miejscach występowania surowców energetycznych, chemicznych, metalicznych i skalnych. W przypadku Polski, można mówić o znaczącym wydobyciu węgla kamiennego oraz rud miedzi.

Obszarami występowania węgla kamiennego, są:

- Górnośląski i Rybnicki Okręg Przemysłowy, w którym roczne wydobycie szacowane jest na 70 mln ton,
- Zagłębie Lubelskie – o rocznym wydobyciu szacowanym na 20 – 40 mln ton,

Rudy miedzi pozyskiwane są z Lubińskiego – Głogowskiego zagłębia miedziowego. W obszarze tym funkcjonuje również przemysł przetwórczy (hutnictwo miedzi), którego roczna produkcja sięga 500.000 ton miedzi.

Hutnictwo metali żelaznych zlokalizowane jest na Górnym Śląsku i w Małopolsce gdzie 7 - 10 mln ton stali rocznie uzyskiwane jest z importowanej rudy żelaza. Produkcja tej ilości stali wymaga importu rudy o wartości bilansowej¹ minimum 25% i masie od 30 – 40 mln ton.

¹ Zawartość żelaza w rudzie

Przemysł maszynowy (w tym motoryzacyjny), którego rozwój oparty jest generalnie o kapitał zewnętrzny, pojawia się w Specjalnych Strefach Ekonomicznych (SSE) lub Parkach Przemysłowych (PP) i Parkach Technologicznych (PT). Specjalne Strefy Ekonomiczne stanowią wyodrębnione administracyjnie części terytorium Polski, przeznaczone do prowadzenia ekstensywnej działalności gospodarczej na preferencyjnych warunkach podatkowych. Parki Przemysłowe i Parki Technologiczne są miejscami, w których dzięki zgromadzeniu firm z jednej branży oraz wspierających je placówek badawczo – naukowych możliwy jest intensywny rozwój produkcji.

W Polsce funkcjonuje 14 SSE. Znajdują się one w we wszystkich województwach kraju. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadkach Parków Technologicznych czy Parków Przemysłowych.

Sposób funkcjonowania wszystkich wymienionych form działalności gospodarczej jest determinowany m.in. infrastrukturą transportową, dzięki której można realizować transport dowozowo – odwozowy. Infrastrukturę tą z reguły tworzą drogi kołowe i drogi szynowe. Możliwość korzystania z dróg wodnych śródlądowych wynika z dostępności do infrastruktury transportu wodnego tworzonej przez drogi naturalne i sztuczne.

Wymierną wartością tej dostępności jest gęstość sieci wyrażona stosunkiem całkowitej długości tworzących ją odcinków dróg wodnych do powierzchni obsługiwanego przez nią terytorium. W przypadku Polski, średnia ogólna gęstość sieci wynosi 1,16 km/100km². Natomiast jej gęstość odniesiona do dróg wodnych IV klasy wynosi 0,06 km/100km², a dla dróg wodnych III klasy – 0,12 km/100km². Dla porównania: sieć transportową Niemiec charakteryzuje ogólna gęstość wynosząca 2,05 km/100km², a Holandii – 12,3 km/100km².

W przypadku dużego zróżnicowania gęstości na określonym terytorium, gęstość ogólna nie oddaje w pełni warunków dostępności do jego sieci dróg wodnych. Bardziej adekwatnym do rzeczywistych warunków będzie wskaźnik gęstości dorzecza rzeki głównej. W Polsce wyróżniane są dwie rzeki główne: Wisła i Odra. Rzeki żeglowne dorzecza Wisły wraz z ich długością żeglowną i klasą równą lub wyższą od II przedstawia tabela 2.

Tabela 2**Żeglowne rzeki dorzecza Wisły**

Lp	Nazwa śródlądowej drogi wodnej	Długość [km]	Klasa drogi
1	Wisła - od ujścia Przemszy do Kanału Łęczańskiego, - od ujścia Kanału łączącego do stopnia wodnego Przewóz, - od Płocka do Włocławka, - od Tczewa do ujścia.	37,5 34,3 55,0 32,7	IV III Va III
2	Narew od Pułtusza do zalewu Zegrzyńskiego wraz z tym zalewem	40,9	II
3	Brda	14,4	II
4	Nogat	62,0	II
Razem		276,8	

Źródło: [Encyklopedia multimedialna]

Uwzględniając, że powierzchnia dorzecza Wisły wynosi 168,7 tys. km², to gęstość dróg wodnych klasy II i wyższych w tym dorzeczu przyjmuje wartość 0,16km/100km².

