



$$C_w \frac{\sum A_s}{A_{o,tot}} = 4 \cdot 1.5 \frac{6.72}{43.9} = 0.92$$

$$Q = 1.35 b_a^{2.5} \sqrt{g I} \left(\frac{h^*}{b_a} \right)^{1.584}$$

$$0.6 \cdot 0.4 = 0.24$$

$$\mu_r s \sqrt{2g h_o^{3/2}}$$

PRZEPEŁAWKI DLA RYB

PROJEKTOWANIE, WYMIARY I MONITORING

$$= \frac{2}{3} 0.49 \cdot 0.17 \sqrt{19.62 \cdot 0.75^{3/2}} = 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E = \frac{\rho g Q \Delta h}{b h_m I_w} = \frac{\rho g Q \Delta h}{A I_w} \quad (4.11)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_o}} = -2 \log \frac{0.12/0.31}{14.84} = 3.16 \rightarrow \lambda_o = 0.10$$

$$I = \frac{\Delta h}{l} = \frac{0.1}{2.50} = 1:25 \text{ or } 4\%$$

$$v = \sqrt{2g \Delta h} = \sqrt{19.62 \cdot 0.10} = 1.40 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{tot} = \frac{\lambda_s + \lambda_o (1 - \epsilon_o)}{1 - \epsilon_v} = \frac{0.92 + 0.1(1 - 0.18)}{1 - 0.233} = 1.31$$

$$\sum b_s \sqrt{2g h_{head}^{3/2}}$$

$$V_m = \sqrt{\frac{8 g r_{hy} I}{\lambda_{tot}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9.81 \cdot 0.31 \cdot 0.04}{1.31}} = 0.86 \text{ m}$$

$$\frac{v_o^2}{2g} = h_{E,min} + h_v$$

$$Q = v_m \cdot A = 0.86 \cdot 1.36 = 1.17 \text{ m}^3/\text{s} \approx 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= (1 + \zeta/3) h_{E,min}$$

$$V_{max} = \frac{V_m}{1 - \frac{\sum A_s}{A_{ges}}} = \frac{0.86}{1 - \frac{3 \cdot 0.4 \cdot 0.6}{1.36}} = 1.83 \text{ m}$$

$$\zeta \frac{v_{gr}^2}{2g} = \frac{\zeta}{3} h_{E,min}$$

$$E = \frac{\rho g Q \Delta h}{A I_w}$$

$$= \frac{\rho g Q \Delta h}{A I_w}$$

$$19.62 \cdot 0.10^{3/2} =$$



$$Fr_e^2 = \frac{v_{max}^2 b_e}{g A_e} = \frac{1.83^2 \cdot 2.4}{9.81 \cdot 0.64} = 1.28$$

$$Q_{permissible} = 0.257 \sqrt{g \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}} I^{-7/6} d_{65}^{3/2}$$

$$V_{m,min} = \frac{Q_{min}}{A} = \frac{0.1}{1.9 \cdot 0.35 + 2 \cdot 0.35^2} = 0.11 \text{ m/s}$$

$$(l_b - d) = \frac{\rho g \Delta h Q}{E b h_m} = \frac{9.81 \cdot 1000 \cdot 0.134 \cdot 0.20}{150 \cdot 1.40 \cdot 0.7}$$

$$v = Q/A \approx \frac{Q}{b_a \cdot h^*} = 1.42 \text{ m/s}$$

$$Q_{tot} = 0.182 + 0.128 = 0.31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{\rho}{2} Q v^2 = \frac{1000}{2} \cdot 0.457 \cdot 1.42^2$$

$$Fr^2 = \frac{v_m^2 b_{sp}}{g A_{tot}} = \frac{0.86^2 \cdot 4.20}{9.81 \cdot 1.36} = 0.233$$

$$E = \frac{\rho g Q \Delta h}{A I_w} = \frac{9810 \cdot 0.31 \cdot 0.1}{1.26 \cdot 1.90} = 127 \text{ W/m}^3$$



Przeławki dla ryb – projektowanie, wymiary i monitoring

TYTUŁ ORYGINAŁU:

„FISH PASSES – DESIGN, DIMENSIONS AND MONITORING”

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
by the WWF Poland Foundation

POLSKI WYDAWCA:
Fundacja WWF Polska
www.wwf.pl

REDAKCJA:
dr Przemysław Nawrocki

TŁUMACZENIE:
mgr inż. Anna Mitraszewska
współpraca:
mgr inż. Artur Furdyna, mgr Marek Juszczyk, dr Przemysław Nawrocki,
mgr Mateusz Przebięda, dr hab. inż. Tomasz Tymiński, dr inż. Michał Wierzbicki

KONSULTACJE NAUKOWE:
dr hab. inż. Piotr Parasiewicz
prof. dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik
dr hab. inż. Tomasz Tymiński
dr inż. Michał Wierzbicki

KOREKTA:
mgr Urszula Glińska, dr inż. Marta Jamróz, dr hab. inż. Tomasz Tymiński

SKŁAD:
Agencja Wydawnicza Ekopress Andrzej Poskrobko

ISBN 978-83-60757-48-2
Warszawa, 2016

WSPÓŁPRACA WYDAWNICZA:
Konsultacja naukowa oraz korekta podręcznika współfinansowana przez Unię Europejską
ze środków Europejskiego Funduszu Rybackiego
zapewniająca inwestycje w zrównoważone rybołówstwo.



Niniejsza książka została opublikowana oryginalnie w języku angielskim przez Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) jako Fish passes – design, dimensions and monitoring.

Polskie tłumaczenie powstało z inicjatywy Fundacji WWF Polska.

W przypadku występowania jakichkolwiek rozbieżności pomiędzy publikacjami, za obowiązującą uznaje się wersję oryginału.

Sposób prezentacji treści oraz terminologia wykorzystana w niniejszej publikacji w żaden sposób nie stanowią opinii Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa w zakresie stanu prawnego jakiegokolwiek kraju, terytorium, miejscowości lub obszaru bądź zarządzających nimi organów władzy, jak również w zakresie ustalania ich granic.

Wymienienie w niniejszej publikacji konkretnych firm, produktów czy producentów nie oznacza ich rekomendowania przez FAO zamiast innych, nie wymienionych w publikacji. Opinie wyrażone w niniejszej publikacji obrazują poglądy jej autorów i nie muszą pokrywać się ze stanowiskiem Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie treści zawartych w niniejszej publikacji do celów edukacyjnych lub innych celów niekomercyjnych jest dozwolone bez konieczności uzyskania wcześniejszej pisemnej zgody właścicieli praw autorskich, pod warunkiem podania źródła. Kopiowanie treści zawartych w niniejszej publikacji w celu sprzedaży lub do innych celów komercyjnych, bez uzyskania pisemnej zgody właścicieli praw autorskich, jest zabronione. Wnioski o wydanie takiej zgody należy kierować do dyrektora Publishing Management Service, Information Division, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Włochy lub na adres e-mail: copyright@fao.org

FAO ISBN: 92-5-104894-0
DVWK ISBN: 3-89554-027-7
DVWK ISSN: 0722-7167
WWF PL ISBN: 978-83-60757-48-2

Przygotowanie niniejszej publikacji

Niniejsza publikacja wydana wspólnie przez FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* – Organizację Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa) oraz DVWK (*Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau* – Niemieckie Stowarzyszenie Gospodarki Wodnej i Budownictwa Rolniczego) jest przekładem książki opublikowanej oryginalnie przez DVWK w języku niemieckim w 1996 roku. Departament Rybołówstwa FAO podjął decyzję o przygotowaniu wydania angielskiego, aby globalnie udostępnić wartościowe informacje zawarte w tym dokumencie. Dotychczas niedostępne były porównywalne opracowania, zwłaszcza w zakresie naturopodobnych typów przepławek dla ryb.

Niniejszy dokument na język angielski przełożyli: D. d'Enno – tłumacz z Wielkiej Brytanii oraz G. Marmulla – specjalista ds. zasobów rybnych w FAO z Rzymu. Dokument zredagowali: G. Marmulla oraz dr R. Welcomme, konsultant FAO i były pracownik Departamentu Rybołówstwa FAO.

Wydanie niemieckie pt.: *„Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle”* zostało przygotowane przez Komisję Techniczną ds. Przepławek DVWK i wydane w ramach publikacji DVWK pt.: *„Wytyczne dla Zarządzania Wodami”*, która jest powszechnie dostępnym, profesjonalnym opracowaniem wyników spontanicznej współpracy praktyków gospodarowania wodami i naukowców. Wydanie niemieckie zostało częściowo sfinansowane przez Niemiecką Federalną Międzynarodową Grupę Roboczą ds. Zasobów Wodnych (LAWA).

Zalecenia opublikowane w ramach *„Wytycznych...”* wyznaczają standardy odpowiednich procedur technicznych, dlatego są ważnym źródłem informacji na temat specjalistycznych prac prowadzonych w warunkach najczęściej występujących. Jednakże *„Wytyczne...”* nie obejmują wszystkich przypadków specyficznych, które wymagają zastosowania dalszych działań lub zastosowania bardziej restrykcyjnych środków. Stosowanie zaleceń przedstawionych w *„Wytycznych...”* nie zwalnia żadnego podmiotu z odpowiedzialności za podejmowane działania. Każdy podejmuje w tym względzie własne ryzyko.

Podziękowania

Przekazujemy gorące podziękowania dla: dr. Alexa Haro, ekologa, S.O. Conte Anadromous Fish Research Center, Turners Falls (USA), oraz inż. Ulricha Dumonta, Floecksmühle Consulting Engineers, Akwizgran (Niemcy) za pomoc w korekcie przekładu. Dziękujemy również za pomoc D. Barionowi, DVWK, oraz W. Schaa, Krajowa Agencja Zarządzania Zasobami Wodnymi i Odpadami – Okręg Koloński, oddział w Bonn (Niemcy), a także dr. B. Adam i dr. U. Schweverowi, Institute for Applied Ecology, Kirtorf-Wahlen (Niemcy).

Szczególne podziękowania należą się G. Ellisowi z Rzymu, który z wielką cierpliwością, starannością i profesjonalizmem przygotował układ treści w książce.

FAO/DVWK/WWF PL.

Przeławki dla ryb – projektowanie, wymiary i monitoring.

Warszawa, 2016, 128 str.

Abstrakt

Słowa kluczowe: przeławka, przeławka o charakterze technicznym, przeławka naturopodobna, obliczenia hydrauliczne, migracja w górę cieku, drożność cieku, swobodne przemieszczanie się organizmów; restytucja rzeki, ciągłość podłużna, monitoring.

Wiele gatunków ryb podejmuje dalsze lub bliższe wędrówki, które są elementem podstawowych zachowań tych gatunków. Jednym z najlepiej znanych przykładów ryb wędrownych jest łosoś atlantycki (*Salmo salar*) i jesiotr zachodni (*Acipenser sturio*), które powracając z morza na tarliska w rzekach, często przemierzają tysiące kilometrów. Obok gatunków odbywających długodystansowe migracje, istnieją również gatunki ryb i bezkręgowców, które w poszczególnych fazach cyklu życiowego podejmują krótkoterminowe lub krótkodystansowe migracje z jednej części rzeki do innej. Przeławki, jako obiekty umożliwiające wędrówkę wstępującą (w górę rzeki) oraz wędrówkę zstępującą (w dół rzeki) organizmów wodnych przez przeszkody, nabierają więc coraz większego znaczenia dla odbudowy możliwości swobodnego przemieszczania się w rzece ryb i innych gatunków fauny wodnej. Takie urządzenia są często jedynym rozwiązaniem umożliwiającym organizmom wodnym pokonanie przeszkód w wędrówce w górę lub w dół rzeki. Tym samym, przeławki stają się kluczowym elementem poprawy stanu ekologicznego wód płynących. Ich sprawne funkcjonowanie jest koniecznym warunkiem odbudowy drożności ekologicznej rzeki. Tymczasem badania istniejących urządzeń wykazały, że wiele z nich nie działa prawidłowo. Stąd też różnorodne grupy zawodowe, np. inżynierowie, biologowie i zarządzający wodami, związani z tematyką drożności ekologicznej rzek, są żywotnie zainteresowani sprawdzonymi zasadami projektowania i użytkowania przeławek, zgodnymi z najlepszymi praktykami i najnowszą wiedzą.

Na wstępie niniejszego podręcznika omówione zostały podstawy przyrodnicze i ogólne uwarunkowania, których zrozumienie jest niezbędne do skutecznego stosowania złożonej i interdyscyplinarnej wiedzy w praktyce. Po rozważaniach natury ogólnej, w niniejszej publikacji zawarte zostały techniczne zalecenia i porady w zakresie projektowania i oceny przeławek, jak również propozycje dotyczące poprawnego wyboru ich parametrów hydraulicznych i testowania ich funkcjonowania.

Przeławki mogą być konstruowane jako budowle ściśle techniczne lub w sposób imitujący naturę. Kanały obiegowe dla ryb i rampy denne należą do najbliższych naturze rozwiązań, podczas gdy do rozwiązań technicznych należą konwencjonalne przeławki typu komorowego, przeławki szczelinowe, windy i śluzy dla ryb, przeławki dla węgorzy. Podręcznik ten zawiera informacje o wszystkich typach przeławek. Wartością dodaną publikacji jest też zwrócenie szczególnej uwagi na znaczenie kompleksowego monitoringu.

Niniejszy podręcznik stanowi przydatne narzędzie w rozwiązywaniu problemów związanych z poprawą warunków wędrówki organizmów wyłącznie w górę rzek. W czasie, gdy przygotowywano pierwsze wydanie niniejszego podręcznika (opublikowane po niemiecku w 1996 roku), dane dotyczące poprawy migracji organizmów w dół rzek były ubogie i niewystarczające. Stąd też, złożona problematyka migracji gatunków wodnych w dół cieków została jedynie zaszyfrowana.

Przedmowa Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej

Z dużą satysfakcją oddaję w Państwa ręce polską edycję książki pt. „Przeplawki dla ryb – projektowanie, wymiary i monitoring”. Pozycja ta od 20 lat wpisuje się w kanon literatury branżowej dotyczącej planowania i projektowania przepławek dla ryb, a więc urządzeń pomagających pokonać przeszkody powstałe na trasach ich wędrówek w związku z działalnością antropogeniczną.

Pierwsza, oryginalna edycja podręcznika opublikowana została w 1996 r. w języku niemieckim przez Niemieckie Stowarzyszenie Gospodarki Wodnej i Przestrzennej (DVWK). Następnie, chcąc upowszechnić zawarte w tej pozycji informacje i wiedzę, Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) opublikowała w 2002 r. jej angielskojęzyczną wersję. Kolejne edycje językowe – turecka i chińska – ukazały się w 2009 r. Zatem od czasu pierwszej edycji, podręcznik stał się powszechnie dostępny dla osób i instytucji odpowiedzialnych za projektowanie, wykonanie i utrzymywanie urządzeń służących migracji organizmów wodnych na świecie.

Polska edycja poszerza krąg osób, które w ojczystym języku będą mogły zapoznać się z tą fachową pozycją. Ponadto publikacja ta, obok modernizacji urządzeń na potrzeby migracji ryb na stopniach wodnych we Włocławku i Przemyśle, stanowi zwieńczenie projektu pn. „Przywrócenie szlaków wędrownych dla wędrownych gatunków ryb w polskich rzekach” realizowanego przy współpracy Rządu Rzeczypospolitej Polskiej z Organizacją Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) w ramach Programu Współpracy Technicznej (TCP).

W mojej ocenie wyrazy uznania należą się wszystkim osobom i organizacjom zaangażowanym w projekt współpracy z FAO. Niemniej jednak szczególne podziękowania należą się koordynatorowi projektu z ramienia FAO – Panu Gerdowi Marmulli, który także opatrzył słowem wstępu niniejszą publikację.

Osoby te zainicjowały szereg szkoleń oraz poszerzyły współpracę strony polskiej z ekspertami Europejskiej Komisji Doradczej do spraw Rybactwa Śródlądowego i Akwakultury (EIFAAC) przy FAO. Następnie aktywnie włączyły się w prace Zespołu do spraw Ochrony i Rozwoju Żywych Zasobów Wód przy ministrze właściwym do spraw rybołówstwa i przygotowały system oceny merytorycznej wniosków beneficjentów wsparcia na rzecz ochrony i rozwoju fauny i flory wodnej ze środków europejskich funduszy rybackich, obejmującego dofinansowanie budowy przepławek.

Inwestycje budowy przepławek oraz renaturyzacji rzek przyczyniają się do poprawy bioróżnorodności ekosystemów wodnych i stwarzają dogodne warunki dla realizacji takich przedsięwzięć jak programy ochrony i odbudowy zasobów ryb wędrownych. Udrożnienie szlaków migracji ryb jest niezbędnym warunkiem powodzenia Planu gospodarowania zasobami węgorka w Polsce realizowanego na podstawie rozporządzenia Rady (WE) Nr 1100/2007 z dnia 18 września 2007 r. ustanawiającego środki służące odbudowie zasobów węgorka europejskiego, jak również zadania Zarybiania polskich obszarów morskich realizowanego przez ministra właściwego ds. rybołówstwa na mocy przepisów ustawowych o rybołówstwie morskim.

Ze względu na nadal występujący w Polsce deficyt praktycznego doświadczenia w zakresie planowania, projektowania, budowania i monitorowania nowoczesnych przepławek dla ryb, zespołowi pracującemu nad polską edycją podręcznika od początku przyświecała idea jego jak najszerszego rozpowszechnienia wśród m.in. organów, instytucji i środowisk związanych z zarządzaniem i gospodarowaniem zasobami wodnymi, inżynierią wodną i hydrotechniką.

W powyższą ideę w oczywisty sposób wpisuje się największy walor podręcznika, jakim jest przystępny przekaz wiedzy i doświadczenia najwyższej klasy ekspertów inżynierii i ichtiologii w dziedzinie projektowania i eksploatacji przepławek. Z uwagi na tę przystępność pozycję należy jednak traktować jako kompendium i wstęp do nadal uzupełnianej, interdyscyplinarnej wiedzy dotyczącej projektowania, konstruowania oraz monitorowania funkcjonowania przepławek, a także ekologicznych i biologicznych podstaw funkcjonowania ekosystemów rzecznych, mechanizmów powiązania między sobą różnych jego elementów oraz wzajemnych zależności z uwzględnieniem inwestycji i przedsięwzięć realizowanych przez człowieka.

Przekazując Państwu efekt podjętej współpracy, jako minister właściwy ds. rybołówstwa wyrażam nadzieję, że publikacja podręcznika przyczyni się do szerszego spojrzenia na kwestie wykorzystywania potencjału ekosystemów wód płynących. Z uwagi na postęp cywilizacyjny rzeki są obecnie postrzegane wielowymiarowo i skupiają w sobie różnorodne funkcje. Niemniej jednak jedną z nich w dalszym ciągu pozostaje funkcja korytarza ekologicznego, ściśle związana z utrzymaniem ciągłości cieków, gwarantująca swobodę przemieszczania się organizmów.

Marek Gróbarczyk

Minister Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej

Przedmowa Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO)

W wielu krajach na świecie rybołówstwo śródlądowe w różnych formach, od aspektu rekreacyjnego po zapewnienie żywienia, pełni ważną lub wręcz krytyczną rolę w kwestii bezpieczeństwa żywnościowego, generowania dochodów i zwiększania zarobków. Aby wspomóc tę rolę, Departament Rybołówstwa i Akwakultury Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) wspiera kraje w wysiłkach podejmowanych na rzecz zrównoważonego zarządzania rybołówstwem. Koncepcja zrównoważonego rozwoju w wykorzystaniu zasobów naturalnych leży bowiem u podstaw polityki Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO), a promowanie zrównoważonego zarządzania ma wysoki priorytet na liście działań tej organizacji. Zrównoważony rozwój w zakresie rybołówstwa śródlądowego wymaga nie tylko udoskonalenia zarządzania rybołówstwem, ale również właściwego zarządzania ekosystemami. Jest to m.in. odpowiednio sformułowane w Kodeksie postępowania w ramach odpowiedzialnego rybołówstwa FAO oraz w powiązanych „Wytycznych technicznych dotyczących rybołówstwa śródlądowego”.

Wody słodkie stają się coraz cenniejszym zasobem a ich wykorzystanie przez różne sektory, np. rolnictwo, hydroenergetykę, żeglugę i rybołówstwo, wiąże się z coraz większą konkurencją, przy czym rybołówstwo uważane jest – w niektórych przypadkach niesłusznie – za najmniej istotny ekonomicznie i najmniej wpływowy sektor, a co za tym idzie rybołówstwo śródlądowe musi być zarządzane w ramach ograniczeń nakładanych przez inne sektory. Kwestie związane ze zmianami klimatycznymi, które w ostatnich latach stają się coraz bardziej istotne, wiążące się z dodatkowymi wyzwaniami dla zarządzania gospodarką wodną, wywierają dodatkową presję na zarządzanie rybołówstwem, często będącą konsekwencją modyfikacji środowisk wodnych o krytycznym znaczeniu dla pełnego cyklu życiowego ryb. W ostatnich latach zakończono lub rozpoczęto budowę bądź projektowanie tysięcy budowli piętrzących wodę, mających ogromny wpływ na ekosystemy wodne, a w efekcie na populacje ryb. W wielu krajach planuje się budowę jeszcze większej liczby zapór, jako że hydroelektrownie są często postrzegane jako źródło „zielonej”, a więc pożądanej energii. Jednak jednym z najbardziej bezpośrednich, negatywnych skutków budowy zapór jest zakłócenie podłużnej ciągłości rzek. Tego rodzaju przeszkody blokują migracje ryb w obu kierunkach, a często mają również wpływ na dryfowanie narybku w dół rzek. Oddziałuje to nie tylko na gatunki ryb migrujących na duże dystanse, lecz na wszystkie gatunki ryb zależne od przemieszczania się w rzekach na określonych etapach ich cyklu życiowego.

Odpowiedzialność za zarządzanie przepływem wód oraz ekosystemami wodnymi zwykle leży poza sektorem rybołówstwa, dlatego kwestie dotyczące rybołówstwa są często pomijane lub tylko częściowo uwzględniane w zarządzaniu dorzecziami i przy budowie zapór. Jeśli już zostaną uwzględniane, często ma to miejsce na późnych etapach planowania a czasem nawet po rozpoczęciu realizacji inwestycji. Tak czy inaczej, osoby zarządzające rybołówstwem muszą wtedy zabiegać o wypracowanie rozwiązań przyjaznych dla ryb bądź przynajmniej o zniwelowanie negatywnych skutków takich inwestycji.

W ramach prac normatywnych i terenowych Departament Rybołówstwa i Akwakultury FAO od dawna angażuje się w zarządzanie rzekami dla potrzeb rybołówstwa. Zaangażowanie to obejmuje zapobieganie degradacji siedlisk oraz przedsięwzięcia na rzecz poprawy kondycji rybołówstwa śródlądowego, również w kwestiach działań naprawczych dotyczących migracji ryb. FAO gromadzi, weryfikuje, analizuje i rozpowszechnia informacje dotyczące budowli piętrzących wodę oraz ich wpływu na ryby i rybołówstwo, a także promuje odbudowę naturalnych środowisk wodnych, jako odpowiedniego narzędzia w zarządzaniu wodami śródlądowymi.