Rzeki żeglowne dorzecza Odry wraz z ich długością żeglowną i klasą równą lub wyższą od II przedstawia tabela 3.

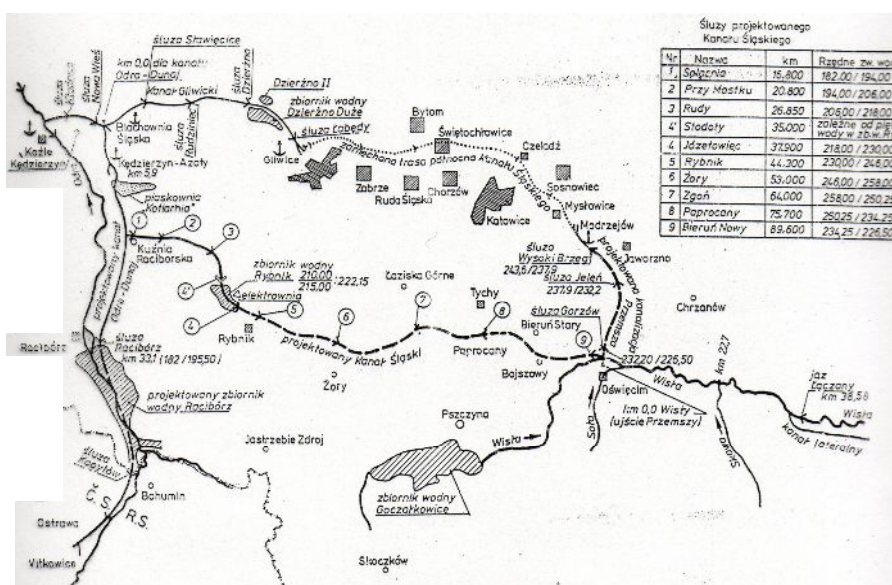
Tabela 3**Żeglowne rzeki dorzecza Odry**

Lp	Nazwa śródlądowej drogi wodnej	Długość [km]	Klasa drogi
1	Odra - Kanał Gliwicki , - Kędzierzyn Koźle – Brzeg Dolny, - Brzeg Dolny – ujście Nysy Łużyckiej, - Ujście Nysy Łużyckiej – ujście Warty, - Ujście Warty - miejscowość Ognica, - Ognica - jezioro Dąbie - Odra Zachodnia	41 187 260 75 79 45 36	III III I II III Vb Vb
2.	Warta, od ujścia Noteci – do Odry	68	II
3	Kanał Ślesiński i jez.Gopło	60	I/III
4	Noteć, od ujścia Drawy - do Warty	49	II
Razem		900	

Źródło: [Encyklopedia multimedialna]

Przyjmując, że powierzchnia dorzecza Odry wynosi 106,1 tys. km², to gęstość dróg wodnych klasy II i wyższych w tym dorzeczu przyjmuje wartość 1,69km/100km². Jest więc dziesięciokrotnie wyższa niż w dorzeczu Wisły i znacząco wyższa niż ogólna gęstość sieci dróg wodnych w Polsce. Wskazuje to na sensowność lokalizacji kanałów dojazdowych (o długości nie przekraczających 50 kilometrów) w pierwszej kolejności w obszarach objętych dorzeczem Odry. Taki kierunek działania umacnia fakt, że Odra posiada klasę II i wyższą na całej swojej długości żeglownej.

W dorzeczu Odry, spośród dużych przedsiębiorstw przemysłu wydobywczego i przetwórczego znajdują się kopalnie Górnośląskiego i Rybnickiego Okręgu Przemysłowego i huty Górnego Śląska. Są one zlokalizowane w otoczeniu Kanału Gliwickiego. Tym samym mają w zróżnicowanym stopniu zapewnioną dostępność do dróg wodnych śródlądowych. Jej zwiększenie mogłoby nastąpić w wyniku budowy części tzw. Kanału Śląskiego, biegnącego trasą południową.