Aby zarządzanie zasobami wodnymi uczynić bardziej zrównoważonym, FAO przykłada szczególną wagę do usprawnienia migracji ryb i przywracania ciągłości ekologicznej rzek, ponieważ są to problemy o dużym znaczeniu w skali globalnej, budzące coraz większe zainteresowanie. Przepławki wykonane zgodnie z najlepszymi dostępnymi technikami mogą w znaczącym stopniu zniwelować problem zakłóceń migracji organizmów wodnych, lecz nie rozwiążą wszystkich problemów ekologicznych związanych z budową zapór. Z tego względu poruszona została również problematyka wymogu utrzymywania koryt rzek wolnych od przeszkód lub likwidacji budowli poprzecznych w rzekach, zwłaszcza w przypadkach dotyczących zagrożonych gatunków ryb.

W oparciu o „Kodeks postępowania w ramach odpowiedzialnego rybołówstwa FAO” oraz powiązane „Wytyczne techniczne”, w ostatnich dwóch dekadach FAO zrealizowała kilka projektów związanych z problematyką przepławek, organizowała specjalistyczne warsztaty oraz wydała szereg publikacji technicznych i raportów poruszających tematykę przepławek, w tym dotyczących projektowania, wymiarów i monitorowania przepławek. Kwestia działań na rzecz zachowania rzek wolnych od zabudowy poprzecznej oraz usuwania istniejących budowli piętrzących wodę w celu odtworzenia warunków dla swobodnej migracji ryb i odtworzenia naturalnych ekosystemów rzecznych była w coraz większym stopniu rozważana, w oparciu o wyniki prowadzonych w wielu krajach badań naukowych, które podkreślały wagę takich działań. Wyburzenie przestarzałych zapór jest obecnie praktykowane na coraz większą skalę, głównie w Ameryce Północnej, ale także w Europie. W samych Stanach Zjednoczonych wyburzonych zostało już kilkaset zapór

i przewiduje się, że tendencja ta będzie się rozprzestrzeniała w wymiarze globalnym, ponieważ coraz więcej konstrukcji osiąga kres swojego okresu eksploatacji, a zmieniające się postrzeganie tego jak ważne są rzeczne i ekologiczne korytarze migracyjne, kładzie większy nacisk na przywrócenie naturalnego charakteru rzek.

Podręcznik pt. „Fish passes – design, dimensions and monitoring” został oryginalnie wydany w języku niemieckim przez Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., DVWK (Niemieckie Stowarzyszenie na Rzecz Poprawy Sytuacji Zasobów Wodnych i Łądowych), w 2002 r. został przetłumaczony przez FAO na język angielski, a następnie wydany również przez FAO w języku tureckim i chińskim. FAO z zadowoleniem przyjęła informację, że pozycja ta będzie również dostępna w języku polskim.

Jako specjalista ds. technicznych FAO odpowiedzialny za wspieranie projektu Technical Cooperation Programme „Przywrócenie szlaków wędrownych dla wędrownych gatunków ryb w polskich rzekach”, realizowanego przez FAO i polski rząd, którego celem było wspieranie działań na rzecz poprawy drożności ekologicznej polskich rzek, m.in. w przypadku stopnia wodnego na Wiśle we Włocławku, jestem osobiście bardzo zadowolony z faktu, że działania rozpoczęte przez polski rząd przy wsparciu FAO zostały dopełnione przez Fundację WWF Polska poprzez podjęcie ważnej inicjatywy przekładu tej kluczowej publikacji na język polski.

Podręcznik ten, mimo że został wydany prawie 20 lat temu, nadal stanowi ważne i uznane źródło wiedzy na temat planowania i projektowania przepławek oraz bardzo wartościową pozycję, na której bazują podejmowane w skali globalnej wysiłki na rzecz przeciwdziałania blokowaniu migracji ryb, co sprawia, że jest to publikacja zasługująca na miano klasyki w tym obszarze tematycznym. Podręcznik nie tylko porusza i opisuje podstawowe zasady planowania i konstrukcji przepławek, lecz odnosi się również do podstaw ekologii rzek i omawia ogólne wymagania, które muszą być uwzględnione przy racjonalnym rozpatrywaniu złożonych kwestii interdyscyplinarnych. Zawiera on zalecenia techniczne oraz porady dotyczące projektowania przepławek, prawidłowego określania ich parametrów hydraulicznych oraz oceny ich skuteczności.

W oparciu o wiedzę i doświadczenia pochodzące głównie z projektów realizowanych w Europie i Ameryce Północnej, podręcznik ten opisuje różne rodzaje przepławek, kładąc specjalny nacisk na rozwiązania „bliskie naturze”. Jednak oczywiste jest, że zalecenia pod względem projektowania nie mogą być po prostu kopiowane, lecz wymagają dostosowania do lokalnych warunków. Podstawowe zasady są jednak w każdym przypadku takie same. Kwestia monitorowania przepławek jest przedstawiona jako kluczowy element sukcesu tego rodzaju przedsięwzięć.

Podręcznik ten niestety nie uwzględnia jeszcze szczegółowo problematyki migracji ryb w dół rzeki oraz konstrukcji urządzeń służących migracji zstępującej. Wynika to z tego, że 20 lat temu główny nacisk kładziony był nadal na migrację w górę rzek. Oczywistym jest jednak, że migracja w dół rzek jest bardzo istotna i jeśli tylko jest to możliwe, powinna być również uwzględniana na tym samym etapie działań, które dotyczą migracji w górę rzek. Na konferencjach dotyczących przepławek lub na innych platformach komunikacji widoczne jest, że obecnie prowadzone są intensywne badania i prace związane z migracją i przemieszczaniem się ryb w dół rzek. Kwestie te zasługują na omówienie w osobnej, specjalistycznej publikacji, tak aby wiedza ta została udostępniona szerszemu gronu odbiorców.

Mamy nadzieję, że wydanie tego podręcznika w języku polskim przyczyni się do zwiększenia świadomości ekologicznej i uzupełnienia wiedzy praktycznej polskich inżynierów hydrotechników oraz osób odpowiedzialnych za zarządzanie rzekami w powiązaniu z problematyką zachowania ekologicznej ciągłości rzek oraz wymogiem zapewnienia swobodnego przemieszczania się ryb. Dlatego mamy nadzieję, że w oparciu o zalecenia i wytyczne ujęte w tej publikacji, w najbliższej przyszłości w Polsce zwiększy się liczba dobrze zaprojektowanych przepławek o właściwych wymiarach, na czym skorzystają zarówno ryby, jak i polski sektor rybołówstwa.

Gerd Marmulla

Specjalista ds. zasobów rybnych
Wydział Rybołówstwa Morskiego i Śródlądowego (FIAF)
Departament Rybołówstwa i Akwakultury (FI)
Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO)

Spis treści

1.	Wprowadzenie	1
2.	Podstawy ekologiczne	3
2.1.	Ekosystemy wód płynących.....	3
2.1.1.	Geologia i klimat	3
2.1.2.	Prędkość przepływu wody	3
2.1.3.	Naprężenia ścinające i transport rumowiska	4
2.1.4.	Temperatura	6
2.1.5.	Tlen.....	6
2.2.	Koncepcja ciągłości rzeki.....	7
2.3.	Strefowość biologiczna wód płynących.....	9
2.4.	Potencjalny naturalny skład gatunkowy.....	14
2.5.	Zachowanie migracyjne organizmów wodnych	15
2.6.	Zagrożenia dla organizmów wodnych stwarzane przez zapory i jazy	19
3.	Przełławki – wymagania ogólne.....	21
3.1.	Optymalna lokalizacja przełławki	22
3.2.	Wejście do przełławki i prąd wabiący	24
3.3.	Wyjście z przełławki i warunki wyjścia.....	27
3.4.	Przepływ i prąd wody w przełławce.....	28
3.5.	Długość, spadek, komory odpoczynku.....	28
3.6.	Konstrukcja dna przełławki	30
3.7.	Okres funkcjonowania.....	30
3.8.	Utrzymanie	30
3.9.	Sposoby unikania zakłóceń w funkcjonowaniu przełławek oraz ich ochrona	31
3.10.	Wkomponowanie w krajobraz	31
4.	Przełławki naturopodobne	32
4.1.	Rampy denne i pochylnie denne	32
4.1.1.	Zasada działania	32
4.1.2.	Konstrukcja i wymiary	33
4.1.2.1.	Rodzaje konstrukcji.....	33
4.1.2.2.	Układ w planie.....	35
4.1.2.3.	Przekrój podłużny.....	35
4.1.3.	Przebudowa stopni	36
4.1.4.	Przekształcenie jazów ruchomych w rampę denną z narzutu kamiennego lub rampę denną ryglową	36
4.1.5.	Ocena ogólna	37
4.1.6.	Przykłady.....	38
4.2.	Kanały obiegowe dla ryb	42
4.2.1.	Zasada funkcjonowania	42
4.2.2.	Projekt i wymiary	42
4.2.2.1.	Układ w planie.....	43
4.2.2.2.	Przekrój podłużny.....	43
4.2.2.3.	Przekroje poprzeczne kanałów obiegowych dla ryb	44
4.2.2.4.	Głazy i progi kamienne	44
4.2.2.5.	Projekt strefy wejścia i wyjścia z kanału	45
4.2.2.6.	Przeprawy	46
4.2.3.	Ocena ogólna	46
4.2.4.	Przykłady.....	48
4.3.	Rampy dla ryb przy stopniach wodnych	52
4.3.1.	Zasada funkcjonowania	52
4.3.2.	Projekt i wymiary	52
4.3.2.1.	Układ w planie.....	52
4.3.2.2.	Przekrój podłużny.....	54

4.3.2.3.	Korpus ramp dla ryb przy stopniach wodnych	54
4.3.2.4.	Głazy i progi kamienne.....	54
4.3.2.5.	Ochrona brzegów.....	54
4.3.2.6.	Stabilizacja dna poniżej rampy dla ryb przy stopniu wodnym	55
4.3.3.	Konstrukcje specjalne	55
4.3.3.1.	Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości	55
4.3.3.2.	Rampy denne palisadowe	56
4.3.4.	Ocena ogólna.....	56
4.4.	Projekt hydrauliczny	63
4.4.1.	Obliczenia dotyczące przepływu.....	63
4.4.2.	Opory przepływu kamieni zaburzających przepływ	63
4.4.3.	Obliczenia projektowe dla progów z głazów	66
4.4.4.	Kryterium stabilności dna dla przepływu ponad rampami i pochylniami dennymi	70
4.4.5.	Testy.....	70
5.	Przepławki o charakterze technicznym	71
5.1.	Przepławka komorowa.....	71
5.1.1.	Zasady.....	71
5.1.2.	Konstrukcja i wymiary	72
5.1.2.1.	Układ w planie.....	72
5.1.2.2.	Profil podłużny.....	72
5.1.2.3.	Wymiary komór	73
5.1.2.4.	Ścianki działowe.....	73
5.1.2.4.1.	Konwencjonalne przepławki komorowe.....	73
5.1.2.4.2.	Przepławka romboidalna.....	74
5.1.2.4.3.	Przepławka progowa	75
5.1.3.	Obliczenia hydrauliczne	76
5.1.4.	Ocena ogólna.....	78
5.1.5.	Przykłady.....	79
5.2.	Przepławka szczelinowa	81
5.2.1.	Zasada funkcjonowania	81
5.2.2.	Konstrukcja i wymiary	81
5.2.2.1.	Układ w planie.....	81
5.2.2.2.	Przekrój podłużny.....	81
5.2.2.3.	Wymiary komór	81
5.2.2.4.	Charakterystyka konstrukcji.....	82
5.2.2.5.	Substrat denny.....	83
5.2.3.	Obliczenia hydrauliczne	83
5.2.4.	Ocena ogólna.....	87
5.2.5.	Przykład.....	89
5.3.	Przepławka Denila.....	90
5.3.1.	Zasady	90
5.3.2.	Konstrukcja i wymiary	91
5.3.2.1.	Układ w planie.....	91
5.3.2.2.	Profil podłużny.....	91
5.3.2.3.	Koryto.....	92
5.3.2.4.	Przegrody	92
5.3.2.5.	Strefa wpływu i wypływu wody	92
5.3.3.	Obliczenia hydrauliczne	93
5.3.4.	Ocena ogólna.....	95
5.3.5.	Przykłady.....	96
5.4.	Przepławka węgorzowa	98
5.4.1.	Specyfika migracji węgorzy.....	98
5.4.2.	Projekt	98
5.4.3.	Ocena ogólna	99
5.5.	Śluza dla ryb.....	99
5.5.1.	Zasada działania	99
5.5.2.	Projektowanie.....	100
5.5.3.	Ocena ogólna	100
5.5.4.	Przykład	101

5.6.	Winda dla ryb	103
5.6.1.	Zasada funkcjonowania	103
5.6.2.	Konstrukcja	103
5.6.3.	Ocena ogólna	103
5.6.4.	Przykłady	104
6.	Monitoring przepławek	105
6.1.	Cel monitoringu	105
6.2.	Metody	105
6.2.1.	Narzędzia pułapkowe do połowu ryb	106
6.2.2.	Metoda przegrodzenia	106
6.2.3.	Znakowanie	106
6.2.4.	Elektropołowcy	108
6.2.5.	Liczniki automatyczne	108
6.3.	Ocena wyników	108
7.	Wymogi prawne	110
7.1.	Nowe instalacje	110
7.2.	Istniejące instalacje	110
8.	Bibliografia	111
9.	Zastosowane symbole i skróty	113
10.	Glosariusz	116
	Autorzy zdjęć	118
Załącznik:	Przegląd najczęściej stosowanych typów przepławek	119
Dodatek:	Polskie uwarunkowania prawne w zakresie przywracania ciągłości morfologicznej rzek	122
1.	Uwarunkowania prawne w zakresie przywracania ciągłości morfologicznej rzek	122
2.	Uwagi szczegółowe do procesu inwestycyjnego	125
	Likwidacja lub częściowa likwidacja istniejącej przegrody	125
	Budowa obejść dla ryb	126

Spis ilustracji

Ilustracja 2.1.	Adaptacja kształtów ciała ryb	3
Ilustracja 2.2.	Pozycja ciała larw jętek	4
Ilustracja 2.3.	Zmiany układów prądu wody w zależności od warunków przepływu	5
Ilustracja 2.4.	Rozkład uziarnienia materiału dennego w zależności od prędkości przepływu wody.....	5
Ilustracja 2.5.	Koncepcja ciągłości rzeki.....	8
Ilustracja 2.6.	Kraina pstrąga w rzece Felda (Hesja).....	10
Ilustracja 2.7.	Kraina lipienia w rzece Ilz (Bawaria)	11
Ilustracja 2.8.	Kraina brzany w rzece Lahn (Hesja)	11
Ilustracja 2.9.	Kraina leszcza w rzece Odrze (Brandenburgia)	11
Ilustracja 2.10.	Wyznaczanie krain ryb	14
Ilustracja 2.11.	Larwy chrzączek <i>Anabolia nervosa</i>	15
Ilustracja 2.12.	Głowacz białołęty (<i>Cottus gobio</i>).....	16
Ilustracja 2.13.	Świnka (<i>Chondrostoma nasus</i>).....	16
Ilustracja 2.14.	Łosoś (<i>Salmo salar</i>)	16
Ilustracja 2.15.	Głowacica (<i>Hucho hucho</i>)	17
Ilustracja 2.16.	Cykl życiowy ryb katadromicznych na przykładzie węgorza europejskiego.....	18
Ilustracja 2.17.	Cykl życiowy ryb anadromicznych na przykładzie łososia.....	18
Ilustracja 3.1.	Nieosiągalna dla pokonania bariera dla wędrówki małych ryb.....	21
Ilustracja 3.2.	Przepust pod drogą	21
Ilustracja 3.3.	Zapora wodna Neef na rzece Mozeli	22
Ilustracja 3.4.	Schemat przedstawiający przepływ wody w rzece.....	23
Ilustracja 3.5.	Optymalna lokalizacja kanału obiegowego dla ryb oraz przepławki technicznej.....	23
Ilustracja 3.6.	Lokalizacja budowy przepławki dla ryb przy kącie ostrym między przeszkodą a brzegiem	23
Ilustracja 3.7.	Położenie przepławek przy elektrowni wodnej	24
Ilustracja 3.8.	Przepławka z powiększoną komorą wejściową	25
Ilustracja 3.9.	Wejście do przepławki	26
Ilustracja 3.10.	Elektrownia wodna z galerią zbierającą	26
Ilustracja 3.11.	Przekrój poprzeczny galerii zbierającej	27
Ilustracja 3.12.	Wiele wlotów wody (wyjścia z przepławki) dla zmiennych poziomów wody górnej	27
Ilustracja 3.13.	Przepławka o łukowym układzie w planie, z komorami odpoczynku	29
Ilustracja 3.14.	Gruboziarnisty materiał żwirowy	30
Ilustracja 4.1.	Trzy typy przepławek naturalnych.....	32
Ilustracja 4.2.	Odcinek rzeki o cechach naturalnych, pełen zmiennych spadków, jako wzorzec do projektowania ryglu z głazów przypominającego naturalne struktury	33
Ilustracja 4.3.	Przykłady konstrukcji różnych typów ramp dennych i pochylni dennych	33
Ilustracja 4.4.	Pochylnia denna z narzutu kamiennego	34
Ilustracja 4.5.	Progi w rampie dennej ryglowej.....	35
Ilustracja 4.6.	Rampa denna łukowa	35
Ilustracja 4.7.	Przekształcenie jazu w pochylnię denną o szorstkim dnie	35
Ilustracja 4.8.	Przekształcenie jazu ruchomego w rampę denną ryglową jako próg ochronny.....	36
Ilustracja 4.9.	Rampa denna w Grossweil/Loisach.....	38
Ilustracja 4.10.	Jaz szandorowy przed modyfikacją – dla organizmów wodnych to przeszkoda nieosiągalna do pokonania	39
Ilustracja 4.10.	Jaz szandorowy w Bischofswerder przed modyfikacją	39
Ilustracja 4.11.	Próg stabilizujący w Bischofswerder po przekształceniu w rampę denną	39
Ilustracja 4.12.	Przekrój podłużny przez rampę denną ryglową w rzece Mangfall, konstrukcja z rygli kamiennych	40
Ilustracja 4.13.	Rampa denna na rzece Mangfall	40
Ilustracja 4.14.	Rampa denna ryglowa Mühlenhagen/Golzbach – układ w planie.....	41
Ilustracja 4.15.	Rampa denna ryglowa Mühlenhagen/Golzbach	41
Ilustracja 4.16.	Kanał obiegowy dla ryb.....	42
Ilustracja 4.17.	Kanał obiegowy dla ryb przy Młynie Lapnow.....	43

Ilustracja 4.18.	Przykłady zabezpieczenia dna i brzegów kanału obiegowego dla ryb	44
Ilustracja 4.19.	Kanał obiegowy dla ryb z głazami zapewniającymi turbulentny ruch wody	45
Ilustracja 4.20.	Progi kamienne do złamania spadku w kanale obiegowym dla ryb	45
Ilustracja 4.21.	Urządzenie kontrolne przy wlocie wody do kanału obiegowego dla ryb przy Zaporze Lech w Kinsau	46
Ilustracja 4.22.	Kanał obiegowy dla ryb przy potoku w Varrel Bäke niedaleko Varrel Estate	48
Ilustracja 4.23.	Schemat lokalizacji jazu Młyn Seifert	49
Ilustracja 4.24.	Kanał obiegowy dla ryb przy Młynie Seifert	50
Ilustracja 4.25.	Schemat lokalizacji kanału obiegowego dla ryb w Kinsau	51
Ilustracja 4.26.	Kanał obiegowy dla ryb w Kinsau	51
Ilustracja 4.27.	Rampa dla ryb przy stopniu	52
Ilustracja 4.28.	Przepławka dla ryb w Krewelin	53
Ilustracja 4.29.	Przepławka dla ryb w Eitorf	53
Ilustracja 4.30.	Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości (plan)	55
Ilustracja 4.31.	Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości (przekrój poprzeczny przez koryto i przekrój podłużny)	55
Ilustracja 4.32.	Rampa denna palisadowa	56
Ilustracja 4.33.	Rampa przy jazie Eselsbrücke	57
Ilustracja 4.34.	Rampa dla ryb Dattenfeld/Sieg	58
Ilustracja 4.35.	Rampa dla ryb w Dattenfeld	58
Ilustracja 4.36.	Rampa dla ryb Delmenhorst	59
Ilustracja 4.37.	Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości w Uhingen/Fils	60
Ilustracja 4.38.	Rampa dla ryb przy jazie Spillenburg (mocowanie rygli)	61
Ilustracja 4.39.	Rampa dla ryb przy jazie Spillenburg (plan i projekt)	61
Ilustracja 4.40.	Rampa dla ryb przy jazie Spillenburg	62
Ilustracja 4.41.	Rampa dla ryb przy jazie Spillenburg	62
Ilustracja 4.42.	Kanał obiegowy	64
Ilustracja 4.43.	Schemat przepławki ilustrujący przykładowe obliczenia	65
Ilustracja 4.44.	Obliczenia hydrauliczne dla konstrukcji ryglowej	66
Ilustracja 4.45.	Pochylnia dla ryb przy zaporze Lech w Kinsau	66
Ilustracja 4.46.	Współczynnik zatopienia przelewu σ	67
Ilustracja 4.47.	Przepływ wody przez progi kamienne	67
Ilustracja 4.48.	Schemat ilustrujący przykładowe obliczenia	68
Ilustracja 4.49.	Testowanie rampy dla ryb Eitorf-Unkelmühle/Sieg	69
Ilustracja 5.1.	Konwencjonalna przepławka komorowa	71
Ilustracja 5.2.	Przepławki komorowe	71
Ilustracja 5.3.	Przepławka komorowa	72
Ilustracja 5.4.	Profil podłużny przepławki komorowej (schemat)	73
Ilustracja 5.5.	Przepławka komorowa	73
Ilustracja 5.6.	Przegroda w przepławce romboidalnej	75
Ilustracja 5.7.	Przepławka romboidalna przy jazie Lehmen na Mozeli	75
Ilustracja 5.8.	Przepławka progowa przy zaporze Geesthacht na Łabie	75
Ilustracja 5.9.	Przekrój poprzeczny przez przepławkę	77
Ilustracja 5.10.	Profil podłużny przepławki komorowej	77
Ilustracja 5.11.	Przepławka komorowa Koblenca/Mozela	79
Ilustracja 5.12.	Przepławka w Dahl na krótko przed uruchomieniem obiektu	80
Ilustracja 5.13.	Przepławka w Dahl w okresie funkcjonowania	80
Ilustracja 5.14.	Przepławka szczelinowa z dwiema szczelinami	81
Ilustracja 5.15.	Przepławka szczelinowa przy jazie Bergerac na rzece Dordogne (Francja)	81
Ilustracja 5.16.	Wymiary i oznaczenia dla przepławek jednoszczelinowych	82
Ilustracja 5.17.	Pionowy rozkład prędkości przepływu w szczelinie	83
Ilustracja 5.18.	Profil podłużny przepławki szczelinowej	84
Ilustracja 5.19.	Przepławka szczelinowa	85
Ilustracja 5.20.	Prąd wody w przepławce szczelinowej	85
Ilustracja 5.21.	Przepływ wody w przepławce szczelinowej	85
Ilustracja 5.22.	Współczynnik wydatku μ_r dla szczeliny o ostrych krawędziach	85
Ilustracja 5.23.	Schemat ilustrujący przykładowe obliczenia	86
Ilustracja 5.24.	Propozycja projektu ścian działowych w przepławce szczelinowej	87
Ilustracja 5.25.	Przepławka szczelinowa przy zaporze w Neu Lübbenau/Szprewa	89

Ilustracja 5.26.	Schemat przepławki systemu Denila	90
Ilustracja 5.27.	Przegroda przepławki systemu Denila	90
Ilustracja 5.28.	Typowy rozkład prędkości przepływu w przepławce systemu Denila	90
Ilustracja 5.29.	Przepławka systemu Denila z przejściową komorą odpoczynku.....	91
Ilustracja 5.30.	Drewniana przepławka systemu Denila w Gifhorn/Ise	91
Ilustracja 5.31.	Przepławka Denila.....	93
Ilustracja 5.32.	Zależność $h^* = f(h_0)$	93
Ilustracja 5.33.	Wymiary przegród	94
Ilustracja 5.34.	Profil podłużny przepławki	94
Ilustracja 5.35.	Przepławka przy hydroelektrowni Unkelmühle na rzece Sieg.....	96
Ilustracja 5.36.	Dolny kanał przepławki systemu Denila i komory odpoczynku	97
Ilustracja 5.37.	Dolny kanał przepławki systemu Denila	97
Ilustracja 5.38.	Minóg morski (<i>Petromyzon marinus</i>).....	97
Ilustracja 5.39.	Węgorz (<i>Anguilla anguilla</i>)	98
Ilustracja 5.40.	Przepławka romboidalna i przepławka dla węgorzy	98
Ilustracja 5.41.	Przepławka węgorzowa	99
Ilustracja 5.42.	Sposób funkcjonowania śluzy dla ryb.....	100
Ilustracja 5.43.	Przekrój podłużny i układ w planie śluzy dla ryb w Schoden	101
Ilustracja 5.44.	Śluza dla ryb Schoden/Saar.....	102
Ilustracja 5.45.	Konstrukcja windy dla ryb i zasada funkcjonowania	103
Ilustracja 5.46.	Winda dla ryb w Tuilières	104
Ilustracja 5.47.	Wejście do windy dla ryb w Tuilières	104
Ilustracja 6.1.	Monitoring przepławki z wykorzystaniem narzędzia pułapkowego do połowu ryb	107
Ilustracja 6.2.	Łosoś* oznakowany na czerwono.....	107
Ilustracja 6.3.	Elektropułowy dla celów monitoringu rampy.....	107

Spis tabel

Tabela 2.1.	Rozmieszczenie wybranych gatunków ryb w ekosystemach Renu, Wezery i Łaby	12
Tabela 2.2.	Podział rzek na strefy	13
Tabela 2.3.	Strefy rzeki – podział ze względu na wielkość spadku dna i szerokości cieku	13
Tabela 3.1.	Średnia długość ciała dorosłych osobników, wybranych większych gatunków ryb.....	29
Tabela 5.1.	Zalecane wymiary komór przepławek romboidalnych.....	74
Tabela 5.2.	Minimalne rozmiary dla przepławek jednoszczelinowych.....	82
Tabela 5.3.	Wyniki obliczeń głębokości i prędkości przepływu w przepławce przy wysokich stanach wody górnej.....	87
Tabela 5.4.	Zalecane wymiary szerokości i nachylenia koryta w przepławkach systemu Denila	92
Tabela 5.5.	Zalecane wartości dla projektu przegród w przepławkach systemu Denila	92

1. Wprowadzenie

Wiele gatunków ryb podejmuje dalsze lub bliższe wędrówki, które są elementem ich podstawowych zachowań. Jednymi z najlepiej znanych przykładów ryb wędrownych są łosoś atlantycki (*Salmo salar*) i jesiotr zachodni (*Acipenser sturio*)¹, które powracając z morza na tarliska² w rzekach, często przemierzają tysiące kilometrów. Obok gatunków odbywających długodystansowe migracje, istnieją gatunki ryb i bezkręgowców, które w poszczególnych fazach cyklu życiowego, podejmują krótkoterminowe lub krótkodystansowe migracje z jednej części rzeki do innej.

Już w średniowiecznej Europie, na wielu potokach i rzekach, konstruowano budowle piętrzące wodę, aby jak najlepiej wykorzystać potencjał energetyczny cieków. Budowle te nadal stanowią istotny element krajobrazu kulturowego, a wskutek postępującego uprzemysłowienia i wzrostu ludności, rzeki nadal podlegają różnorodnemu i intensywnemu wykorzystaniu przez człowieka.

Oprócz takich zadań jak ochrona przeciwpowodziowa, żegluga czy zaopatrzenie w wodę, w budowie nowych urządzeń piętrzących znaczącą rolę odgrywa produkcja energii elektrycznej, zwłaszcza w kontekście stosowania odnawialnych źródeł energii. Hydroenergetyka jest zatem intensywnie promowana, jako sposób na ograniczenie emisji CO₂ pochodzącego ze spalania paliw kopalnych. Jednakże powstanie przegradzającej rzekę przeszkody – w postaci stopnia wodnego czy jaz, silnie wpływa na charakter i jakość ekosystemów rzecznych. W wyniku budowy stopni wodnych i jazów, nierzadko zostają zalane całe doliny rzeczne, które w ten sposób są przekształcane w zbiorniki retencjonujące wodę, pozbawione w efekcie rzeczno-ekologicznego charakteru. Ponadto, przeszkody te przerywają ciągłość podłużną rzeki, doprowadzając do tego, że przestaje być możliwe swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych. W połączeniu z innymi czynnikami, takimi jak zanieczyszczenie wód, prowadzi to do zmniejszenia liczebności populacji niektórych gatunków (na przykład łososa atlantyckiego, jesiotra zachodniego czy ałoży), niekiedy wręcz do poziomu bliskiego ich wymarciu.

Negatywny wpływ stworzonych przez człowieka barier (takich jak stopnie wodne i jazy) oddziałujących na gatunki ryb migrujących, był znany od dawna. Już w XIII wieku hrabia Jülich wydał zarządzenie dotyczące rzeki Rur (dopływu Mozy w Nadrenii Północnej-Westfalii), nakazujące otwarcie wszystkich jazów w okresie migracji łososa (Tichelbäcker, 1986). Obecnie tak radykalne rozwiązania nie są możliwe do zastosowania w praktyce, ale współcześnie występujące przeszkody mogą

być do pokonania dla ryb właśnie dzięki budowie przepławek. Mimo, że ich konstruowanie nie eliminuje podstawowych szkód ekologicznych (takich jak utrata siedlisk czy też zaburzenie ciągłości podłużnej cieku) spowodowanych budowlami piętrzącymi wodę, przepławki w pewnym stopniu zmniejszają negatywne oddziaływanie owych przeszkód na środowisko. Przykładowo, sukces, rozpoczętego w połowie lat 80. ubiegłego wieku, programu reintrodukcji łososa i troci wędrownej w rzekach Nadrenii Północnej-Westfalii, nie powinien być przypisywany wyłącznie poprawie jakości wody, osiągniętej dzięki budowie oczyszczalni ścieków, ale także ponownemu powiązaniu potencjalnych tarlisk (system rzeki Sieg) z wodami głównej rzeki (Renu) poprzez budowę przepławek w miejscu występowania najważniejszych przeszkód (Steinberg i Lubiniecki, 1991). Co więcej, ponowne połączenie ekosystemów wodnych przyczyniło się do działań ułatwiających rekolonizację rzeki przez zagrożone gatunki ryb oraz w ogólną ochronę gatunków i siedlisk. Obecnie przywrócenie ciągłości podłużnej rzek stało się celem socjopolitycznym. Przywrócenie ciągłości cieków wodnych może być osiągnięte dzięki usunięciu (np. rozbiórce) zbędnych, niepełniących już żadnych istotnych funkcji budowli piętrzących, czy zastąpieniu ich pochylniami dennymi lub dzięki budowie przepławek.

Przepławki to obiekty umożliwiające wędrówkę wstępującą (w górę rzeki) oraz *wędrówkę zstępującą (w dół rzeki) organizmów wodnych przez przeszkody, takie jak stopnie wodne i jazy. Cel budowy przepławki, czyli ponowne połączenie ekosystemów wodnych, służy nie tylko rybam, ale również innym organizmom wodnym*³. W przeszłości szczególny nacisk kładziono na pomaganie rybam w wędrówkach w górę rzeki. Obecnie pojęcie „przepławka” używa się w szerszym sensie, odnoszącym się nie tylko do ryb, ale do wszystkich migrujących organizmów wodnych. Ponadto pojęcie to rozciąga się również na migrację zstępującą (w dół rzeki) – zagadnienie, które obecnie nabiera coraz większego znaczenia.

Przepławki mogą być konstruowane jako budowle ściśle techniczne lub jako obiekty, które imitują naturę. Kanały obiegowe dla ryb i rampy denne należą do najbliższych naturze rozwiązań, podczas gdy konwencjonalne przepławki typu komorowego i przepławki szczelinowe należą do rozwiązań typowo technicznych. Obok rozwiązań konwencjonalnych, stosuje się także konstrukcje specjalne, takie jak przepławki dla węgorzy, windy i śluzy dla ryb. Niniejszy podręcznik przedstawia bieżący stan wiedzy o przepławkach umożliwiających wędrówkę wstępującą organizmom wodnym, oraz przedstawia porady i zalecenia odnośnie do ich budowy, działania i utrzymania, jak również testowania ich pracy.

¹ W Polsce występuje jesiotr ostronosy (*Acipenser oxyrinchus*) – *przyyp. tłum.*

² Obszary naturalnego rozrodu – *przyyp. tłum.*

³ W anglosaskiej literaturze tematu (także w angielskiej wersji niniejszego podręcznika) używane są takie określenia jak: „*fish ladders*”, „*fishways*”, „*fish passes*”, „*fish stairs*” – mogące mylnie sugerować, że przepławki są to urządzenia służące wyłącznie rybam. Faktycznie przepławki mają za zadanie udzielić przeszkody także dla wędrówek innych niż ryby organizmów wodnych – *przyyp. tłum.*

Obecnie potrzebne jest również gromadzenie i upowszechnianie informacji dotyczących projektowania i budowy barier behawioralnych dla ryb (np. ekranów z pęcherzyków powietrza, barier ze światła, prądu elektrycznego itp., zapobiegających zasysaniu ryb do komór turbin lub urządzeń do poboru wody) oraz informacji dotyczących urządzeń umożliwiających rybom spływanie w dół rzeki (np. kanałów obejściowych umożliwiających migrację zstępującą). Z uwagi na brak danych w tym względzie, DVWK⁴ zainicjowała badania w tej dziedzinie i rozpoczęła opracowanie innego specjalistycznego podręcznika dotyczącego wspomnianych zagadnień. Z tej przyczyny w niniejszym opracowaniu tematyka migracji organizmów w dół rzeki zostanie jedynie zasygnalizowana.

⁴ Organizacja DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) przekształciła się w organizację o nazwie Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) – *przyj. tłum.*

2. Podstawy ekologiczne

2.1. Ekosystemy wód płynących

Wody płynące stanowią naturalne połączenie między ekoregionami, stąd ich zasadnicze znaczenie ekologiczne. Rzeki są więc słusznie nazywane „układem krwionośnym środowiska przyrodniczego”; niewiele siedlisk charakteryzuje się bowiem tak wielką różnorodnością struktur i, w konsekwencji – tak wielką różnorodnością zamieszkujących je gatunków roślin i zwierząt. Jednocześnie jednak prawdopodobnie żaden inny ekosystem niż rzeka nie jest w takim stopniu wykorzystywany przez człowieka, narażony na zanieczyszczenia lub zaburzenia naturalnej struktury.

Charakter ekosystemów wód płynących jest w naturalny sposób zdeterminowany przez kompleksowe i wyjątkowo złożone uwarunkowania, obejmujące zarówno szereg czynników abiotycznych (nieożywionych), jak i biotycznych (ożywionych). W związku z tym zmiana choćby jednego z parametrów, powoduje łańcuch kolejnych zmian warunków siedliskowych całych zespołów organizmów zamieszkujących wody płynące (biocenozy). Tymczasem wiedza o mechanizmach procesów powodujących takie skutki jest dziś nadal niewielka.

Kombinacja różnorodnych czynników geofizycznych, klimatycznych i pozostałych czynników abiotycznych ma decydujący wpływ na strukturę i jakość siedlisk znajdujących się w dolinie rzek. Kolejne rozdziały niniejszej publikacji opisują niektóre z tych kluczowych parametrów.

2.1.1. Geologia i klimat

Ekoregiony, na przykład niziny nadmorskie, wyżyny i regiony górskie, różnią się znacznie pod względem budowy geologicznej i właściwości klimatycznych, oczywistym zatem jest, że charakter wód przepływających przez te obszary jest także zróżnicowany. Charakterystyki hydrologiczne rzek, podobnie jak właściwości hydrochemiczne wody, zdeterminowane są przez takie czynniki jak: wysokość nad poziomem morza, wielkość opadów i struktura podłoża. Spadek terenu jest jednocześnie czynnikiem orograficznym wpływającym na pozostałe czynniki abiotyczne, na przykład na prędkość przepływu wody, strukturę i skład materiału dennego, a także na zachodzące procesy erozji i sedymentacji.

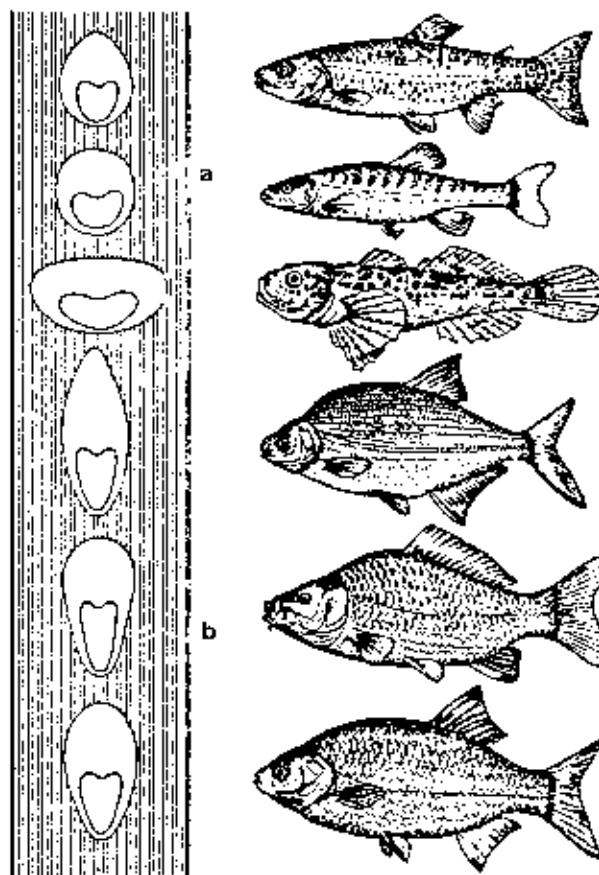
2.1.2. Prędkość przepływu wody

Prędkość przepływu wody jest najistotniejszym elementem definiującym ekologię wód płynących. Fauna wód płynących żyje w nieustannym zagrożeniu porwania przez prąd wody. W konsekwencji, siedliska wód płynących mogą trwale kolonizować jedynie te gatunki fauny wodnej, które rozwinęły mechanizmy umożliwiające przeciwstawienie się prądowi wody lub mogące

pokonywać jego siłę. W procesie adaptacji do zmieniających warunków przepływu, organizmy wodne rozwinęły rozmaite strategie biologiczne, pozwalające na uniknięcie utraty siedliska w wyniku znoszenia przez prąd wody. Zostały one wymienione poniżej.

Dostosowanie kształtu ciała

Kształty ciała, zarówno ryb, jak i bentonicznej (dennej) fauny bezkręgowej – tzw. makrobentosu dennego, są optymalnie dostosowane do reżimu prędkości przepływu wody w zamieszkiwanych przez nie siedliskach. Ryby bytujące w odcinkach rzek charakteryzujących się dużą prędkością przepływu, wykształciły opływowy kształt ciała, stawiający niewielki opór w silnym prądzie płynącej wody (np. pstrąg potokowy (*Salmo trutta m. fario*) lub strzebla potokowa (*Phoxinus phoxinus*)). Z kolei ryby o wysokich, wysklepionych grzbietach, takie jak leszcz (*Abramis brama*) i karp (*Cyprinus carpio*) zamieszkują wody o słabszym prądzie (il. 2.1).



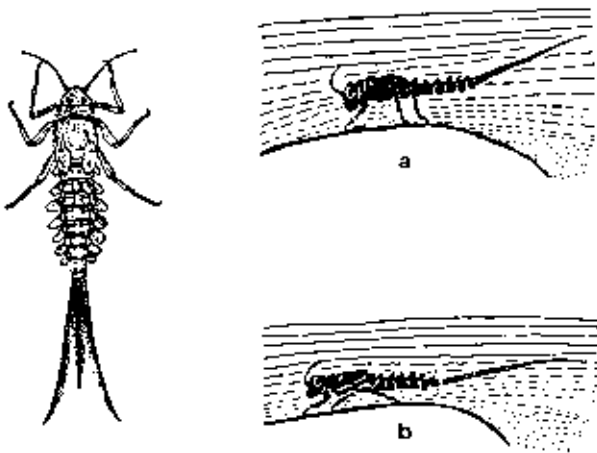
Ilustracja 2.1. Adaptacja kształtów ciała ryb do różnych prędkości przepływu wody:

- a) pstrąg potokowy, strzebla, głowacz białopłetwy – gatunki bytujące w górnych partiach strumieni, charakteryzujących się dużą prędkością przepływu wody
- b) leszcz, karp, wzdręga – gatunki bytujące w partiach rzeki o mniejszych prędkościach przepływu

Źródło: Schua, 1970.

Dostosowanie zachowania

Wiele organizmów wodnych wypracowało zachowania umożliwiające uniknięcie porwania przez prąd wody i zniesienie w dół biegu rzeki. Za typowy przykład takich organizmów uznaje się jętki z rodzaju *Baetis*, które ściśle przylegają do dna, kiedy prąd wody przyspiesza. Zwierzęta ograniczają w ten sposób opór, jaki ich ciało stawia prądowi wody (il. 2.2).



Ilustracja 2.2. Pozycja ciała larw jętek z rodzaju *Baetis* przy:
a) słabym prądzie wody;
b) silnym prądzie wody

Źródło: Schua, 1970.

Strategie przytwierdzenia się do podłoża

Wiele makrobezkręgowców zamieszkujących strefę denną (bentosu) przyczepia się do dna za pomocą przyssawek (np. pijawki i larwy meszek *Simulium sp.*) lub poprzez sekrecję⁵ włókien (np. larwy ochotkowatych), albo haczykami, pazurkami i szczecinkami wyrastającymi na ich odnóżach.

Organizmy zamieszkujące strefy o łagodnym przepływie

Strefy o łagodniejszym przepływie powstają za i pod większymi kamieniami. Są one wykorzystywane jako schronienie na przykład przez głowacza białołetwego (*Cottus gobio*). Głowacze poszukują bezpośredniego kontaktu z podłożem i, w miarę jak rosną, preferują kryjówki o odpowiednim rozmiarze. W szczelinach między kamieniami leżącymi na dnie ryby i bezkręgowce szukają schronienia przed wysokimi prędkościami przepływów i drapieżnikami bytującymi w strefie otwartej wody. Przykładowo, wylęg lipienia chroni się przed drapieżnikami zagrzebując się w szczelinach dna nawet na głębokość 30 cm.

Migracje kompensacyjne

Przez migracje kompensacyjne rozumieć należy kierunkowe wędrówki organizmów wodnych, mające na celu zrównoważenie niekorzystnych skutków przemieszczeń w dół cieku, spowodowanych przede wszystkim przez zdryfowanie. Przykładowo, młode głowacze płyną ponad 2 km w górę strumienia po tym, jak w wyniku nierozwiniętych jeszcze umiejętności pływackich, zdryfowały jako narybek (Bless, 1990). Postacie dorosłe (imago) niektórych gatunków owadów przelatują w górę strumienia, by zrekompensować przemieszczenia powstałe w wyniku zniesienia larw z prądem cieku (Pechlaner, 1986). Podobne migracje kompensacyjne znane są również wśród owadów z rodziny *Gammariidae* (Hughes, 1970; Meijering, 1972).

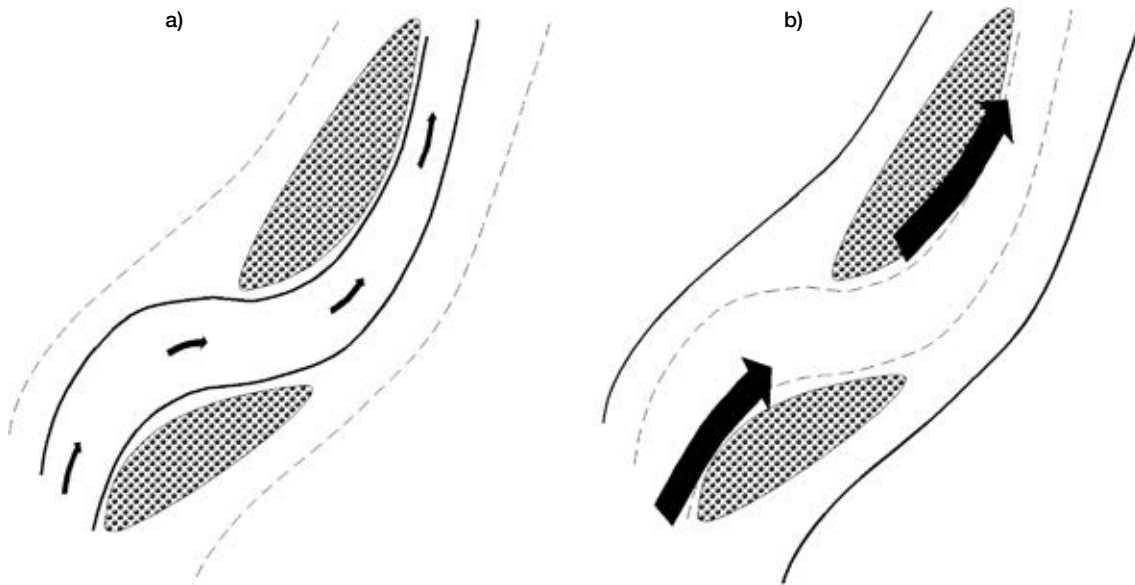
Spadek jest dominującym czynnikiem decydującym o prędkości przepływu (i prądzie wody) niezmiennie morfologicznie rzeki, a więc także o ogólnej strukturze nieuregulowanego koryta. Prędkość przepływu wody może także zmienić się znacząco pod wpływem lokalnych zmian szerokości koryta. Dynamicznym zmianom struktury koryta rzeki towarzyszą zmiany rozkładu prędkości przepływu wody, sprzyjające powstawaniu wielopłaszczyznowej mozaiki siedlisk. Zmiany reżimu przepływu mają istotne znaczenie dla kształtowania warunków bytowania organizmów wodnych. Przykładowo, niektóre obszary rzeki przez większą część roku znajdują się w strefie spokojnych warunków przepływu, natomiast w okresie wezbrań – w strefie turbulencji i silnego prądu wody (il. 2.3). Podczas powodzi, organizmy wodne są łatwiej „spłukiwane” w dół rzeki, zatem zwierzęta muszą zrównoważyć utratę preferowanego siedliska poprzez migracje kompensacyjne; po opadnięciu fali wezbraniowej podejmują wędrówki w górę rzeki.