Rys. 7.1. Przebieg Kanału Śląskiego trasą południową

Źródło: [13]

W ostatecznym kształcie Kanał Śląski mógłby połączyć Odrańską Drogę Wodną ze skanalizowaną Wisłą Krakowską

Inny kanał dojazdowy mógłby połączyć Odrę z hutą wydobywczą - przetwórczą Zagłębia Lubińskiego - Głogowskiego, znajdującą się w - oddalonej od Odry o około 30 kilometrów - Legnicy. Pozostałe huty tego Zagłębia tj. Głogów i Cedynia, leżąc nad Odrą, mogą z niej korzystać w sposób bezpośredni.



Rys. 7.2. Przebieg kanału Legnickiego

Źródło [opracowanie własne]

W założeniu przebiegu kanału nazwanego np. Kanałem Legnickim można przyjąć, że zostanie on poprowadzony „po śladzie” rzeki Kaczawy przepływającej przez Legnicę i uchodzącej do Odry w pobliżu portu w Ścinawie.

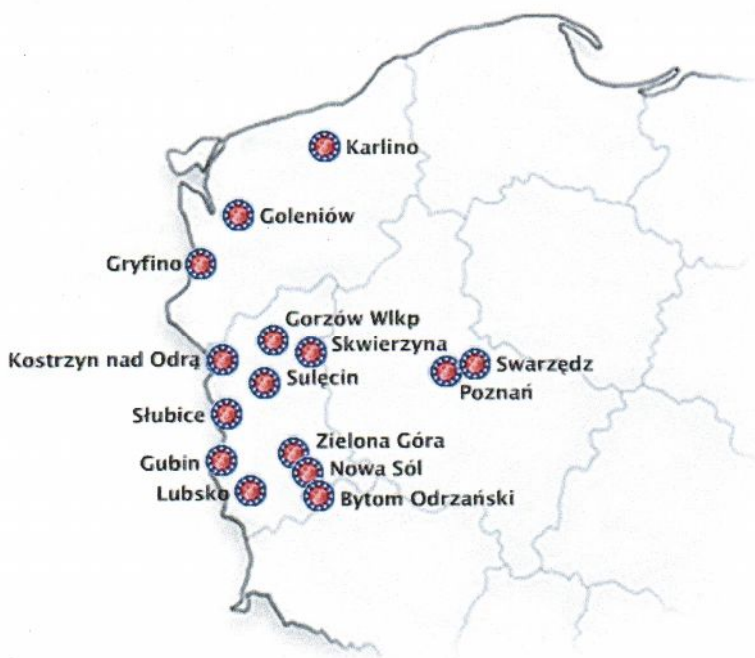
Spośród SSE w kontekście ich położenia w dorzeczu Odry, należy z pewnością zwrócić uwagę na :

- Katowicką SSE,
- Kostrzyńsko – Słubicką SSE,
- Legnicką,

Katowicka SSE jest strefą, w której większość jej obszarów znajduje się w pobliżu autostrady A4 i A1. Należą do niej m.in. takie miasta jak Bielsko Biała, Częstochowa, Katowice, Rybnik, Żory, Sosnowiec, Zabrze. Infrastrukturalnym uzupełnieniem tej strefy jest istniejący Kanał Gliwicki a także proponowany Kanał Śląski.

Kostrzyńsko - Słubicka Strefa Ekonomiczna usytuowana na obszarze, przez który przebiega autostrada A4 i droga szybkiego ruchu S3, obejmuje w większości miasta mające bezpośredni dostęp do dróg wodnych. Do Odrzańskiej Drogi Wodnej

ma dostęp Bytom Odrzański, Nowa Sól, Słubice, Kostrzyn n/O, Gryfino, a do drogi wodnej Warty - Poznań, Skwierzyna, Gorzów Wielkopolski.



Rys. 7.3. Lokalizacja Kostrzyńsko - Słubickiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej
Źródło:[www.ksse.com.pl]

Bezpośredniego dostępu do dróg wodnych śródlądowych w tej Strefie nie ma np. Goleniów.

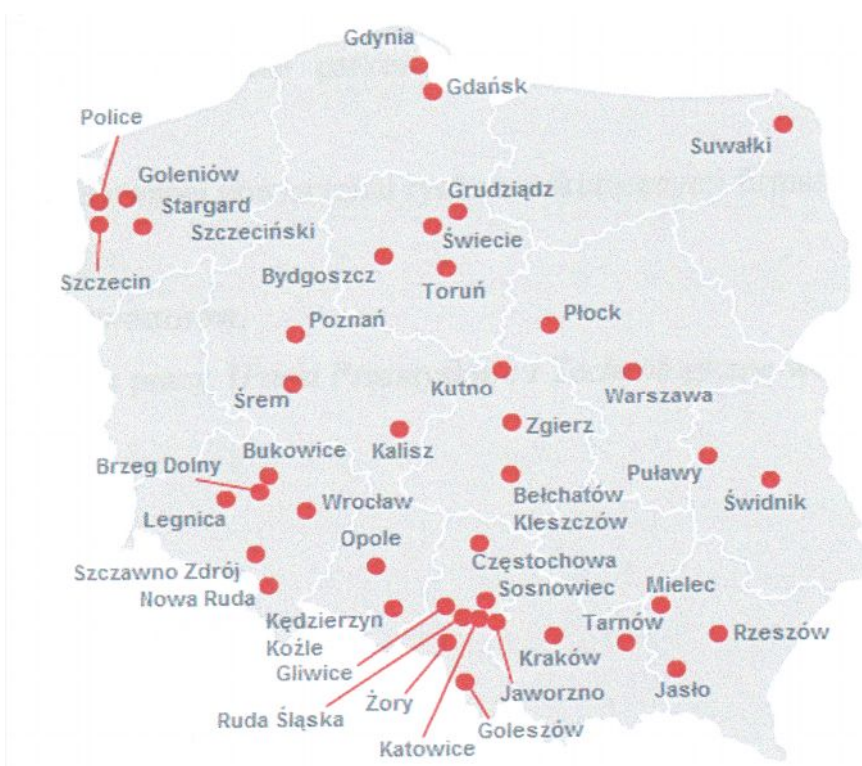
Legnicka SSE na obszarze, na którym znajdują się takie ośrodki produkcyjne jak Legnica, Lubin, Głogów, ma istniejący bezpośredni dostęp do drogi wodnej Odry (np. Głogów) i możliwy dostęp pośredni – przez zaproponowany wcześniej Kanał Legnicki.

Z krótkiego przeglądu SSE znajdujących się w dorzeczu Odry wynika, że takie Strefy jak Katowicka czy Legnicka wykorzystując znajdujące się w ich obszarach działalności drogi wodne, wymagają częściowego uzupełnienia infrastrukturalnego w postaci kanałów dojazdowych. W obydwu wymienionych przypadkach kanały te będą służyły zarówno Specjalnym Strefom Ekonomicznym a także przemysłowi wydobywczemu i przetwórczemu.

Podobnego uzupełnienia wymagałaby np. Strefa Kostrzyńsko – Słubicka, która swoją strukturą - poza ośrodkami mającymi bezpośredni dostęp do Odry –

obejmuje Goleniów. Przez to miasto przepływa rzeka Ina wpadająca do Zalewu Szczecińskiego będącego zlewiskiem Odry. Realizacja sztucznej drogi wodnej „po śladzie” Iny umożliwiłoby bezpośrednią komunikację wodną obszaru Goleniowa z Odrzańską Droga Wodną.

Na mapie lokalizacji Parków Technologicznych i Parków Przemysłowych (rys. 7.4) znajdują się wymieniane w kontekście SSE takie miejscowości jak Legnica, Brzeg Dolny, Gliwice czy Żory ale także nie wymieniane wcześniej miejscowości „odrzańskie” takie jak, Szczecin, Police, Wrocław, Kędzierzyn – Koźle, które nie wymagają uzupełnienia o liniowe elementy infrastruktury transportu wodnego.