2.1.3. Naprężenia ścinające i transport rumowiska

Dzięki procesom erozji i sedymentacji, energia płynącej wody w dynamiczny sposób kształtuje koryta cieków naturalnych. Naprężenia styczne (ścinające), wynikające z ruchu wody, powodują unoszenie cząsteczek podłoża, które później przenoszone są na znaczne odległości. W rezultacie tworzą się rozmaite formy ukształtowania dna i brzegów rzeki oraz układy prądu w rzece:

- w rzekach o korytach meandrujących i roztokowych (wielokorytowych) oraz anastomozujących w wyniku erozji – w wyniku wymycia części materiału z dna i brzegów, tworzą się stromo ścięte brzegi wklęsłe (zewnątrzne), podczas, gdy brzegi wypukłe (wewnętrzne) powstają w wyniku nanieśnięcia materiału;
- odkładanie się żwiru, piasku i mułu zmniejsza lokalnie głębokość wody, tworząc mielizny;
- usunięcie materiału z dna rzeki zwiększa głębokość wody (układy: głębokie płosa, wyboje w dnie);

⁵ Wydzielanie – przyp. tłum.



Ilustracja 2.3. Zmiany układów prądu wody w zależności od warunków przepływu:

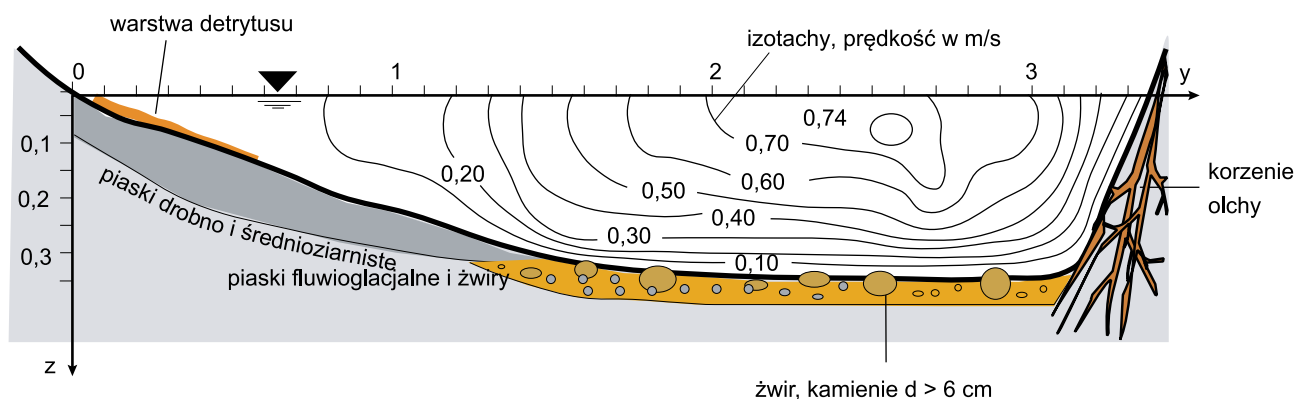
- a) przy niskim stanie wody: niewielkie prędkości przepływu, woda opływa przeszkodę;
- b) przy wysokim stanie wody: woda przepływa ponad przeszkodami

- odcinki o łagodniejszym nurcie występują na przemian z odcinkami o większej prędkości przepływu (układy: plosko, bystrze) w stosunkowo niewielkiej odległości⁶;
- dynamiczne zmiany kierunku strumienia wody w korycie sprzyjają tworzeniu się zakoli, zatok, ślepych odnóg i zastoisk oraz starorzeczy.

Warunki transportu materiału w płynącej wodzie zależą od rozmiaru ziaren (il. 2.4). Przy większych prędkościach przepływu oraz odpowiednio większych naprężeniach ścinających przy dnie, prąd wody może unosić nawet duże cząstki. Natomiast kiedy naprężenia ścinające maleją, w pierwszej kolejności opadają większe cząsteczki, podczas gdy drobniejsze frakcje są niesione przez wodę dopóki nie zostaną odłożone w stre-

fach o słabszym nurcie. Stąd, w naturalnych lub niemal naturalnych rzekach substrat denny przedstawia mozaikę układów odpowiadającą różnym prędkościom przepływów i jest zamieszkiwany przez różne zespoły organizmów (biocenozy), z których każdy charakteryzuje się specyficznymi wymaganiami siedliskowymi. Ponieważ wymagania siedliskowe organizmów mogą się znacząco zmieniać w zależności od stadium rozwojowego, zróżnicowanie uziarnienia i mozaiki układów materiału dennego mają kluczowe znaczenie dla różnorodności gatunków zamieszkujących wody płynące:

- wiele gatunków ryb, jak na przykład: pstrąg potokowy (*Salmo trutta m. fario*), lipień (*Thymallus thymallus*), brzana (*Barbus barbus*) i piekielnica (*Alburnoides bipunctatus*) wymaga żwirowych tarlisk, o odpowiednim uziarnieniu podłoża;



Ilustracja 2.4. Rozkład uziarnienia materiału dennego w zależności od prędkości przepływu wody

⁶ Układ ten dla rzek o większych spadkach dna można obliczyć stosując równania podane w publikacji Hey & Thorne, 1986 – *przyj. tłum.*

- larwy (ammocoetes) minogów: strumieniowego, rzeczno i morskiego (*Lampetra planeri*, *Lampetra fluviatilis*, *Petromyzon marinus*) wymagają dna złożonego z drobnopłynnych osadów, w którym mogą zagrzebać się i rozwijać przez wiele lat, odżywiając się materią organiczną, odfiltrowaną z przepływającej nad nimi wody;
- świnka (*Chondrostoma nasus*) odżywia się glonami porastającymi kamienie, tym samym potrzebuje kamieni i głazów jako miejsca żerowania oraz zwirowych tarłisk do rozrodu.

2.1.4. Temperatura

Temperatura wód płynących ma szczególne znaczenie dla biocenoz wód śródlądowych. Wiele gatunków dostosowało swoje funkcje metaboliczne i zachowanie do wąskich zakresów temperatur, co oznacza, że tolerują one jedynie niewielkie odchylenia od właściwego dla danego gatunku optimum. Nawet niewielki wzrost temperatury wody, spowodowany, na przykład wprowadzeniem do środowiska wodnego wód chłodniczych z elektrowni wodnych⁷ lub ogrzaniem spiętrzonych wód promieniami słonecznymi, może ograniczyć występowanie bardziej wrażliwych gatunków. Z drugiej strony jednak, rozród ryb powiązany jest z wystąpieniem temperaturowego minimum, specyficznego dla danego gatunku. Pstrąg potokowy (*Salmo trutta f. fario*) przystępuje do tarła, gdy woda osiąga temperaturę 5°C, świnka (*Chondrostoma nasus*) 8°C, zaś strzebla potokowa (*Phoxinus phoxinus*) 11°C. Gatunki typowe dla dolnego biegu rzeki, takie jak karp (*Cyprinus carpio*)⁸ i lin (*Tinca tinca*) rozmnażają się w wodach o temperaturze przekraczającej 20°C. Temperatura wody i jej zmiany odgrywają również zasadniczą rolę w zachowaniach migracyjnych ryb (Jonsson, 1991). Smolty łososia i pstrąga, występujące w norweskiej rzece Imsa preferują wędrówkę w dół rzeki, gdy temperatura wody wynosi ponad 10°C, podczas gdy większość dorosłych węgorzy zamieszkujących tę rzekę migruje do morza przy temperaturze wody od 9°C do 12°C. Do migracji w górę rzeki może pobudzać ryby również wzrastająca temperatura wody, niemniej jednak jej zbyt wysokie wartości mogą tę migrację utrudnić. Po przekroczeniu górnej granicy temperatur tolerowanych przez dany gatunek, zaburzeniu ulega bowiem metabolizm, a wraz z nim sprawność fizyczna organizmu.

2.1.5. Tlen

Tlen rozpuszczony w wodzie w środowisku wodnym odgrywa zasadniczą rolę. Proces natleniania wód zachodzi dzięki ruchowi turbulentnemu powierzchniowej warstwy wody (tzw. fizyczne „nasywanie” wody tlenem), ale także wskutek produkcji tlenu przez fitoplankton, glony oraz wyższe gatunki roślin wodnych w procesie fotosyntezy (biologiczny dopływ tlenu).

⁷ Są to tzw. zanieczyszczenia termiczne – *przyp. tłum.*

⁸ W polskich wodach naturalnych karp uznany jest za gatunek obcy. Typowym rodzimym gatunkiem dla dolnego biegu rzek jest leszcz *Abramis brama* – *przyp. tłum.*

Rozpuszczalność tlenu w wodzie jest w dużej mierze uzależniona od temperatury: tlen znacznie gorzej rozpuszcza się w wodzie o wysokiej temperaturze⁹. Proces samooczyszczania rzek, polegający na rozkładzie zanieczyszczeń organicznych przez mikroorganizmy w procesach wymagających obecności tlenu, może doprowadzić do znaczącego obniżenia zawartości tego gazu w wodzie. W ekstremalnych warunkach może to prowadzić do masowego wymierania organizmów wodnych. Śnięcia ryb są często wywołane nie tyle obecnością toksycznych substancji w środowisku wodnym (np. cyjanku, pestycydów), ale raczej brakiem tlenu, który został wykorzystany w procesach rozkładu obumarłej materii organicznej, pochodzącej na przykład ze ścieków lub gnojowicy. Zawartość tlenu w wodzie, która z kolei jest związana z nurtem i prędkością przepływu, a także turbulencją, wywiera znaczący wpływ na występowanie organizmów wodnych:

- bezkręgowce, które dostosowały się do bytowania w środowisku o wysokim stężeniu tlenu, jak to ma miejsce w źródłowych odcinkach strumieni; dokonują one wymiany gazowej całą powierzchnią ciała. Dzięki dużej prędkości prądu wody, zapewnione jest intensywne omywanie ich ciała wodą bogatą w tlen, w stopniu wystarczającym dla ich potrzeb oddechowych. Z tego powodu niektóre z tych gatunków, na przykład larwy widelnic, nie wykształciły żadnych organów oddechowych (np. skrzelotchawek) umożliwiających im sprawniejsze pobieranie tlenu;
- gatunki takie jak na przykład małże, larwy jętek (*Ephemeroptera*) i chruścików (*Trichoptera*), bytujące w strefach rzek o łagodniejszym nurcie, wykształciły specjalne organy: skrzelki i skrzelotchawki – umożliwiające wymianę gazową;
- niektóre organizmy bentoniczne, takie jak larwy ochotkowatych (*Chironomidae*) i rureczniki (*Tubifex tubifex*), posiadają w swoich płynach ustrojowych hemoglobinę, jako specyficzną cechę adaptacyjną, umożliwiającą im bytowanie w środowisku ze stałymi deficytami tlenu. Hemoglobina, posiadając wysoką zdolność wiązania tlenu, umożliwia wspomnianym organizmom bytowanie w środowisku o niekorzystnych warunkach tlenowych;
- podobnie różnorodne gatunki ryb rozwinęły cechy umożliwiające im bytowanie w środowisku o różnicowanej zawartości tlenu. Gatunki takie jak pstrąg potokowy (*Salmo trutta m. fario*) i strzebla potokowa (*Phoxinus phoxinus*), żyją w górnych strefach rzek (rhitralu), gdzie, pod warunkiem zachowania stanu naturalnego rzeki oraz braku zanieczyszczeń, woda pozostaje chłodna i w pełni nasycona tlenem, nawet w okresie letnim. W związku z tym, gatunki te mają stosunkowo słabo rozwinięte skrzelki, a ich przeżycie warunkowane jest dobrym nasyceniem wody tlenem:

⁹ Fizyczna rozpuszczalność tlenu w wodzie – max 100% w temperaturze +4°C, ok. 17 mg/dm³, w 20°C – tylko około 8 mg/dm³ – *przyp. tłum.*

prąg potokowy nie toleruje stężenia tlenu poniżej 9 mg/l utrzymującego się przez dłuższy czas;

- gatunki zamieszkujące dolne odcinki rzek (potamal) przystosowały się do okresowo występujących niższych zawartości lub niedoborów tlenu. Na przykład karp¹⁰ (*Cyprinus carpio*) może przeżyć w wodzie przy zawartości tlenu wynoszącej od 2 do 3 mg/l. Niektóre rodzime gatunki z rodziny piskorzowatych (*Cobitidae*), na przykład koza (*Cobitis taenia*), piskorz (*Misgurnus fossilis*) lub śliz (*Noemacheilus barbatulus*) posiadają zdolność oddychania jelitowego, co jest efektem przystosowania do bytowania w warunkach okresowego deficytu tlenu. Kiedy stężenie tego gazu w wodzie jest niskie, wspomniane ryby połykają powietrze atmosferyczne, z którego w odcinku jelitowym przewodu pokarmowego pochłaniają tlen.

2.2. Koncepcja ciągłości rzeki

„Koncepcja kontinuum rzeczno”, przedstawiona przez Vannote i in. (1980), traktuje rzeki jako ekosystemy liniowe, opisuje ich funkcjonowanie ekologiczne, a także wpływ przerywania ich łączności. Ten model „przepływu energii”, oparty na zmienności wraz z biegiem cieku, opisanych w rozdziale 2.1, czynników abiotycznych, dostarcza teoretycznego uzasadnienia konieczności łączności liniowej¹¹ systemów rzecznych. Gatunki wodne wykazują adaptację do specyficznych warunków siedliskowych, przeważających w określonych odcinkach rzeki i tworzą charakterystyczne biocenozy, zmieniające się w procesie naturalnej sukcesji wzdłuż całego biegu rzeki, wraz z naturalnymi zmianami czynników abiotycznych. Opierając się na podstawowych zależnościach pomiędzy gradientem czynników fizycznych i mechanizmami biologicznymi wywierającymi wpływ na rozkład zbiorowisk organizmów żyjących w rzekach, stworzyć można uproszczony model przyjmując następujące założenia:

- przepływ w rzece zwiększa się stale od źródeł do ujścia;
- podłużny spadek cieku zazwyczaj maleje wraz ze wzrostem odległości od źródeł;
- prędkość przepływu jest bardzo duża w źródłowym odcinku rzeki i maleje stopniowo w miarę zbliżania się do estuarium, gdzie pływy morskie powodują regularne odwrócenia kierunku strumienia. Uziarnienie substratu dennego¹² zmienia się z biegiem rzeki w charakterystyczny sposób, zdeterminowany przez prędkość przepływu wody. Gdy dno górnego odcinka złożone jest głównie z głazów, kamieni i żwiru, a w środkowym odcinku

dominują drobniejsze kamienie i piaski, dno rzek w rejonach estuarium charakteryzuje się piaskami drobnymi, glinami i mułami¹³;

- średnia roczna temperatura wody w górnym biegu strumienia wynosi znacznie poniżej 10°C, ale stopniowo rośnie z biegiem rzeki. Także zakres gradientu temperatury stale zmienia się, rosnąc z biegiem rzeki. Podczas gdy temperatura odcinka źródłiskowego jest niemal stała w okresie całego roku, w dolnym biegu rzeki może wahać się między 0°C zimą i 20°C latem;
- zawartość tlenu w górnym biegu rzeki określana jest jako nasycona lub przesycona. Silnie turbulentny (burzliwy) przepływ powoduje nieustanne mieszanie wody z powietrzem atmosferycznym. Wraz z biegiem rzeki, poziom zawartości dostępnego tlenu w wodzie maleje z powodu wzrostu temperatury i wolniejszego przepływu, jednak spadek ten jest wystarczająco uzupełniany przez coraz liczniejsze w dolnym biegu rzeki, rośliny wodne (przede wszystkim fitoplankton), które znacząco wpływają na zawartość tlenu w wodzie.

Wyjątkowe przypadki, na przykład efekt nieciągłości podłużnego spadku, gwałtowny wzrost przepływu w wyniku połączenia cieku z większymi dopływami lub utrata energii spowodowana przepływaniem rzeki przez jeziora przepływowe, nie są uwzględnione w omawianym, ogólnym modelu.

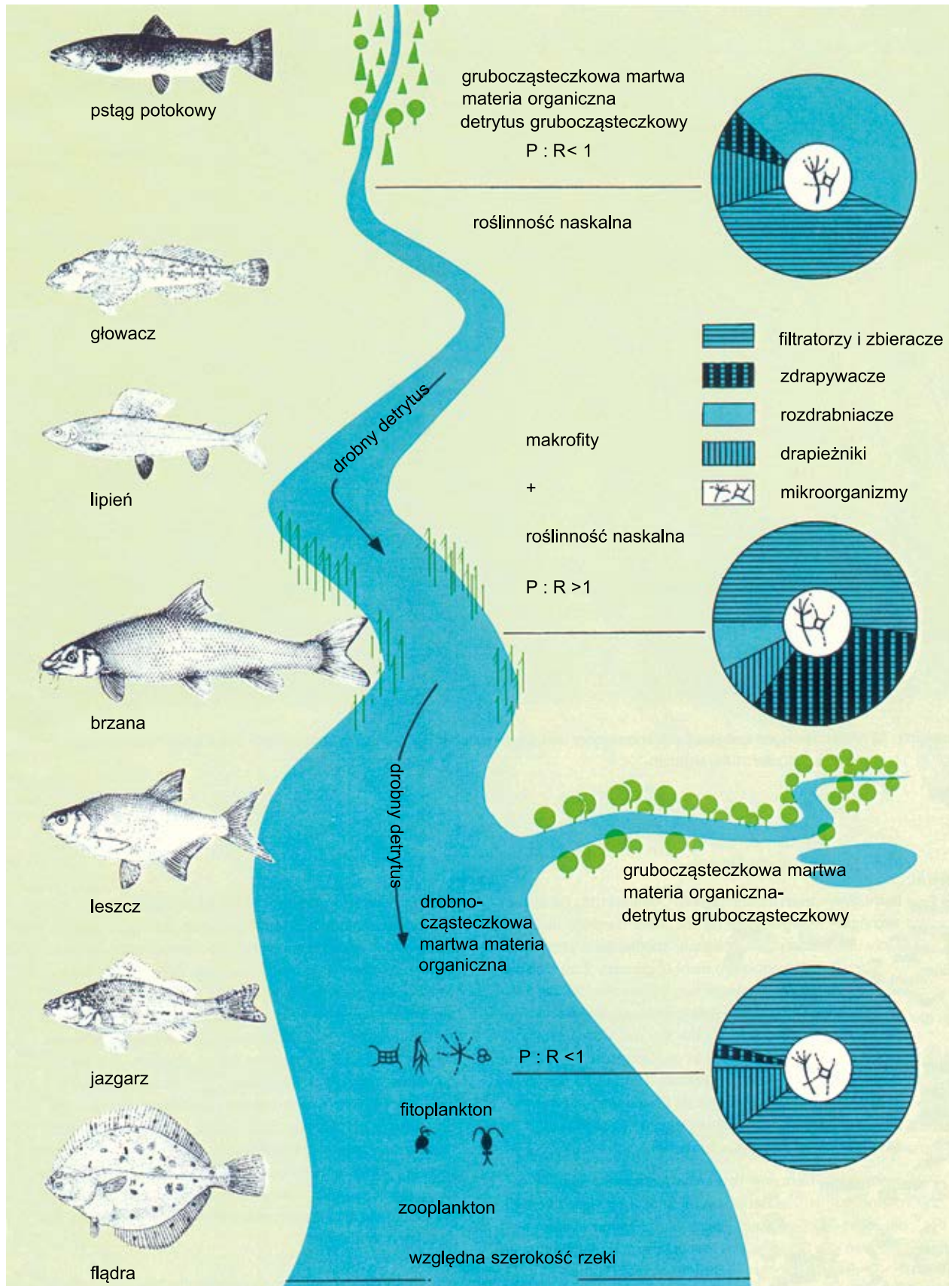
Koncepcja kontinuum rzeczno ilustruje powstanie charakterystycznego gradientu biologicznego, odpowiadającego zmianom różnych czynników abiotycznych wzdłuż biegu rzeki. Gradient ten rozumieć można jako regułę przepływu energii biologicznej w rzece i wyrażać jako zbiór zależności dostarczania, transportu, wykorzystania i przechowywania materii organicznej w ekosystemie rzeczno. Gradient biologiczny jest rozpoznawalny, gdy wybrane typy organizmów są zastępowane przez inne, w charakterystycznym układzie wzdłuż biegu rzeki. Biocenozy konkretnych odcinków rzeki lub nawet cały system rzeczno są zatem powiązane w charakterystyczny zbiór układów wykazujących, zgodnie z teorią ciągłości rzeki, wspólną strategię minimalizowania strat energii w całym systemie. Zatem biocenozy niższych odcinków rzeki korzystają z niekompletnej transformacji energii i materii organicznej przez wyżej położone biocenozy, zaś pozostała materia organiczna jest transportowana w dół rzeki, gdzie zachodzi jej dalszy rozkład (il. 2.5).

¹⁰ Spośród rodzimych gatunków ryb, w polskich wodach doskonale przystosowany do deficytów tlenu jest karaś *Carasius carassius* – *przyp. tłum.*

¹¹ Drożności ekologicznej – *przyp. tłum.*

¹² Znana raczej jako wielkość granulacji materiału dennego, a określana na podstawie krzywych przesiewu – *przyp. tłum.*

¹³ Są to nazwy materiałów tworzących koryto cieku, skojarzone z nazewnictwem popularnym lub tradycyjnym. Jednakże należy w tym miejscu zaznaczyć, że zgodnie z obowiązującym nazewnictwem i normami, mamy do czynienia wyłącznie z nazwami grubego materiału dennego, takimi jak piaski i żwiry, które – zależnie od granulacji – mogą być drobnymi, średnimi i grubymi – *przyp. tłum.*



Ilustracja 2.5. Koncepcja ciągłości rzeki: przemiany strukturalnych i funkcjonalnych charakterystyk wód płynących z biegiem rzeki
 Objaśnienia: P – produkcja pierwotna, R – respiracja (oddychanie), P/R – stosunek produkcji pierwotnej do respiracji.
 Źródło: Bavarian Regional Office for Water Management, 1987.

Przedstawioną teorię wspiera fakt, że bezkręgowce różnych odcinków rzeki (górnego, środkowego i dolnego) korzystają z różnych składników pokarmowych i przejawiają odmienne strategie odżywiania. Podstawowe oddziaływania bioenergetyczne wzdłuż kontinuum rzeki obejmują zarówno lokalny napływ allochtonicznych substancji, włącznie z materią organiczną i światłem, jak i dryf materii organicznej z wyżej położonych odcinków rzeki oraz z dopływów uchodzących do środkowego i ujściowego odcinka:

- górne odcinki rzek znajdują się pod silnym wpływem roślinności nabrzeżnej. Z jednej strony, dzięki zacienieniu, redukuje ona autotroficzną produkcję materii organicznej w cieku, z drugiej jednak strony – wprowadza do rzeki znaczną ilość obcej, martwej materii organicznej, głównie pod postacią opadłych liści;
- znaczenie wpływu ekosystemów lądowych maleje ze wzrostem szerokości rzeki. Jednocześnie, wzrastają znacząco: autotroficzna produkcja pierwotna w samej wodzie oraz ilość materii organicznej transportowanej w dół rzeki z wyżej położonych rejonów;
- różnice fizjologiczne między biocenozami różnych odcinków rzeki odpowiadają stosunkowi produkcji pierwotnej (P) do utleniania (R) w biocenozie (P/R). W wyżej położonych odcinkach rzeki dominują procesy utleniania, podczas gdy w środkowym biegu, większe znaczenie ma produkcja pierwotna. W niższych położonych odcinkach rzek produkcja pierwotna jest silnie zredukowana przez zwiększoną mętność wody i jej większą głębokość. Jednocześnie, większa ilość drobnocząsteczkowej materii organicznej, pochodzącej przede wszystkim z opadłych w górze rzeki liści, jest niesiona z prądem, tak, że w rejonach tych ponownie nad produkcją pierwotną dominują procesy utleniania.

Zróznicowane strategie morfologiczne i fizjologiczne organizmów wodnych mogą być rozumiane jako wyrażenie ich adaptacji do obecnych w środowisku podstawowych elementów odżywczych oraz panujących warunków pokarmowych w różnych odcinkach rzeki. Należy rozróżnić następujące typy odżywiania się organizmów:

- „rozdrabniacze”, korzystające z grubszej materii organicznej (>1 mm), takiej jak opadłe liście; „rozdrabniacze” są uzależnione od wspomagającej je aktywności mikroorganizmów;
- „zbieracze”, filtrujące małe (50 μm -1 mm) lub bardzo małe (0,5-50 μm) cząsteczki opadłe do wody lub zbierające je z dna cieku; podobnie jak „rozdrabniacze”, „zbieracze” także wykorzystują aktywność mikroorganizmów i produktów ich metabolizmu, które trawią razem z cząsteczkami pożywienia;
- „skrobacze”, wyspecjalizowane w żerowaniu na glonach porastających dno;

- „drapieżniki” odżywiają się innymi zwierzętami.

Stosownie do specyfiki warunków troficznych ($P/R < 1$), „rozdrabniacze” i „zbieracze”, dominują w biocenozach bezkręgowców w górnych odcinkach rzek. „Skrobacze” występują przede wszystkim w środkowym biegu rzeki ($P/R > 1$). Wraz ze wzrostem szerokości rzeki, w miarę jak zmniejszają się cząsteczki pożywienia, w biocenozach większych rzek ponownie zwiększa się udział „zbieraczy”. Udział drapieżników wraz z biegiem rzeki zmniejsza się tylko nieznacznie; zmienia się natomiast skład gatunkowy cieku wodnego. Stąd, obserwuje się:

w odcinku górnym: „rozdrabniacze” i „zbieracze”;

w odcinku środkowym: „skrobacze”;

w odcinku dolnym: „zbieracze”.

Zespoły gatunków ryb również wykazują charakterystyczną sekwencję związaną z kontinuum rzeczynym. Zespoły ichtiofauny zimnolubnej, bytującej w górnych odcinkach rzek, składającej się z niewielkiej liczby gatunków są stopniowo, z biegiem rzeki, zastępowane przez zespoły ciepłolubne, o większej różnorodności gatunkowej. Gatunki ryb górnych odcinków rzek odżywiają się głównie bezkręgowcami (są owadożerne), podczas gdy zbiorowiska ryb bytujące w środkowym biegu rzeki złożone są zarówno z owadożerców jak i z rybożerców. Ryby odżywiające się planktonem (planktonożerne) występują wyłącznie w dolnych odcinkach dużych rzek. Dlatego też obserwujemy:

w odcinku górnym: ryby owadożerne;

w odcinku środkowym: ryby owadożerne i rybożerne;

w odcinku dolnym: ryby planktonożerne.

Podstawą funkcjonowania powyższego modelu jest fakt, że zbiorowiska zwierząt mogą zmieniać się i dostosować do warunków lokalnych, w zgodzie z dynamiką systemu. Na przykład, pojedyncze gatunki powinny mieć możliwość poszukiwania odpowiednich żerowisk, w zgodzie z ich cyklem życiowym i sezonowymi warunkami środowiskowymi. Wymaga to możliwości swobodnego przemieszczania się organizmów wodnych w górę i w dół rzeki. Zaburzenia dopływu energii biologicznej, spowodowane na przykład brakiem roślinności na brzegach lub zaburzeniem przepływu energii i materii spowodowane przez piętrzenie, jak również zaburzenia w kształtowaniu się biocenoz typowych dla niektórych ekosystemów, niewątpliwie mają negatywny wpływ na zasiedlenie całego systemu rzeczynego przez organizmy wodne. Zaburzenia ciągłości rzek, a co za tym idzie, cyrkulacji materii w rzece, prowadzą do zmian w równowadze energetycznej.

2.3. Strefowość biologiczna wód płynących

Wiedza na temat interakcji zachodzących w rzekach między czynnikami abiotycznymi i biotycznymi pozwala określić granice siedlisk typowych biocenoz w ramach

kontinuum rzeki, pozwalając zarazem wyróżnić typowe strefy. Owa strefowość przyniosła praktyczne implikacje, na przykład dostarczając podstaw dla ekologicznego rybołówstwa, a także umożliwiając jasne określenie negatywnego wpływu działalności człowieka na rzeki. Dla celów rybackich, odrębne odcinki rzek wyróżnia się na podstawie gatunków wskaźnikowych o znaczeniu gospodarczym, charakteryzujących zarazem skład gatunkowy rybostanu konkretnego odcinka. Doświadczenie wskazuje, że zbiorowiska ryb w górnym odcinku rzeki złożone są zazwyczaj z: pstrąga potokowego (*Salmo trutta m. fario*) oraz lipienia (*Thymallus thymallus*), podczas gdy w odcinku środkowym występuje głównie brzana (*Barbus barbus*), natomiast w dolnym biegu – leszcz (*Abramis brama*). Z każdą krainą związane są także „towarzyszące gatunki ryb”, które mogą być zarazem związane z gatunkami wskaźnikowymi. Ta swoista sukcesja zbiorowisk ryb (np. podział na krainy), układająca się w określony sposób, była po raz pierwszy opisana przez Müller’a (1950) dla rzeki Fuldy, po czym potwierdziła się dla systemów rzecznych Renu i Łaby, z niewielkimi różnicami w składzie gatunkowym (tab. 2.1):

- **Górna kraina pstrąga** – zamieszkiwana przez trzy gatunki ryb: poza gatunkiem wskaźnikowym – pstrągiem potokowym (*Salmo trutta m. fario*), obserwować tu można, jako „gatunki towarzyszące”: minoga strumieniowego (*Lampetra planeri*) oraz głowacza białopłetwego (*Cottus gobio*);
- **Dolna kraina pstrąga** (il. 2.6) – obok wspomnianych powyżej gatunków, współwystępują tu: śliz pospolity (*Noemacheilus barbatulus*) i strzebla potokowa (*Phoxinus phoxinus*);
- **Kraina lipienia** (il. 2.7) – obserwuje się tu wszystkie gatunki bytujące w krainie pstrąga, ale pod względem liczebności, lipień (*Thymallus thymallus*) dominuje nad pstrągiem potokowym. Ponadto, występują na tym obszarze licznie inne gatunki, takie jak: kleń (*Leuciscus cephalus*), płoć (*Rutilus rutilus*) i kielb (*Gobio gobio*);
- **Kraina brzany** (il. 2.8) – na tym obszarze mogą w dalszym ciągu pojawiać się ryby górnej krainy pstrąga, ale już nie jako populacje rozmnażające się. Dominują natomiast gatunki karpioвате, takie jak: brzana (*Barbus barbus*), ukleja (*Alburnus alburnus*), krąp (*Blicca bjoerkna*) i świnka (*Chondrostoma nasus*) oraz drapieźniki: szczupak (*Esox lucius*) i okoń (*Perca fluviatilis*). Różnorodność gatunkowa tej krainy jest znacząco większa niż krainy pstrąga;
- w zbiorowiskach ryb występujących **w Krainie leszcza** (il. 2.9) nie obserwuje się „gatunków towarzyszących” krain lipienia i brzany, preferujących szybki nurt wody, takich jak: piekielnica (*Alburnoides bipunctatus*) i strzebla potokowa (*Phoxinus phoxinus*); brzana (*Barbus barbus*) występuje jedynie lokalnie, w odcinkach o większych prędkościach przepływu. Dominują tu natomiast gatunki wód stojących, takie jak: leszcz (*Abramis brama*), lin (*Tinca tinca*), karp (*Cyprinus carpio*) i wzdreğa (*Scardinius erythrophthalmus*);
- odcinek ujściowy rzeki – estuarium – nazywany jest **Krainą jazgarza i storni**, przy czym odcinek ten znajduje się w strefie oddziaływania pływów. W krainie jazgarza i storni, występują gatunki wód otwartych, takie jak: jazgarz (*Gymnocephalus cernua*) oraz gatunki typowe dla krainy leszcza i gatunki wód słonych, takie jak: stornia (*Platichthys flesus*) i śledź (*Clupea harengus*).



Ilustracja 2.6.
Kraina pstrąga w rzece Felda
(Hesja)



Ilustracja 2.7.
Kraina lipienia w rzece Ilz
(Bawaria)



Ilustracja 2.8.
Kraina brzany w rzece Lahn
(Hesja)



Ilustracja 2.9.
Kraina leszcza w rzece Odrze
(Brandenburgia)

Tabela 2.1. Rozmieszczenie wybranych gatunków ryb w ekosystemach Renu, Wezery i Łaby

Wybrane gatunki ryb	Strefy ekosystemów wodnych – krainy rybne Renu, Wezery i Łaby					
	Górna kraina pstrąga	Dolna kraina pstrąga	Kraina lipienia	Kraina brzany	Kraina leszcza	Kraina jazgarza i storni
Pstrąg potokowy (<i>Salmo trutta m. fario</i>)						
Głowacz (<i>Cottus gobio</i>)						
Minóg strumieniowy (<i>Lampetra planeri</i>)						
Śliz pospolity (<i>Noemacheilus barbatulus</i>)						
Strzebla potokowa (<i>Phoxinus phoxinus</i>)						
Ciernik (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)						
Lipień (<i>Thymallus thymallus</i>)						
Piekielnica (<i>Alburnoides bipunct.</i>)						
Jelec (<i>Leuciscus leuciscus</i>)						
Kiełb (<i>Gobio gobio</i>)						
Kleń (<i>Leuciscus cephalus</i>)						
Płoc (<i>Rutilus rutilus</i>)						
Brzana (<i>Barbus barbus</i>)						
Świnka (<i>Chondrostoma nasus</i>)						
Ukleja (<i>Alburnus alburnus</i>)						
Okoń (<i>Perca fluviatilis</i>)						
Krąp (<i>Blicca bjoerkna</i>)						
Szczupak (<i>Esox lucius</i>)						
Leszcz (<i>Abramis brama</i>)						
Jazgarz (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)						
Jaź (<i>Leuciscus idus</i>)						
Wzdręga (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)						
Karp (<i>Cyprinus carpio</i>)						
Lin (<i>Tinca tinca</i>)						
Gatunki Anadromiczne						
Troć wędrowna (<i>Salmo trutta m. trutta</i>)						
Łosoś (<i>Salmo salar</i>)						
Minóg rzeczny (<i>Lampetra fluviatilis</i>)						
Minóg morski (<i>Petromyzon marinus</i>)						
Aloza (<i>Alosa alosa</i>)						
Parposz (<i>Alosa fallax</i>)						
Jesiotr zachodni (<i>Acipenser sturio</i>) ¹						
Gatunki katadromiczne						
Węgorz (<i>Anguilla anguilla</i>)						
Stornia (<i>Platichthys flesus</i>)						



Główny obszar występowania reprodukcją się (rozmnażającą się) populacji

Drugorzędny obszar występowania reprodukcją się (rozmnażającą się) populacji

Źródło: Schwevers i Adam, 1993; zmienione.

Biocenozy rzek są zatem charakteryzowane na podstawie wskaźnikowych gatunków ryb i gatunków towarzyszących. Podział na krainy (strefy) dotyczy nie tylko ryb, ale także bezkręgowców wodnych. Stąd, jeśli gatunki wskaźnikowe ryb są nieobecne (jak na przykład w wodach zanieczyszczonych lub silnie zmodyfikowanych pod względem morfologicznym), typ krainy można określić na podstawie obserwowanych gatunków towarzyszących lub bezkręgowców. Na przykład Kraina brzany, w przeciwieństwie do Krainy lipienia, charakteryzuje się wysokim udziałem równonogów (*Isopoda*), larw muchówek (*Diptera*) i pijawek (*Hirudinea*), niskim zagęszczeniem populacji obunogów (*Amphipoda*) i chrzączek (*Trichoptera*) oraz brakiem niektórych gatunków wildełnic (*Plecoptera*) (Illies, 1958).

Dla podkreślenia tego zjawiska, Illies (1961) wprowadził ogólnie przyjęte, międzynarodowe nazewnictwo dla wód płynących, które z czasem wyparło podział na krainy w oparciu o gatunki ryb. Najpierw podzielił wody płynące na dwie podstawowe kategorie: potoki¹⁴ i rzeki¹⁵, które z kolei podzielił na trzy podkategorie. Dla wód Europy Środkowej nomenklatura zaproponowana przez Illies'a odpowiada podziałowi na krainy rybne (tab. 2.2).

Tabela 2.2. Podział rzek na strefy

Potok	bieg górny	Górna kraina pstrąga	Górna strefa potoku
	bieg środkowy	Dolna kraina pstrąga	Środkowa strefa potoku
	bieg dolny	Kraina lipienia	Dolna strefa potoku
Rzeka	bieg górny	Kraina brzany	Górna strefa rzeki
	bieg środkowy	Kraina leszcza	Środkowa strefa rzeki
	bieg dolny	Kraina jazgarza i storni	Dolna strefa rzeki

Źródło: Illies, 1961.

Tabela 2.3. Strefy rzeki – podział ze względu na wielkość spadku dna i szerokości cieku

	Spadek [%] dla rzek o szerokości koryta				
	< 1 m	1-5 m	5-25 m	25-100 m	> 100 m
Epiritral	10,00-1,65	5,00-1,50	2,00-1,45		
Metaritral	1,65-1,25	1,50-0,75	1,45-0,60	1,250-0,450	
Hyporitral		0,75-0,30	0,60-0,20	0,450-0,125	- 0,075
Epipotamal		0,30-0,10	0,20-0,05	0,125-0,033	0,075-0,025
Metapotamal		0,10-0,00	0,05-0,00	0,033-0,000	0,025-0,000
Hypopotamal	Odcinek ujściowy, będący w strefie oddziaływania pływów				

Źródło: Huet, 1949; zmienione.

Illies (1961) wykazał, że sekwencje biocenoz, porównywalne do sekwencji biocenoz obserwowanych w rzece Fuldzie, typowej środkowo-europejskiej rzece – występują także w zlewniach rzek Amazonii, rzekach peruwiańskich i rzekach Południowej Afryki. Oczywistym jest, że gatunki występujące w tych rzekach są inne,

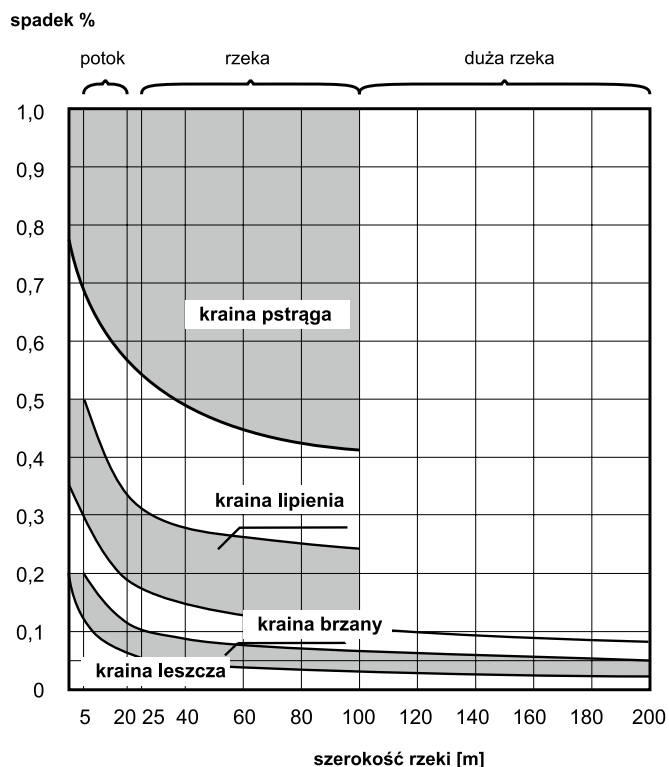
niemniej jednak typowe dla nich gatunki wskaźnikowe oraz gatunki towarzyszące rozwinęły zbliżone do gatunków europejskich strategie przetrwania, przejawiają również podobne do odpowiednich im gatunków z rzek Centralnej Europy zwyczaje żywieniowe i zajmują porównywalne nisze ekologiczne. Model continuum rzeczno, a w konsekwencji podział rzek na strefy biologiczne, może być uznany zatem za zasadny dla rzek na całym świecie.

Huet (1949), na podstawie systematycznych badań parametrów fizyko-chemicznych i rozkładu populacji ryb w licznych rzekach, przede wszystkim na terytorium Francji, ale również Belgii, Luksemburga i Niemiec wykazał, że podział rzek na strefy, zdeterminowany jest siłą prądu wody. Huet odniósł się do spadku, jako czynnika pozwalającego na oszacowanie prędkości przepływu oraz do szerokości koryta, jako parametrów pozwalających określić przepływ. Związek pomiędzy tymi dwoma parametrami i podziałem rzek na strefy przedstawiono w tabeli 2.3. W tabeli tej oryginalne dane zgromadzone przez Hueta zostały uzupełnione przez zróżnicowanie między epiritralem i metaritralem, które oparto na doświadczeniach przeprowadzonych w systemach rzecznych Renu i Wezery. Ilustracja 2.10

przedstawia proste metody umożliwiające klasyfikację stref rzek, opartą na wartości spadku dna rzeki i szerokości koryta. Klasyfikacja ta jest prawidłowa dla rzek strefy klimatu umiarkowanego Europy Środkowej, a zatem – także dla systemów rzecznych Niemiec (Huet, 1949).

¹⁴ Rhitral – przyp. tłum.

¹⁵ Potamal – przyp. tłum.



Ilustracja 2.10. Wyznaczanie krain ryb w oparciu o wielkość spadku i szerokość koryta. Graficzny obraz związku pomiędzy spadkiem, szerokością koryta rzeki i podziałem rzeki na strefy, dla określenia wskaźników krain ryb. Typowe rdzenie krain oznaczono szrafurą, strefy pomiędzy nimi odpowiadają strefom przejściowym. Zasięg stref przejściowych zwiększa się z biegiem rzek.

Źródło: Huet, 1959; zmienione.

2.4. Potencjalny naturalny skład gatunkowy

Biorąc pod uwagę całkowity skład gatunkowy europejskich wód słodkich, oczywistym jest, że obecnie niektóre gatunki ryb nie znajdują odpowiednich warunków siedliskowych w wielu rzekach. Obecnie 51 spośród 70 rodzimych gatunków ryb, teoretycznie występujących w Niemczech, wpisanych zostało do Czerwonej Księgi Wymierających lub Zagrożonych Gatunków Republiki Federalnej Niemiec (Bless i in., 1994). Postępująca poprawa jakości wód i szeroko zakrojone działania zmierzające do poprawy ich stanu ekologicznego, doprowadziły do poprawy stanu siedlisk, stąd też wzrasta liczba gatunków mogących ponownie zasiedlić utracone partie rzek.

Od kilku lat notowanych jest coraz więcej doniesień o powrocie ryb wędrownych do systemów rzecznych, w których nie były one obserwowane przez dziesięciolecie. Przypuszczenie, że obserwujemy ciągły, pozytywny rozwój subpopulacji poważnie zagrożonych gatunków, uzasadnione jest stwierdzeniem, że nieustająco zwiększa się liczebność populacji troci wędrownej (*Salmo trutta m. trutta*), storni (*Platichthys flesus*) i minoga

rzecznego (*Lampetra fluviatilis*). Ponadto, w rzece Sieg zanotowano występowanie trących się minogów morskich (*Petromyzom marinus*), zaś w holenderskim estuarium Renu złowiono jesiotra (*Acipenser sturio*) (Volz & De Groot, 1992). Uzasadnionym wydaje się więc przypuszczenie, że opustoszałe, wymarłe wody mogą być ponownie zasiedlone, nawet przez „ekologicznie wymagające” gatunki ryb.

Podczas planowania gospodarowania wodami oraz w trakcie projektowania przedsięwzięć z zakresu hydroinżynierii należy w odpowiednim stopniu uwzględnić ekologiczne potrzeby, zarówno występującej obecnie fauny, jak również gatunków, które potencjalnie mogą ponownie zasiedlić określone rzeki. Aby uprościć proces planowania, można wykorzystać koncepcję „potencjalnego naturalnego składu gatunkowego ryb” niektórych ichtiocenoz. W myśl wspomnianej koncepcji, w procesie planowania należy uwzględnić wymagania wszystkich rodzimych gatunków: tych, które występowały w określonym odcinku rzeki oraz tych, które występują tam obecnie lub gatunków, które – jeśli znajdą odpowiednie siedlisko – mogą występować w przewidywalnej przyszłości. Odtworzenie odpowiednich siedlisk organizmów wodnych może zostać osiągnięte poprzez poprawę jakości wody, struktury morfologicznej oraz przywrócenie drożności podłużnej systemu rzeczego.