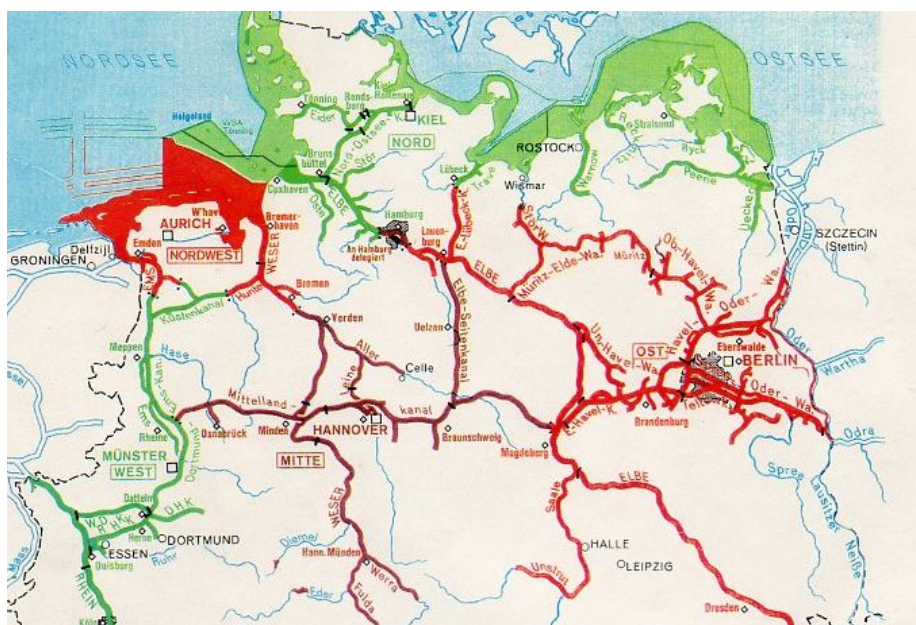
Rys. 7.4. Lokalizacja Parków Technologicznych i Parków Przemysłowych

Źródło: [www.paiz.gov.pl]

W konkluzji można więc stwierdzić, że przede wszystkim Odrzańska Droga Wodna wraz z żeglownymi dopływami tworzy trzon sieci żeglownej, która może być wykorzystywana w śródlądowych procesach transportowych realizowanych na rzecz większości ośrodków gospodarczych dorzecza Odry. Jednak uzupełnienie tej

sieci kanałami dojazdowymi, zwiększyłoby dostępność do usług transportu śródlądowego i powiększyłoby zbiór ich klientów.

Pozytywnym przykładem rozszerzania oferty transportowej poprzez budowę kanałów dojazdowych, jest niemiecka sieć wodna a szczególnie jej północna część (rys.7.5).

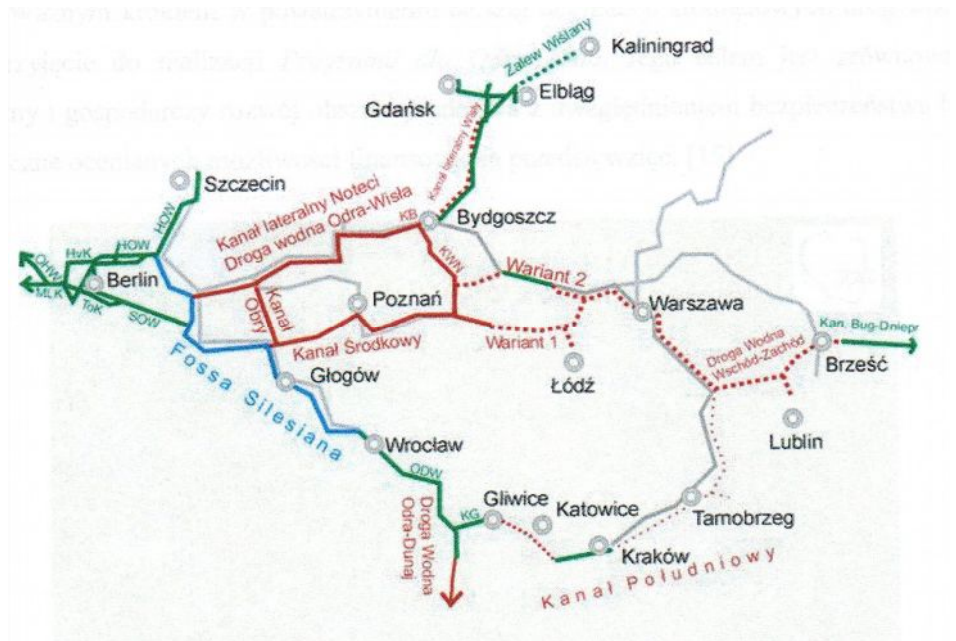


Rys. 7.5. Północna część dróg wodnych Niemiec

Źródło: [www. wasserstrasse]

Kanały dojazdowe wzbogacają strukturę Kanału Środkowego (Mittelland Kanal), Kanału Łaba – Hawela (Elbe – Havel Kanal), Drogi Wodnej Haweli (Havel Wasserstrasse) i Węzła Berlińskiego. Znakomita część tych kanałów dojazdowych została wykonana na bazie naturalnych cieków wodnych.