Przy określaniu potencjalnego naturalnego składu gatunkowego ryb należy uwzględnić szereg czynników. Jako że dokładne określenie potencjalnej ichtiocenozy jest kluczowym warunkiem poprawnej oceny stanu ekologicznego rzeki, wskazano, aby ocena została dokonana przez ekspertów z dziedziny ichtiologii, przy uwzględnieniu następujących kryteriów:

- **podziału rzeki na strefy** – pierwszym wymaganiem determinującym potencjalny naturalny skład gatunkowy ryb jest dokładne określenie krainy ryb (patrz: rozdział 2.3). Wstępne określenie potencjalnego składu gatunkowego można uzyskać poprzez przypisanie gatunków wskaźnikowych i gatunków towarzyszących do odpowiedniej krainy;
- **czynników biogeograficznych** – przy określaniu potencjalnego składu gatunkowego ryb należy uwzględnić charakterystyczny dla danego dorzecza skład gatunków ryb, uzależniony zarówno od regionu biogeograficznego zlewni danej rzeki, jak i specyficznych własności rzeki. Przykładowo, świnka (*Chondrostoma nasus*) występuje w rzekach Środkowej Europy (od Loary do Wisły), ale nie w Wezerze i w Łabie oraz w rzekach w Szlezewiku-Holsztynie. Z drugiej strony, występowanie głowaczy (*Hucho hucho*) (il. 2.15) i wielu gatunków okoniowatych, jak na przykład: czopa żółtego/czopa małopromiennego (*Aspro streber*)¹⁶ lub jazgarza dunajskiego (*Acerina schraetzer*)

¹⁶ *Zingel streber nerensis* według Bănărescu & Nalbant, 1979 – przyp. tłum.

ograniczone jest wyłącznie do systemu rzeczno-dorzecza Dunaju;

- **szczegółów topograficznych** – biocenozy wodne odpowiadają specyficznym warunkom topograficznym, które także należy uwzględnić przy określaniu potencjalnej naturalnej ichtiofauny. Przykładowo, nie zdefiniowano gatunków wskaźnikowych ryb dla rzek przepływających przez jeziora albo wypływających z jezior, jako że w warunkach tych wykształcają się biocenozy mieszane: w ich skład wchodzi gatunki typowe dla wód stojących oraz gatunki rzeczne na przykład w strefie wypływu wód z jeziora;
- **jakości siedlisk** – włączenie lub wyłączenie gatunku z listy gatunków potencjalnie występujących w warunkach naturalnych może być uzależnione od obszaru zmian wywołanych działalnością człowieka lub antropogenicznymi zmianami morfologii cieków. Przykładowo, wiele rzek zaliczanych do krainy brzańskiej, jak Mozała i Men, zostało zabudowanych kaskadą piętrzeń na niemal całej długości. Podobnie jest w sytuacji, gdy brak jest możliwości migracji do dopływów położonych w krainie brzańskiej i lipienia – siedliska gatunków reofilnych mogą być zdegradowane w stopniu uniemożliwiającym ich ponowne zasiedlenie w dającej się przewidzieć przyszłości. Z drugiej strony, gatunki wód stojących (takie na przykład jak karp), które są gatunkami obcymi, w sztucznie spiętrzonych ciekach, zazwyczaj znajdują odpowiednie warunki do rozrodu, tworząc trwale i rozmnażające się populacje;
- **danych historycznych** – wskazówki dotyczące potencjalnej fauny można znaleźć w źródłach literaturowych, na przykład w opracowaniach naukowych lub analizach wyników połowów (v. Siebold, 1863; Wittmack, 1876; Leuthner, 1877; Borne, 1883 i in.). Typowym przykładem tych ostatnich są badania dotyczące odtworzenia zasięgu występowania jesiota w systemie rzeczonym Renu, prowadzone przez Kinzelbach (1987) lub badania nad oryginalną fauną Menu, prowadzone na podstawie starych zbiorów ryb (Klauswitz 1974a, 1974b, 1975). Niemniej jednak, podczas interpretacji materiałów archiwalnych, należy zachować pewną ostrożność, ponieważ gatunki wymienione w raportach są zazwyczaj gatunkami o największym znaczeniu gospodarczym, podczas gdy mniejsze ryby, takie jak: różanka (*Rhodeus sericeus amarus*), piskorz (*Misgurnus fossilis*) i słonecznica (*Leucaspis delineatus*), jakkolwiek o dużym znaczeniu ekologicznym, w dokumentach tych są wspomniane rzadko. Ponadto, z powodu braku ujednoliconej nomenklatury w poszczególnych regionach Niemiec wprowadzono różne nazwy dla tego samego gatunku, przyczyniając się do wielu trudności z interpretacją danych historycznych. Dla przykładu, niemieckie nazwy „Schneider” (krawiec)

i „Weißfisch” sieja (biała ryba) odnosiły się do różnych gatunków ryb w różnych regionach¹⁷.

2.5. Zachowanie migracyjne organizmów wodnych

Wędrowki ryb mają na celu zaspokojenie wymagań siedliskowych tych organizmów w poszczególnych stadiach życiowych. Wędrowki mogą być podejmowane również przez mniej mobilne bezkręgowce denne (il. 2.11). Migracje mogą obejmować przemieszczanie się wzdłuż głównego koryta cieków lub między korytem głównym a jego dopływami. W miejscach, gdzie wzdłuż biegu rzek potworzyły się liczne jeziora (jak na przykład w rejonie nizin w Północnych Niemczech), istnieje potrzeba odtworzenia drożności tych, jakże różnych, ekosystemów, by umożliwić przemieszczanie się organizmów, a tym samym umożliwić im zaspokojenie potrzeb siedliskowych. Podłużna ciągłość rzek odgrywa także niezwykle istotną rolę dla rozrodu ryb, zwiększania ich zasięgu występowania, wymiany genowej między populacjami oraz ponownego zasiedlenia odcinków rzeki, w których populacje danego gatunku wymarły.



Ilustracja 2.11. Larwy chruścików *Anobolia nervosa* w przepławce dla ryb na rzece Dölln (Brandenburgia)

¹⁷ Podobnie jest w Polsce, np. ta sama ryba *Alburnoides bipunctatus* znana jest pod nazwaniami: piekielnica, bystrzanka, szweja – przyp. tłum.



Ilustracja 2.12.
Głowacz białopłetwy (*Cottus gobio*)



Ilustracja 2.13.
Świnka (*Chondrostoma nasus*)



Ilustracja 2.14.
Łosoś (*Salmo salar*)



Ilustracja 2.15.
Głowacica (*Hucho hucho*)

Migracje kompensujące w górę ciek

Utrata siedliska spowodowana zdryfowaniem¹⁸, może być zrównoważona migracją organizmu w górę rzeki.

Przemieszczanie się między różnymi siedliskami

Niektóre gatunki ryb podejmują sezonowe migracje pomiędzy żerowiskami a miejscem odpoczynku lub, w zależności od stadium rozwojowego, zamieszkują różne odcinki rzeki odpowiadające ich specyficznym wymaganiom siedliskowym. Znakomitym przykładem jest głowacz (*Cottus gobio*); il. 2.12 (Bless, 1982). Głowacz jest gatunkiem aktywnym nocą, odpoczywającym podczas dnia w zakamarkach przy dnie rzeki. Jego schronienie stanowią jamki, wielkością idealnie dopasowane do rozmiarów ciała. Dorosłe osobniki preferują odcinki rzek o większych prędkościach przepływu i odpowiednio grubszym uziarnieniu podłoża, natomiast młode osobniki, podczas dorastania, poszukują odpowiednich siedlisk w strefach o łagodniejszym nurcie i drobniejszym substracie. Tak zróżnicowane biotopy często znajdują się w dużej odległości, szczególnie w rzekach, które zostały silnie przekształcone przez człowieka. Stąd wędrówki głowaczy, w ramach cyklu życiowego, mogą odbywać się na znaczne odległości. Wśród innych przykładów warto wspomnieć świnkę (*Chondrostoma nasus*) (il. 2.13) i brzanę (*Barbus barbus*), które migrują na dystansach rzędu 300 km (Steinmann, 1937).

Z końcem lata niektóre gatunki ryb przemieszczają się na tereny zimowiskowe. Zimowiska znajdują się zwykle w dolnych odcinkach rzek, w strefach głębszych, o łagodniejszym prądzie. Tam ryby gromadzą się przy

dnie, zapadając w stan hibernacji, charakteryzujący się spowolnionym metabolizmem.

Migracje rozrodcze

Migracje rozrodcze są wyjątkowym typem wędrówek ryb pomiędzy dwoma różnymi obszarami ich występowania. Migracje podejmowane są przez większość rodzimych gatunków ryb w obrębie systemu rzeczno-ego, w którym występują. Wśród najbardziej znanych przykładów wymienia się brzanę (*Barbus barbus*) i pstrąga potokowego (*Salmo trutta m. fario*). W przypadku odcięcia drogi do tarlisk przez przeszkodę, ryby mogą złożyć ikrę w miejscach mniej dogodnych (co określa się pojęciem: „tarło awaryjne/wymuszone”). Skutkuje to niższym poziomem rekrutacji¹⁹ lub też całkowitym niepowodzeniem rozrodczym, czego następstwem może być całkowite wyginięcie gatunku w danej rzece.

Wędrówki diadromiczne (dwuśrodowiskowe)

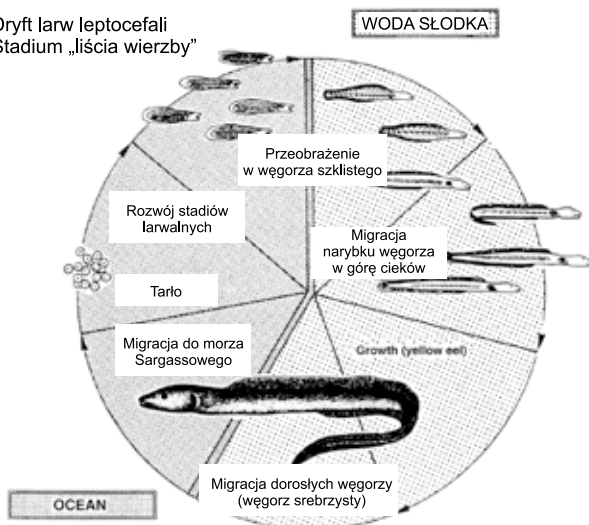
Cykl życiowy ryb diadromicznych (dwuśrodowiskowych) obejmuje konieczność odbycia wędrówki między środowiskiem wód słonych i słodkich. Właśnie na przykładzie wymagań biologicznych tych gatunków ryb wędrównych najlepiej można przedstawić potrzebę niezaburzonego przejścia przez system rzeczny. Zaburzenie ciągłości szlaków wędrównych prowadzi nieuchronnie do wyginięcia populacji tych gatunków. W odniesieniu do kierunku migracji, wyróżnia się dwie podstawowe grupy organizmów:

- **gatunki katadromiczne**, takie jak węgorz (*Anguilla anguilla*), których osobniki dorosłe przemieszczają się w celu odbycia tarła w dół rzeki, do mórz

¹⁸ Migracje bierne, np. ryb znoszonych w dół rzeki wodami przyboru – przyp. tłum.

¹⁹ Uzupelnienie populacji młodszymi rocznikami.

Dryft larw leptocefali
Stadium „liścia wierzby”



Ilustracja 2.16. Cykl życiowy ryb katadromicznych na przykładzie węgorza europejskiego (*Anguilla Anguilla L.*)

i oceanów. W przypadku węgorzy, do rozrodu dochodzi wyłącznie w wodach Morza Sargassowego, a przypominające kształtem liść wierzby larwy migrują następnie z prądem morskim²⁰ w rejon wybrzeża. Po przeobrażeniu, jeszcze niewybarwiony narybek szklisty wędruje w górę rzeki, gdzie rozwija się aż do osiągnięcia dojrzałości płciowej (il. 2.16).

- **gatunki anadromiczne**, takie jak: łosoś (*Salmo salar*) (il. 2.14), troć wędrowna (*Salmo trutta m. trutta*), jesiotr zachodni (*Acipenser sturio*)²¹, aloza (*Alosa alosa*), minóg morski (*Petromyzon marinus*) i minóg rzeczny (*Lampetra fluviatilis*), po osiągnięciu dojrzałości płciowej, w celu odbycia tarła, migrują z mórz do wyższych partii rzek. Formy młodociane, po osiągnięciu odpowiedniego stadium rozwoju, spływają na do morza, gdzie osiągają dojrzałość płciową (il. 2.17).

Wymiana populacji

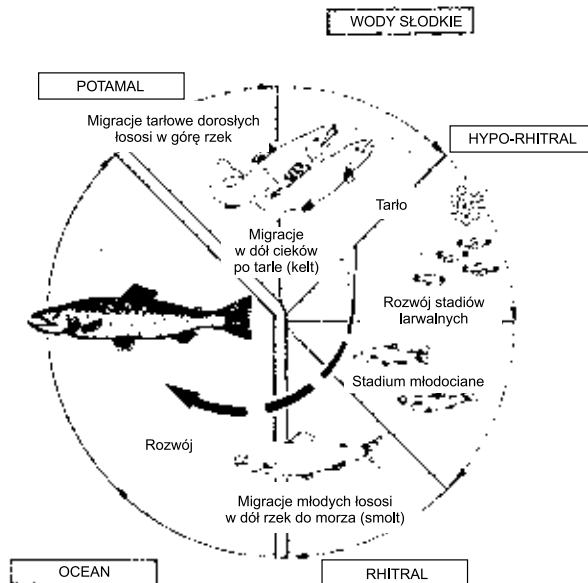
Dzięki wędrówkom organizmów między sąsiadującymi ze sobą odcinkami rzek, w górę i w dół ich biegu, zachodzi proces równoważenia gęstości sąsiadujących populacji oraz wymiany genowej między nimi.

Migracje z biegiem rzeki

Obok migracji rozrodczych węgorzy lub wędrówek smoltów łososia i troci, wędrówki z biegiem rzeki pełnią ostatnimi czasy jeszcze jedną istotną funkcję biolo-

²⁰ Migracja bierna – przyp. tłum.

²¹ Obecnie w zlewni Bałtyku mówić należy o jesiotrze atlantyckim, inaczej ostronosym (*Acipenser oxyrinchus*) – przyp. tłum.



Ilustracja 2.17. Cykl życiowy ryb anadromicznych na przykładzie łososia (*Salmo salar*)

giczną. Przykładowo, w przypadku zaistnienia katastrofy ekologicznej, takiej jak wielka powódź lub przedostanie się znacznego ładunku zanieczyszczeń do wód, bezkręgowce mogą migrować, unosząc się z prądem wody w dół cieku (jest to tak zwany „spływ katastrofalny”). We wszystkich przypadkach, niezależnie od przyczyny podejmowania wędrówki czynnej (np. ucieczki) lub biernej, organizmy wodne zależą od niezaburzonej ciągłości podłużnej rzeki.

Rozprzestrzenianie się

Mobilność organizmów wodnych odgrywa kluczową rolę przy ponownym zasiedlaniu całych zbiorników wodnych, cieków lub ich części, w których życie biologiczne częściowo lub całkowicie wyginęło. W niedługim czasie po wypadku w Sandoz, nastąpiła rekolonizacja całkowicie wymarłych odcinków Renu, tak że już dwa lata po awarii populacja ryb wróciła do pierwotnego stanu (Lelek & Köhler, 1990). Szybka regeneracja populacji nastąpiła dzięki imigracji osobników z dopływów Renu do głównego koryta.

Interesującym przykładem migracji są duże słodkowodne małże z rodziny *Najadae*, które rozprzestrzeniają się w stadium larwalnym (glochidium). Larwy pasożytują na skrzelach rodzimych gatunków ryb, dzięki czemu mogą być przenoszone na znaczne odległości, po czym opadają na dno i przeobrażają się w dorosłe osobniki.

2.6. Zagrożenia dla organizmów wodnych stwarzane przez zapory i jazy

Rodzime gatunki ryb w Niemczech są zagrożone przez wiele czynników powodujących poważne zmniejszenie się liczebności populacji. Podstawowe źródła zagrożeń związane są z następującymi skutkami działalności człowieka:

- zanieczyszczeniami wód, pochodzącymi ze ścieków komunalnych i przemysłowych, spływów powierzchniowych z obszarów użytkowanych rolniczo (nawozy, pestycydy, erozja) i depozycji zanieczyszczeń z powietrza (SO₂, kwaśne deszcze itp.);
- zmianą morfologii koryta, prowadzącą do degradacji ekologicznej lub zniszczenia siedlisk;
- zaburzeniami ekologicznej drożności rzek, spowodowanymi przez trudne lub niemożliwe do pokonania przeszkody;
- wpływem rybołówstwa na rybostan.

Bless i in. (1994) wskazał, że z powodu wymienionych powyżej zagrożeń, spośród 70 niemieckich gatunków rodzimych:

4 gatunki	wymarły lub nie były obserwowane;
9 gatunków	jest zagrożonych wymarciem;
21 gatunków	jest poważnie zagrożonych;
17 gatunków	jest zagrożonych.

Spośród gatunków wymarłych lub zagrożonych wyginieniem, 82% stanowią gatunki ryb wędrownych lub gatunki o wysokim zapotrzebowaniu na tlen, wymagające do rozrodu czystego, pokrytego żwirem dna, zamieszkujące siedliska o szybkim, silnym nurcie (Bless i in., 1994). Tym samym, jednym z najpoważniejszych zagrożeń tych gatunków, jest przegradzanie rzek budowlami piętrzącymi. Uniemożliwienie swobodnej wędrówki spowodowane zarówno przeszkodami, jak i sztucznymi zbiornikami retencyjnymi powyżej piętrzeń, skutkuje wymieraniem lokalnych populacji. Przeszkody te zaburzają cechy morfologiczne rzek, zmieniając jednocześnie hydrologię cieków, w stopniu zależącym od wielkości i rozległości powstałego powyżej piętrzenia zbiornika. Innymi zagrożeniami dla biocenozy wodnych (Lwa, 1992), są:

- zwiększenie przekroju poprzecznego powyżej zapór i jazów – w miejscu powstania zbiornika – redukujące znacząco prędkość przepływu i różnicowanie prądu wody, zmieniające także jej turbulencje, natlenienie i wartość naprężeń stycznych na dnie;
- zwiększona sedymentacja, powodująca pokrywanie dna zbiornika powyżej przegrody drobnymi osadami dennymi (sedymentami) zmieniającymi oryginalną mozaikę substratu, eliminującymi siedliska o podłożu gruboziarnistym;
- utrata siedlisk organizmów wodnych, wynikająca z zamulenia przestrzeni interstycjalnych, w wyniku

słabszego prądu wody, niezdolnego do unoszenia zawiesiny;

- spowolniony przepływ wody przez szczeliny między ziarnami substratu dennego skutkuje zmniejszoną dostępnością tlenu. Opadająca materia organiczna podlega procesom rozkładu beztlenowego²², prowadząc do nagromadzenia się sapropełu, czyli szlamu gnilnego, w szczególności w wodach zeutrofizowanych;
- wzrost temperatury wody spowodowany zmniejszeniem prędkości przepływu, a tym samym wydłużeniem czasu jej retencji powyżej piętrzenia (nagrzewanie w skutek wydłużonej ekspozycji na promienie słoneczne);
- niedobory tlenu w zbiorniku powyżej piętrzenia, wynikające ze spadku rozpuszczalności tlenu w wodzie wraz ze wzrostem temperatury oraz zmniejszeniem się turbulencji przepływu sprzyjających natlenianiu wody;
- spowolnienie prądu wody powyżej piętrzenia, połączone ze zwiększonym dopływem substancji odżywczych do wód, sprzyja wzrostowi roślin wodnych, prowadząc często do „zakwitów glonów” lub nadmiernego wzrostu roślin. Fotosynteza zachodząca w nadmiernie rozwiniętej roślinności może prowadzić do gwałtownego wzrostu pH, a w konsekwencji – do zwiększonego ryzyka śmiertelności ryb pod wpływem wzmożonej ekspozycji na promieniowanie słoneczne. Ponadto, masowe obumieranie roślin w okresie jesiennym prowadzi do zwiększonej śmiertelności ryb, spowodowanej niedostateczną ilością tlenu w wodzie;
- zmniejszanie się możliwości penetracji dna rzeki przez promienie słoneczne wraz ze wzrostem głębokości, prowadzące do ograniczenia wzrostu mikrofitobentosu;
- przepływ energii, jaki opisano w rozdziale poświęconym koncepcji kontinuum rzeki, jest przerwany z powodu zwiększonej sedymentacji materii organicznej. W konsekwencji, zaburzone zostają procesy metaboliczne w rzekach, jako całości.

Wymienione powyżej niekorzystne zmiany siedlisk, wywołane przegradzeniem lub spiętrzeniem odcinków rzek, mają trwałe negatywne wpływy na biocenozę:

- utrata siedlisk dotyczy przede wszystkim gatunków prądolubnych (reofilnych) i o wysokim zapotrzebowaniu na tlen, szczególnie w większych zbiornikach;
- gatunki wymagające do rozrodu żwirowego podłoża, nie znajdują odpowiednich tarlisk, zaś organizmy bytujące w szczelinach, jak również ryby żyjące w strefie przydennej, tracą kryjówki;
- gatunki odżywiające się glonami peryfitonu, takie jak niektóre bezkręgowce lub – spośród ryb – świnka (*Chondrostoma nasus*) – tracą żerowiska;

²² Procesom gnilnym – przyp. tłum.

- malejący lub zmieniający się zasięg występowania bezkręgowców powoduje zmniejszenie dostępności pokarmu dla ryb;
- utrata istotnych części siedlisk prowadzi do zaburzenia struktury wiekowej populacji ryb, a w konsekwencji – do zwiększenia zagrożenia wyginieciem;
- skład gatunkowy biocenozy jest ograniczony do gatunków o dużej tolerancji na zmiany warunków biotycznych.

Wyschnięcie odcinka koryta rzeki położonego poniżej zapory (na przykład dawnego koryta głównego), po poprowadzeniu wody do elektrowni nowym kanałem bocznym²³, stwarza kolejny problem. Ponieważ kanał boczny elektrowni zwykle uchodzi do koryta głównego w pewnej odległości od zapory, w pierwotnym korycie głównym pozostaje niewiele wody, a w skrajnych przypadkach dochodzi nawet do jego całkowitego wyschnięcia. W porównaniu do naturalnych odcinków rzeki, strefy przesuszone są znacząco zmienione i mogą stanowić szereg zagrożeń dla biocenozy, a mianowicie:

- poważnie ograniczony przepływ minimalizuje zmienność rozkładu prędkości sprawiając jednocześnie, że jedynie najgłębsze odcinki koryta prowadzą wody, powstają również niewielkie zbiorniki niepołączone z korytem głównym (tak zwany „efekt pułapki”). Gatunki rzeczne pozbawione są odpowiednich siedlisk;

- woda zmienionego odcinka rzeki (tj. naturalnego koryta) nagrzewa się w okresie letnim szybciej i intensywniej tak, że istnieje poważne zagrożenie całkowitego jego wyschnięcia, a w konsekwencji – wysuszenia organizmów wodnych;
- w okresie zimowym, na dnie płytkich zbiorników, może się wytworzyć lód denny stwarzający śmiertelne zagrożenie dla organizmów wodnych;
- brak wyraźnego prądu wody może zaburzyć także pozostałe czynniki fizyczno-chemiczne, powodując dalsze zmiany, jak na przykład zakwity wód lub zwiększone zapotrzebowanie na tlen.

Przy przepływach przekraczających maksymalną wydajność turbin przepływowych elektrowni wodnych (na przykład w okresie wezbrań), nadmiar wody skierowany gwałtownie do pierwotnego głównego koryta, przesuszonego z uwagi na brak odpowiedniego przepływu, może doprowadzić do splukania bytujących w nim organizmów wodnych. W celu ograniczenia wskazanych powyżej negatywnych oddziaływań zapór na odcinek koryta rzeki położony bezpośrednio poniżej piętrzenia, wprowadzono pojęcie przepływu minimalnego²⁴. W zależności od regionu, występują różnice w podejściu i metodach wyznaczania przepływu minimalnego, niemniej jednak nie będą one przedstawione w niniejszych opracowaniach.

²³ Derywacyjnym – *przyp. tłum.*

²⁴ Przepływu nienaruszalnego, biologicznego, ekologicznego – *przyp. tłum.*

3. Przepławki – wymagania ogólne

Drożność rzek, ze względu na uwarunkowania ekologiczne, jest kluczowym czynnikiem dla zaspokojenia różnorodnych potrzeb migracyjnych organizmów wodnych (rozdział 2.5). Jest to podstawowy wymóg stawiany wszystkim wodom będącym siedliskiem gatunków wędrownych. Łączenie koryta cieków ze starorzeczami, zastoiskami i innymi biotopami wodnymi, takimi jak oczka wodne i zbiorniki powstałe w wyniku usunięcia gruntu (np. zalane wyrobiska po wydobyciu żwiru, zbiorniki powstałe po wydobyciu torfu, zatopione kamieniołomy) jest ekologicznie uzasadnioną praktyką przywracania drożności poprzecznej i podłużnej ekosystemom rzecznych. Drożność podłużna powinna być zachowana lub przywracana bez względu na wielkość

rzeki, zakres modyfikacji morfologicznej, jakość wody lub cele i interesy bieżących użytkowników. Wiele przykładów pokazuje, że stopień zanieczyszczenia i sposób wykorzystania zasobów wodnych może się zmienić w bardzo krótkim czasie, a interesy gospodarcze mogą zostać odsunięte na drugi plan. Przywrócenie ciągłości podłużnej cieków nabiera zatem znaczenia, nawet w przypadku odcinków rzek, które w chwili obecnej nie przedstawiają wysokich walorów ekologicznych i umożliwiają bytowanie jedynie ograniczonej grupie organizmów wodnych. W związku z tym, wypracowywanie koncepcji wspierających łączenie ze sobą ekosystemów rzecznych wnosi znaczący wkład w bardziej zrównoważone gospodarowanie rzekami. Jednakże, nawet pojedyncze środki łagodzące, mogą efektywnie wpisywać się w kompleksowe, ukierunkowane proekologicznie koncepcje przywracania podłużnej ciągłości rzek (Schwevers & Adam, 1991).



Ilustracja 3.1.

Nawet jeśli próg nie jest wysoki, tak jak na zdjęciu, stanowi on niemożliwą do pokonania barierę dla wędrówki małych ryb. Potok Lague w Gardelegen (Saksonia-Anhalt)



Ilustracja 3.2.

Przepusty prowadzące wodę, niezwiązane z dnem rzeki, stanowią przeszkodę niemożliwą do pokonania przez organizmy wodne. Młyn Pritzhagener w Stöbber (Brandenburgia)

Swobodna wędrówka organizmów wzdłuż całego ciek jest zazwyczaj utrudniona lub uniemożliwiona przez progi i stopnie (il. 3.1) oraz jazy lub zapory, które nie mogą być pokonane przez organizmy wodne. Poważną przeszkodą dla wędrujących organizmów są również przepusty (il. 3.2) lub odcinki rzeki przekształcone silnie w wybetonowane kanały, wybrukowane i/lub umocnione płytami betonowymi koryta.

Przed przystąpieniem do projektowania przepławki, warto rozważyć zasadność dalszego utrzymania budowli poprzecznych znajdujących się w korycie rzeki, ponieważ budowa przepławki jest zawsze drugorzędym pod względem skuteczności sposobem przywrócenia możliwości swobodnego przemieszczania się organizmów. Szczególnie na mniejszych rzekach znajduje się wiele jazów, stopni i progów, takich jak piętrzenia przy młynach i na rowach melioracyjnych, których użytkowanie zostało zarzucone, ale które nadal mogą blokować wędrówkę organizmów wodnych. Podczas przywracania ciągłości rzeki, usunięcie tego typu przeszkód powinno mieć pierwszeństwo przed budową przepławki. Wyjątkiem od tej reguły może być konflikt z innymi celami ekologicznymi, czego przykładem jest ochrona cennych pod względem przyrodniczym, mokradeł, wymagająca utrzymywania wysokiego poziomu wody w rzece lub konflikt z lokalnymi uwarunkowaniami społecznymi i kulturowymi.

Poniżej przedstawiono najważniejsze zagadnienia dotyczące podstawowych cech przepławki, takich jak optymalna lokalizacja i zasady projektowania – niezależne od typu urządzenia. Ogólne wymagania, które powinny zostać spełnione przez przepławkę, dotyczą uwarunkowań biologicznych oraz zachowań wędrujących organizmów, a zatem stanowią istotny element planowania

tego typu budowli. Należy jednak zaznaczyć, że współczesna wiedza o mechanizmach biologicznych, wpływających na przyczyny i przebieg wędrówek, jest w dalszym ciągu niepełna, stąd istnieje wielka potrzeba prowadzenia dalszych badań, które mogłyby posłużyć jako podstawa dla opracowania kryteriów budowy przepławek.

Ogólne standardy projektowania przepławek obejmują szereg aspektów, które muszą być uwzględnione przy planowaniu nowej budowli piętrzącej wodę, w ocenie istniejącej przepławki lub przy planowaniu nowej przepławki dostosowanej do już istniejącej budowli piętrzącej. Wymagania te powinny być traktowane priorytetowo w stosunku do uwarunkowań ekonomicznych. W zależności od okoliczności, może być konieczne wybudowanie kilku przepławek przy jednej zaporze tak, aby zapewnić satysfakcjonujące warunki wędrówki wszystkim gatunkom. W tym rozdziale nacisk zostanie położony na przedstawienie uniwersalnych zasad budowy przepławek, bez wnikania w detale poszczególnych przypadków, jako że każda zaporę ma swoje specyficzne uwarunkowania wynikające z jej konstrukcji i sposobu wkomponowania jej w rzekę.

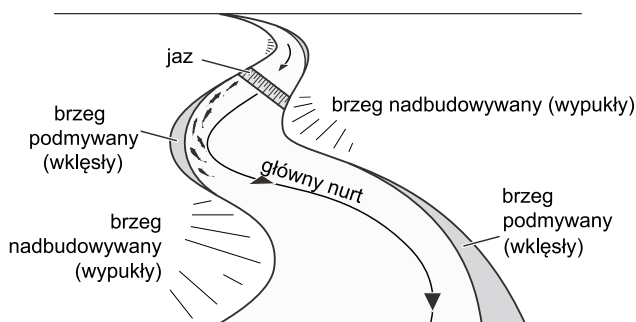
3.1. Optymalna lokalizacja przepławki

Podczas gdy w rzekach nieprzegrodzonych budowlami piętrzącymi, dla migracji organizmów wodnych dostępna jest cała szerokość koryta, przepławki zlokalizowane na jazach lub zaporach ograniczają migrujące organizmy zwykle do małej części przegrodzonego koryta. Przepławki są zazwyczaj stosunkowo małymi urządzeniami, stąd śmiało można je porównać do ucha igielnego, szczególnie w rzekach dużych (il. 3.3).



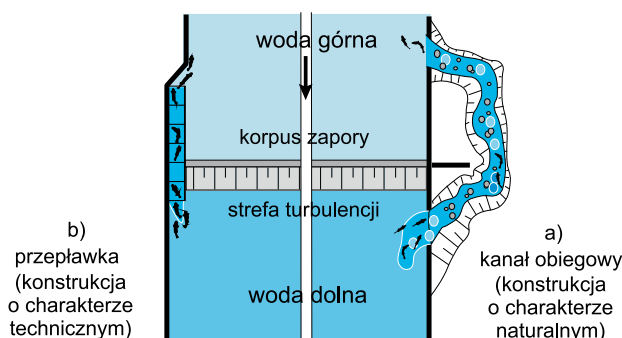
Ilustracja 3.3.

Zapora wodna Neef na rzece Mozeli (Nadrenia-Palatynat). Widok w planie: porównanie rozmiaru przepławki (zaznaczona strzałką) do rozmiaru całej budowli wodnej

**Ilustracja 3.4.**

Schemat przedstawiający przepływ wody w rzece z podmywanym brzegiem wklęsłym i nabudowywanym brzegiem wypukłym. Ryby płynące wzdłuż głównego nurtu powinny dotrzeć do budowli piętrzącej wzdłuż brzegu wklęsłego. Zatem przepławkę należy umiejscowić możliwie blisko miejsca, w którym ryby napotkają przeszkodę.

Źródło: Jens, 1982; zmienione.

**Ilustracja 3.5.**

a) optymalna lokalizacja kanału obiegowego dla ryb oraz b) optymalna lokalizacja przepławki technicznej: Ryby wędrujące w górę rzeki w głównym nurcie kierują się do strefy największych turbulencji w wodzie dolnej, tuż poniżej zapory lub do wypływu wody z turbiny. W bezpośrednim sąsiedztwie brzegu ryby szukają możliwości kontynuowania wędrówki w górę rzeki. Istotnym jest zapewnienie możliwości pokonania progów dennego niecki wypadowej.

Źródło: LARINIER, 1992d; zmienione.

W praktyce, wymiary projektowanych przepławk są poważnie ograniczone możliwościami technicznymi, hydraulicznymi i ekonomicznymi, szczególnie w przypadku obiektów zlokalizowanych na większych rzekach. Tym samym, właściwe usytuowanie przepławki przy przeszkodzie ma kluczowe znaczenie.

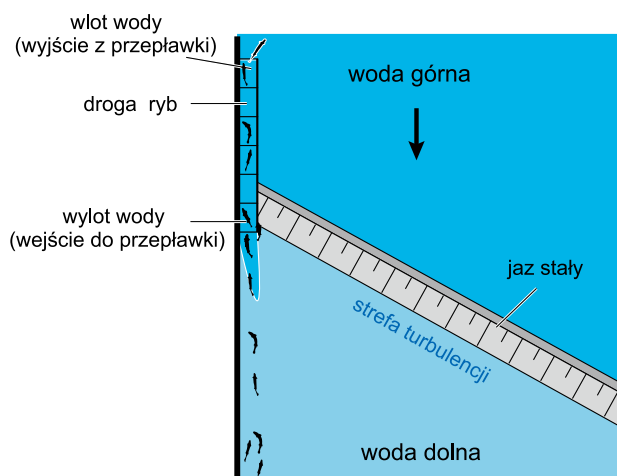
Ryby i bezkręgowce wodne przemieszczają się w górę rzeki zazwyczaj w głównym nurcie lub tuż na jego obrzeżach (il. 3.4 i 3.5). Żeby ułatwić migrującym organizmom odnalezienie wejścia do przepławki, należy je zaplanować przy brzegu, przy którym prąd wody jest najsilniejszy. Dodatkową korzyścią takiego umiejscowienia urządzenia jest możliwość łatwiejszego i lepszego połączenia jego dna z materiałem tworzącym dno rzeki lub brzeg.

W przypadku elektrowni wodnych, najlepszym rozwiązaniem dla lokalizacji przepławki jest umiejscowienie jej po tej samej stronie rzeki, co hydroelektrownia. Wylot wody z przepławki (wejście od strony dolnej wody) powinien znajdować się możliwie najbliżej wylotu wody z turbin. Umieszczenie wylotu w takim miejscu ogranicza możliwość powstawania tak zwanej strefy martwej pomiędzy przeszkodą a przepławką. Jest to o tyle istotne, że ryby przemieszczające się w górę cieku mogą łatwo minąć wejście do przepławki i pozostać „uwięzione” w strefie martwej. Przepławka sięgająca zbyt daleko w wodę dolną²⁵, znacząco ogranicza rybam możliwość znalezienia wejścia do przepławki – jest to

częsty błąd popełniany przy projektowaniu przepławk, powodujący ich nieprawidłowe funkcjonowanie²⁶.

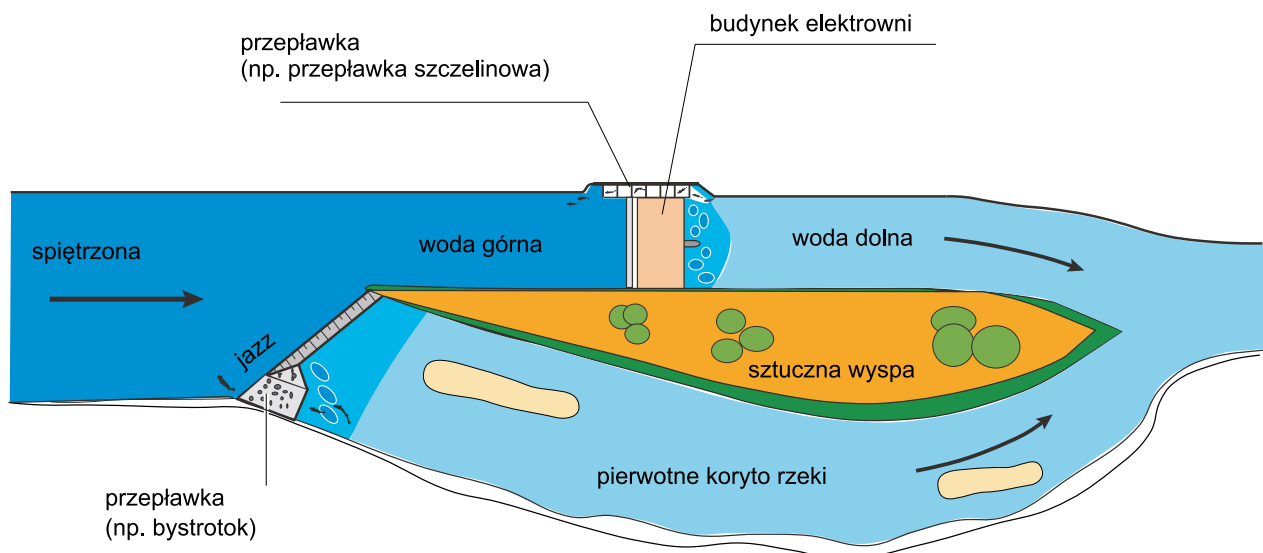
W miejscach, gdzie zapora lub jaz posadowione są ukośnie w stosunku do koryta rzeki i zajmują całą jego szerokość, ryby migrujące w górę rzeki gromadzą się zazwyczaj przy kącie ostrym między brzegiem a przeszkodą (il. 3.6). Przepławka powinna być zatem zaplanowana właśnie tam.

²⁶ W takiej sytuacji brak jest tzw. prądu wabiącego ryby do przepławki, o czym będzie mowa dalej – *przyp. tłum.*

**Ilustracja 3.6.** Ryby przemieszczające się w górę rzeki gromadzą się przy kącie ostrym między przeszkodą a brzegiem. Jest to najodpowiedniejsze miejsce dla budowy przepławki.

Źródło: Larinier, 1992d.

²⁵ Inaczej, nadmiernie oddalona od budowli piętrzącej wodę – *przyp. tłum.*



Ilustracja 3.7. Zapewnienie ciągłości podłużnej rzek przy elektrowni wodnej poprzez budowę dwóch przepławk, np. w bezpośrednim sąsiedztwie elektrowni oraz drugiej, przy jazie.

W przypadku elektrowni wodnych pracujących w oparciu o kanał derywacyjny, istnieją dwie możliwości umiejscowienia przepławk. Pierwsza zakłada lokalizację urządzenia przy budynku elektrowni (na kanale derywacyjnym), zapewniając połączenie między wodą górną a dolną. Druga możliwość to budowa przepławk przy jazie, odtwarzająca w ten sposób połączenie między wodą górną a dawnym naturalnym korytem rzeki. Zwykle przepławkę buduje się tylko w jednej ze wspomnianych lokalizacji. Jako że ryby zwykle kierują się ku silniejszemu prądowi wody, chętniej wpływają do kanału z wylotami turbin, gdzie prąd jest najsilniejszy. Mniej chętnie kierują się natomiast do starego głównego koryta rzeki, przez które przepływ wody jest zwykle mniejszy. W takich przypadkach konieczne jest zbudowanie przepławk na kanale elektrowni, łączącej wodę dolną z wodą górną. Niemniej jednak, kiedy przepływ wody przez turbiny osiągnie maksimum, nadmiar wody jest kierowany przez jaz do starego koryta. Tak więc zaleca się instalowanie przepławk również przy jazie. Woda z tej drugiej przepławk może być wykorzystana także dla zapewnienia minimalnego przepływu biologicznego w starym korycie, tak aby zapewnić w nim minimalny ruch wody, pod warunkiem jednak, że przepływ jest wystarczająco duży. Z punktu widzenia wymogów ekologicznych, zaleca się zatem w takich przypadkach budowę dwóch przepławk: jedną przy hydroelektrowni i jedną przy jazie (il. 3.7).

3.2. Wejście do przepławk i prąd wabiący

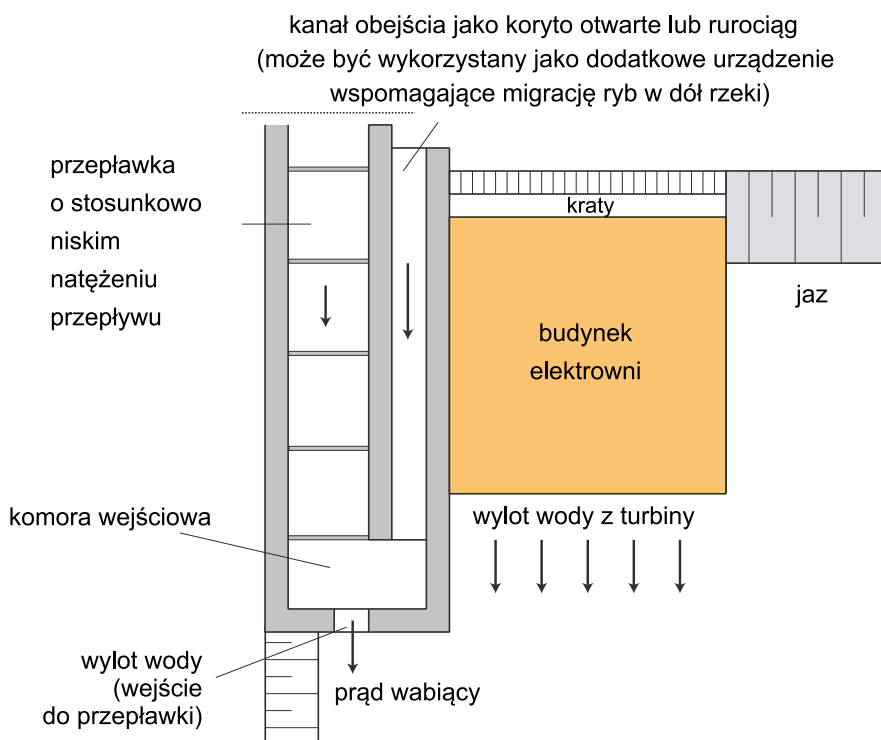
Odczuwanie prądu wody ma kluczowe znaczenie dla orientowania się organizmów wodnych w rzece. Ryby, których dorosłe osobniki wędrują w górę rzeki, kierują się zazwyczaj głównym nurtem rzeki (jest to tzw. reo-

taksja pozytywna). Nie muszą one przemieszczać się w strefach rzeki o maksymalnej prędkości przepływu, ale w zależności od możliwości pływackich, na obrzeżach cieku. Jeśli na trasie wędrówki pojawia się przeszkoda, ryby szukają możliwości jej ominięcia, próbując znaleźć przejście przy jednym z jej boków. W ten sposób, wykazując nadal reotaksję pozytywną, wyczuwając prąd wody wypływający z przepławk, są kierowane do urządzenia.

Właściwości strumienia wody przepływającego przez piętrzenie (prędkość i stopień turbulencji) oddziałują na prąd wabiący kształtujący się przy wejściu do przepławk. Na prąd wabiący wpływa także kąt i prędkość strumienia, a także stosunek przepływu w rzece do ilości wody przepływającej przez przepławkę. Prąd wabiący musi być wyczuwalny, szczególnie w strefach wody preferowanych przez gatunki, dla których projektuje się przepławkę lub dla gatunków, które instynktownie podążają tam, gdzie prąd wody jest najsilniejszy – niezależnie od charakterystyki przepływającej wody. Aby wytworzyć prąd wabiący, prędkość wody wypływającej z przepławk powinna mieścić się w przedziale 0,8-2,0 m/s (SNiP, 1987).

W szczególnych przypadkach, w miejscach, gdzie poziom wody dolnej jest zmienny, dla wzmocnienia prądu wabiącego można zastosować dodatkowy kanał obiegowy kierujący wodę ze zbiornika wprost do wejścia do przepławk. Korzystanie z dodatkowego kanału obiegowego²⁷ pozwala na uniknięcie negatywnych skutków zwiększonego przepływu w przepławce, który jest *de facto* niezbędny jedynie przy wejściu do urządzenia. Dodatkowy kanał obiegowy może mieć postać

²⁷ Inaczej: korzystanie z przepływu dodatkowego (uzupełniającego) – *przyp. tłum.*

**Ilustracja 3.8.**

Dodatkowy strumień wody, zwiększający prąd wabiący wypływający z przepławki, kierowany jest przez kanał obiegowy dla ryb do komory wejściowej położonej poniżej pierwszej komory urządzenia

rurociągu, jednakże lepszym rozwiązaniem jest koryto otwarte. Prędkość przepływu wody w dodatkowym kanale obiegowym nie może w żadnym wypadku utrudniać rybnom wplynięcia do przepławki. Poza wyjątkowymi przypadkami, prędkość przepływu nie powinna przekraczać 2 m/s. Wyposażenie wejścia do przepławki w powiększoną komorę wejściową, opisano w Rosyjskich Wytocznych Budowy Przepławek²⁸. Komory takie, zasilane wodą zarówno z przepławki, jak i z dodatkowego kanału obiegowego, są obecnie coraz częściej stosowane, na przykład we Francji i Stanach Zjednoczonych. Woda wypływająca z przepławki i z dodatkowego kanału obiegowego miesza się w komorze wejściowej i wypływając do rzeki, tworzy prąd wabiący (il. 3.8). W tym przypadku, prędkość wypływającej wody (na przykład przy wejściu do przepławki) nie może przekraczać 2 m/s, nawet przy niskich stanach wody w rzece.