Niezależnie od kanałów dojazdowych, według niektórych autorów Polska sieć dróg wodnych śródlądowych mogłaby również zwiększać swoją gęstość a tym samym dostępność poprzez budowę kanałów o zróżnicowanych funkcjach.. Ich futurystyczny przebieg przedstawia rysunek 7.6.



Rys. 7.6. Wizja przebiegu kanałów o zróżnicowanych funkcjach

Źródło: [www.żegluga.wroclaw.pl]

W futurystycznych propozycjach występuje m.in.. Kanał lateralny (objazdowy) Noteci na drodze wodnej Odra - Wisła. Ma on umożliwić uzyskanie wyższej klasy tej drogi wodnej, która w wersji naturalnej i skanalizowanej ma klasę I i II. Kanałem łączącym jest Kanał Środkowy przebiegający częściowo korytem rzeki Warty. Taki sam charakter ma z pewnością skanalizowana Droga Wodna Wschód - Zachód, omijająca naturalną drogę wodną Bugu w dążeniu do połączenia z białoruską Prypecią. Kanał Obry jest kanałem skracającym trasy biegnące Górną Odrą do Gdańska i Zalewu Wiślanego; podobną funkcję ma kanał Warta - Noteć. Natomiast Kanał Południowy i Droga Wodna Odra - Dunaj mają cechy połączeń wododziałowych. Jednak najpoważniejszym - ze względu na wielkość inwestycji - i najbardziej fantazyjnym zamiarem tej wizji, jest budowa kanału równoległego wzdłuż nie skanalizowanej Odry Środkowej i Dolnej.

W tym kontekście, akcentowanie potrzeby budowy przede wszystkim kanałów dojazdowych uzupełniających infrastrukturę transportową obszarów gospodarczych Polski, wydaje się bardzo wyważona.

LITERATURA

1. Adriański S., Służba liniowa na śródlądowych drogach wodnych. Wydawnictwo Komunikacyjne, Warszawa 1956
2. Dziębowski Z., Pojęcie infrastruktury i jej charakterystyka. „Miasto”, nr 2, 1966 r.
3. Kubec J., Podzimek J., Svet vodnich cest. NADAS, Praga 1988
4. Kubec J., Podzimek J., Wasservege. VERLAG WERNER DAUSIEN-HANAU. Praga 1996
5. Kulczyk J., Winter J., Śródlądowy transport wodny. Wyd. Politechnika Wrocławska, Wrocław 2003
6. Leksykon Naukowo – Techniczny. Wydawnictwo NT, Warszawa 1989
7. Makowski J., Geografia fizyczna świata. PWN, Warszawa 2007
8. Materiały Konferencji Dunajskiej. Budapeszt 2004
9. Materiały RZGW Szczecin
10. Mazurkiewicz B., Porty Jachtowe, Mariny- Projektowanie. Wyd. Fundacja Rozwoju Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk 2004
11. Miłkowski M., Odra i Nadodrze. Wyd. Książka i Wiedza, Warszawa 1976
12. Piskozub A., Gospodarowanie w transporcie . Podstawy Teoretyczne. WKiŁ, Warszawa 1982
13. Przepisy żeglugowe na śródlądowych drogach wodnych. Monitor Polski, s.61, rok 1992
14. Rozporządzenie Komisji EWG nr 2598/70
15. Szling Z., Winter J., Drogi wodne śródlądowe. Wyd. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1988
16. Tołkacz L., Szanse rozwoju żeglugi śródlądowej. Wydział Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2007
17. Wojewódzka – Król K., Rozwój infrastruktury transportu. Wyd. Uniwersytet Gdański, Gdańsk 2002
18. Woś K., Kierunki aktywizacji działalności żeglugi śródlądowej w rejonie ujścia Odry w warunkach integracji z UE. Oficyna Wydawnicza Sadyba, Warszawa 2005
19. Wszelaczyński W., Drogi wodne śródlądowe. Wyd. Politechnika Gdańska, Gdańsk 1990
20. Żylicz A., Statki śródlądowe. Wyd. Morskie, Gdańsk 1979