Istnieją przypuszczenia, że zwiększony dopływ tlenu atmosferycznego do wody lub plusk wody w przepławce wywołują „efekt nęcenia” dodatkowo wabiący ryby do przepławki, co można by wykorzystać przy optymalizacji konstrukcji tych urządzeń. Niestety, przypuszczenia te nie zostały dotąd potwierdzone. W niniejszym podręczniku nie są omawiane urządzenia wykorzystywane do naprowadzania ryb w określonym kierunku, takie jak zapory behawioralne czy mechaniczne urządzenia naprowadzające, z uwagi na to, że brak jest jeszcze rzetelnych danych odnośnie do efektywności tych rozwiązań. Przedstawione poniżej zalecenia oparte są na wynikach badań laboratoryjnych,

dotyczących efektów wprowadzenia do rzeki strumienia wody zorientowanego w poprzek jej koryta, oraz na obserwacjach zachowania ryb w dobrze funkcjonujących przepławkach. Teoretyczne podstawy obliczeń stosowanych do określenia charakterystyk prądu wabiącego, zawarte są w opracowaniach Rosyjskich Wytocznych Budowy Przepławek²⁹ oraz w Kraatz (1989).

Wejście do przepławki powinno być zlokalizowane w miejscu gromadzenia się ryb podczas ich wędrówki w górę rzeki. Strefa ta determinowana jest przez charakterystyki prądu wody poniżej budowli piętrzącej oraz szczegóły konstrukcji elektrowni wodnej. W wielu przypadkach strefa gromadzenia się ryb znajduje się bezpośrednio poniżej jazu lub zapory, przy podstawie budowli piętrzącej lub przy wylocie wody z turbiny. Prąd wabiący musi być zatem ukierunkowany od wejścia do przepławki ku wspomnianej strefie gromadzenia się ryb w taki sposób, by ryby, kierując się pod prąd, były wabione do wejścia do przepławki.

Jeżeli jest to możliwe, wejście do przepławki powinno być usytuowane przy brzegu, równoległe do kierunku głównego nurtu, tak aby ryby mogły wplynąć do przepławki bez znaczącej zmiany kierunku. Jeżeli wejście do przepławki zlokalizowane jest zbyt daleko od przeszkody, ryby będą miały trudności z jego odnalezieniem.

Im dalej poniżej zapory wypływa do rzeki strumień wody wabiącej z przepławki, tym istotniejsze jest, by prąd ten był wyraźnie wyczuwalny dla ryb podążających w górę rzeki. Odpowiedni prąd wabiący może być uzyskany w wyniku zwiększenia prędkości wody w wej-

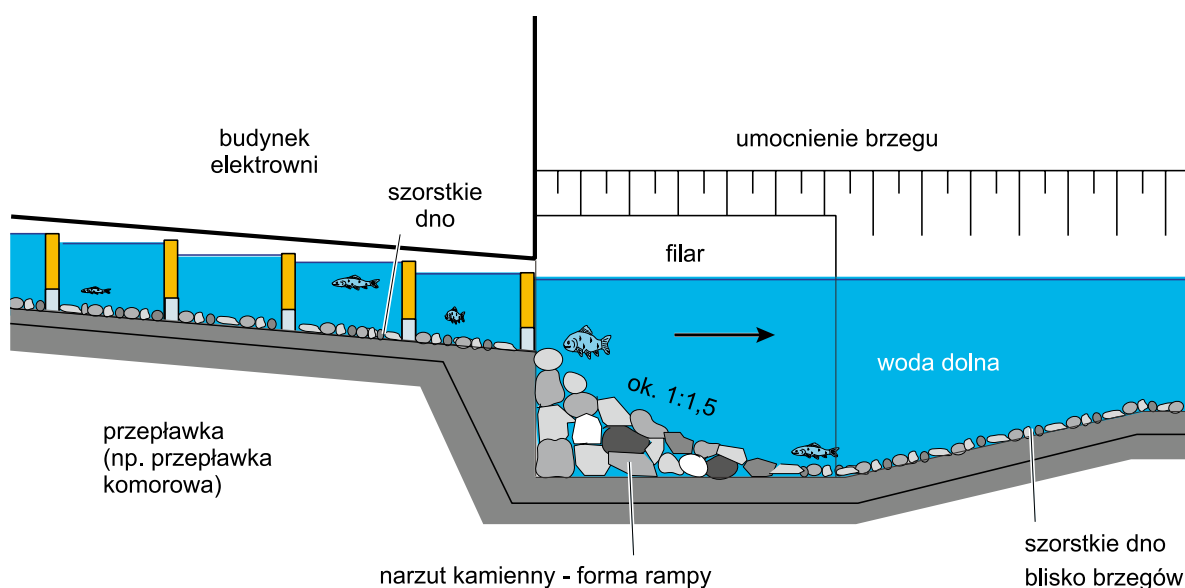
²⁸ Russian Standard Work on fish passes, SNIIP, 1987 – przyp. tłum.

²⁹ Russian Standard Work, SNIIP 1987– przyp. tłum.

ściu do przepławki lub poprzez zwiększenie przepływu wody w samej przepławce, albo też poprzez dostarczenie wody kanałem obejścia. Eksperymenty wykazały, że najbardziej efektywny w kierowaniu ryb ku przepławce jest prąd wabiący, wyphywający z przepławki pod kątem do 45° pod warunkiem, że ilość wody przepływająca przez urządzenie jest wystarczająca dla zapewnienia odpowiedniego przepływu przy jednoczesnym zachowaniu odpowiednich prędkości wody. Zwiększenie kąta wylotu wody z przepławki wpływa na zwiększenie zasięgu strefy wabienia w poprzek koryta, jednakże jednocześnie prąd wabiący przestaje płynąć wzdłuż brzegu rzeki, co powoduje, że ryby migrujące przy brzegu zauważą prąd wabiący dopiero, gdy będą znajdować się dokładnie przy wejściu do przepławki.

przeszkodę. Galeria zbierająca zlokalizowana jest tuż ponad wylotem wody z turbin i rozciąga się wzdłuż całej długości przeszkody. Składa się ona z szeregu sąsiadujących ze sobą wejść, z których wyphywa prąd wabiący. Ryby, które wptyną do galerii zbierającej, są kierowane do właściwej przepławki, również posiadającej swoje oddzielne, bezpośrednie wejście (il. 3.10 i 3.11). Należy zaznaczyć, że ten typ obiektu (galeria) nie sprawdza się w przypadku ryb żyjących przy dnie.

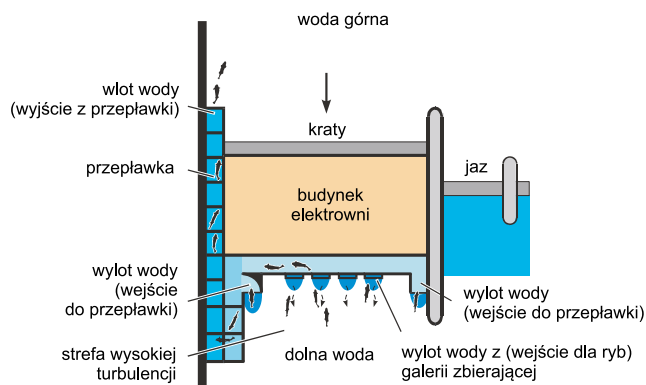
Ponieważ ryby aktywne w dzień unikają wptywania do ciemnych kanałów, przepławka powinna być oświetlona światłem dziennym. Jeśli to niemożliwe, przepławkę należy oświetlić światłem sztucznym, jak najbardziej zbliżonym do światła dziennego.



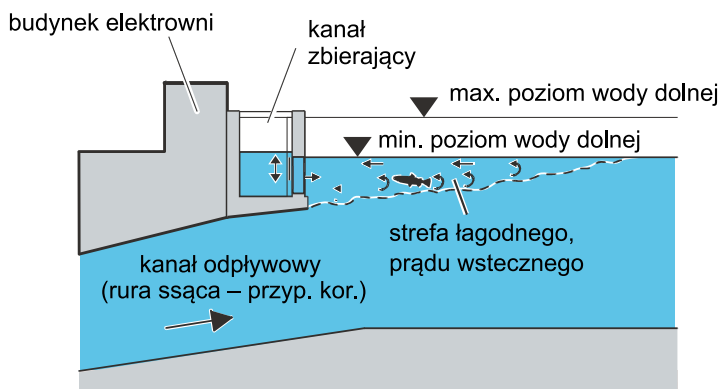
Ilustracja 3.9. Podwodny narzut kamienny łączący wejście do przepławki z dnem rzeki

Zasadniczym problemem przy projektowaniu przepławek jest zaplanowanie wejścia do urządzenia w sposób zapewniający wptynięcie do niego rybom, również przy niskich stanach wód. Wptynięcie do przepławki można ułatwić nawet rybom żyjącym przy dnie i makrozoobentosowi, poprzez połączenie dna przepławki z naturalnym dnem rzeki. Można to uzyskać za pomocą rampy dennej o nachyleniu 1:2 (il. 3.9). Niektóre istniejące już przepławki, mają wejście ukierunkowane na jaz, a zatem pod kątem 180° w stosunku do nurtu rzeki. W takim przypadku nie może się wytworzyć dostateczny prąd wabiący, umożliwiający rybom odnalezienie wejścia do przepławki.

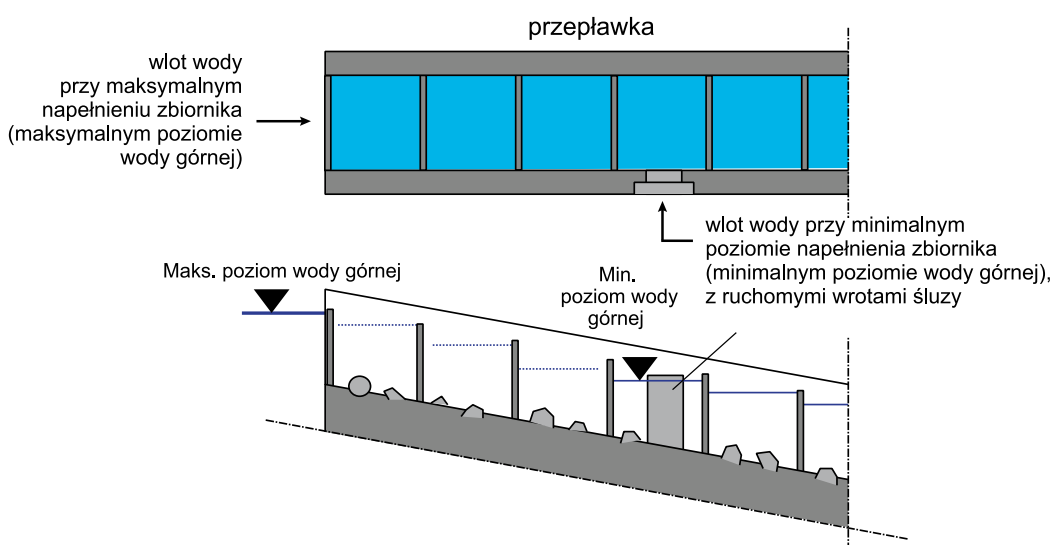
Jako specjalny typ wejścia do przepławki, w projekcie jednej z amerykańskiej elektrowni wodnej, zastosowana została galeria zbierająca (Clay, 1961). Inspiracją dla tego typu konstrukcji były obserwacje faktu wabienia przez strefę turbulencji, powstałą przy wylocie wody z turbin, wielu ryb próbujących przedostać się w górę rzeki, w efekcie czego wptywały one bezpośrednio na



Ilustracja 3.10. Schemat elektrowni wodnej z galerią zbierającą zbudowanej w Stanach Zjednoczonych
Źródło: Lariner, 1992d.



Ilustracja 3.11.
Przekrój poprzeczny galerii zbierającej
Źródło: Lariner, 1992d.



Ilustracja 3.12. Zaprojektowanie wielu wlotów wody do przepławki od strony zbiornika gwarantuje rybam możliwość opuszczenia przepławki nawet przy zmiennych (niskich) stanach wody górnej

3.3. Wyjście z przepławki i warunki wyjścia

W przypadku gdy przepławka zlokalizowana jest przy elektrowni wodnej, wlot wody do przepławki powinien być odsunięty w górę rzeki od jazu i wlotu do turbin na tyle, by uniemożliwić zniesienie i zassanie do turbin ryb wychodzących z urządzenia³⁰. Minimalna odległość między wyjściem z przepławki a wlotem do turbiny lub kratami, powinna wynosić 5 m. Jeżeli strumień wody powyżej piętrzenia ma prędkość większą niż 0,5 m/s, strefa wyjścia z przepławki musi być przedłużona ścianą działową.

Ogólnie mówiąc, jeśli poziom piętrzenia jest stały, zaprojektowanie wlotu wody (wyjścia z przepławki) nie powinno stwarzać trudności. Szczególną uwagę należy jednak zachować przy projektowaniu urządzenia, gdy poziom wody górnej zbiornika podlega wahaniom.

³⁰ Wlot wody do przepławki jest jednocześnie wyjściem z przepławki dla ryb wędrujących w górę rzeki – *przyp. tłum.*

W takim przypadku powinno się zastosować taki typ przepławki, którego funkcjonowanie jest jedynie w niewielkim stopniu zaburzone przez zmiany poziomu piętrzenia lub zaplanować dodatkowe zabezpieczenia w rejonie wlotu wody. W przypadku przepławk o charakterze technicznym, jeśli maksymalne zmiany poziomu wody wynoszą od 0,5 do 1 m, skutecznym środkiem może być pionowa szczelina. W przypadku, gdy zmiany poziomu wody zmieniają się w większym zakresie, zaleca się budowę kilku wlotów wody na różnych poziomach. Dzięki temu przepławka będzie spełniać swoją funkcję, nawet przy dużych różnicach poziomu wody (il. 3.12).

Dla prawidłowego funkcjonowania niektórych typów przepławk, konieczne może okazać się mechaniczne kontrolowanie przepływu. Czasami wystarczy zwykła ruchoma osłona zamontowana przy wyjściu z przepławki (na wlocie wody), obsługiwana ręcznie lub automatycznie. Kiedy poziom wody podlega znacznym

wahaniom, może okazać się niezbędne zastosowanie bardziej złożonych urządzeń, jak na przykład systemu przegród. Niestety, takie urządzenia są podatne na uszkodzenia lub, przy niewłaściwej obsłudze, mogą zmniejszyć skuteczność działania przepławki.

Aby ryby łatwo mogły opuścić przepławkę, przy wyjściu z urządzenia nie powinny występować silne turbulencje i duże prędkości przepływu, przekraczające 2 m/s. Powiązanie wyjścia z przepławki z materiałem tworzącym dno lub brzegi rzeki, na przykład poprzez rampę denną, ułatwi makrobentosowi przejście z przepławki do zbiornika.

Wlot wody do przepławki powinien być chroniony przed nanoszonymi przez rzekę śmieciami³¹ – poprzez zamocowanie przy wlocie pływającej belki.

Wskazane jest również zapewnienie możliwości zainstalowania przy wyjściu z przepławki urządzeń kontrolnych (na przykład pułapek do połowu ryb) tak, by można było weryfikować efektywność urządzenia. Mogą to być na przykład mocowania pułapek wraz z urządzeniem do ich podnoszenia. Powinna istnieć także możliwość zamknięcia dopływu wody do przepławki, na przykład dla potrzeb kontroli stanu i utrzymania (konserwacji) urządzenia.

3.4. Przepływ i prąd wody w przepławce

Przepływ niezbędny dla utrzymania optymalnych dla ryb warunków hydrodynamicznych w przepławce zwykle jest mniejszy niż wymagany dla stworzenia prądu wabiącego, jednakże, aby zapewnić niezaburzone pokonanie przeszkody migrującym organizmom, do przepławki należy skierować jak największą ilość wody, w szczególności w okresie niżówek. Działanie to głównie zalecane jest dla budowli piętrzących, niewykorzystywanych do produkcji energii elektrycznej. W przypadku, gdy możliwe jest wykorzystanie większego przepływu wody niż wymagane dla prawidłowego funkcjonowania hydraulicznego istniejącej lub planowanej przepławki, zaleca się rozważenie alternatywnych typów obiektów, na przykład rampy kamiennej, która powinna być tak szeroka jak to tylko możliwe. W niektórych przypadkach konieczne może być wyposażenie wyjścia z przepławki w urządzenie ograniczające przepływ wody (np. podczas wezbrań), aby zapewnić efektywne działanie przepławki. Należy unikać wprowadzania do przepławki wody nie pochodzącej z rzeki, w której umiejscowione jest urządzenie, takich jak wody z przrzutów lub ścieki oczyszczone. Mieszanie wód o różnych właściwościach fizykochemicznych obniża zdolność kierowania się wędrujących ryb za pomocą zmysłu węchu, a w konsekwencji – zmniejsza ich instynktowną potrzebę kontynuowania wędrówki.

³¹ Nanoszone przez wodę śmieci (pochodzenia naturalnego i antropogenicznego) mogą pogorszyć lub zablokować pracę przepławki – *przyj. tłum.*

Turbulencje przepływającej przez przepławkę wody powinny być jak najmniejsze, tak aby organizmy wodne mogły pokonać przeszkodę niezależnie od ich możliwości pływackich. Larinier (1992b) zaleca, aby dyssypacja objętościowa energii³² w każdej komorze przepławki komorowej nie przekraczała wartości 150 do 200 W/m³ (w przeliczeniu na 1 m³ objętości komory).

Zasadniczo, prędkość strumienia wody w przepławce nie powinna przekraczać 2 m/s w jej najwęższych miejscach, takich jak szczeliny i przesmyki. To ograniczenie prędkości przepływu powinno być zapewnione przez odpowiednie zaprojektowanie obiektu. Średnia prędkość przepływu w przepławce musi być jednak znacznie mniejsza niż wspomniane 2 m/s. Przepławka powinna zawierać struktury umożliwiające stworzenie odpowiednich stref odpoczynku, umożliwiających pokonanie przeszkody i wędrówkę w górę rzeki rybom o mniejszych zdolnościach pływackich. Ponadto, jeśli dno przepławki charakteryzuje się dużą szorstkością, wtedy w warstwie wody tuż ponad nim, prędkość przepływu jest mniejsza. Zasadą jest również, że przepływ wody w przepławkach powinien być laminarny, natomiast ruch burzliwy (turbulentny) dopuszczalny jest tylko w specyficznych miejscach np. tam, gdzie woda przepływa ponad ryglami z głazów.

3.5. Długość, spadek, komory odpoczynku

Zalecenie dotyczące właściwych wymiarów przepławki obejmują takie informacje jak: spadek, szerokość, długość, głębokość wody, a także wymiary przesmyków i komór odpoczynku. Zalecenia te zależą głównie od konkretnego typu planowanej przepławki, jak również od wielkości przepływu wody możliwego do wykorzystania w przepławce. Niniejsze opracowanie zawiera wskazówki dotyczące konkretnych typów przepławk możliwych do zastosowania jako najefektywniejsze w danych okolicznościach. Szczegółowe wytyczne dla poszczególnych typów przepławk dostępne są w kolejnych rozdziałach tego podręcznika. Należy podkreślić, że wymagania i wskazówki zamieszczone w podręczniku przedstawiają niezbędne minimum.

Istotnym czynnikiem warunkującym wymiary przepławki jest długość ciała największych ryb z gatunków występujących w danej rzece lub z gatunków, których występowania możemy się w tej rzece spodziewać (zgodnie z koncepcją potencjalnych gatunków ryb spodziewanych w naturalnym ekosystemie). Szacując rozmiar tych osobników należy także uwzględnić fakt, iż ryby mogą rosnąć w ciągu całego życia. Średnia długość ciała ryb przedstawiona została w tabeli 3.1; rozmiary maksymalne ryb, takich na przykład jak jesiotra zachodniego, którego długość może osiągać 6 m, nie zostały uwzględnione.

³² Dyssypacja objętościowa energii: rozpraszanie energii w komorach przepławki zgodne z II zasadą termodynamiki – *przyj. tłum.*

Tabela 3.1. Średnia długość ciała dorosłych osobników, wybranych większych gatunków ryb

Gatunek	Nazwa łacińska	Długość ciała [m]
Jesiotr zachodni	<i>Acipenser sturio</i>	3,0 ²
Sum europejski	<i>Silurus glanis</i>	2,0
Szczupak	<i>Esox lucius</i>	1,2
Łosoś	<i>Salmo salar</i>	1,2
Głowacica	<i>Hucho hucho</i>	1,2
Minóg morski	<i>Petromyzon marinus</i>	0,8
Troć wędrowna	<i>Salmo trutta m. trutta</i>	0,8
Aloza	<i>Alosa alosa</i>	0,8
Brzana	<i>Barbus barbus</i>	0,8
Troć jeziorowa	<i>Salmo trutta m. lacustris</i>	0,8
Leszcz	<i>Abramis brama</i>	0,7
Jaź	<i>Leuciscus idus</i>	0,7
Karp	<i>Cyprinus carpio</i>	0,7
Kleń	<i>Leuciscus cephalus</i>	0,6
Lipień	<i>Thymallus thymallus</i>	0,5
Parposz	<i>Alosa fallax</i>	0,4
Minóg rzeczny	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,4
Pstrąg potokowy	<i>Salmo trutta m. fario</i>	0,4

Obok średniej długości ciała największych gatunków ryb spodziewanych w rzece, przy planowaniu geometrii przepławek należy wziąć pod uwagę możliwe zmiany poziomu wody (patrz: rozdziały 4 i 5). Różnica poziomu wody wynosząca zaledwie $\Delta h = 0,2$ m generuje maksymalną prędkość przepływu 2 m/s (il. 5.4), np. na zwężeniach i w przegrodach. Stąd zaleca się zachować różnicę poziomu wody pomiędzy komorami mniejszą niż 0,2 m. Gwarantuje ona zachowanie, w warstwie wody tuż ponad dnem o dużej szorstkości, prędkości przepływu pozwalające pokonać przeszkodę nawet rybom o mniejszej sprawności pływania. Należy unikać wodospadów i uskoków, gdzie powstawałyby napowietrzone³³ strumienie wody.

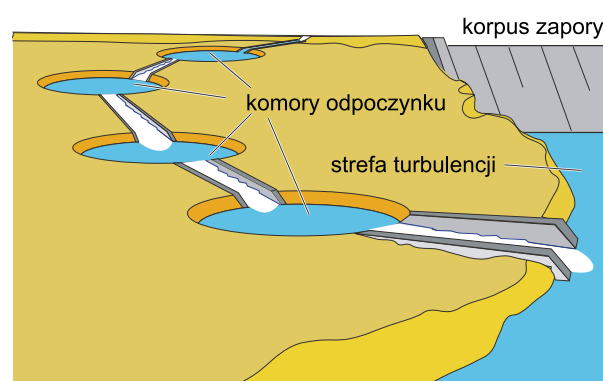
Dla obiektów o bardziej technicznym charakterze, maksymalny dopuszczalny spadek dna powinien zawierać się w przedziale 1:5 do 1:10, w zależności od wybranych założeń technicznych. W przepławkach naturopodobnych natomiast spadek ten nie powinien przekraczać 1:15, podobnie jak spadek w naturalnych bystrzach (patrz: rozdział 4). Dopuszczalnym jest, żeby spadek dna w przepławce naturopodobnej nie odpowiadał naturalnemu spadkowi rzeki w danym miejscu.

Ustalając długość przepławki powinno się uwzględnić możliwości pływackie potencjalnie występujących w danej rzece gatunków ryb, we wszystkich stadiach rozwojowych. W niniejszym opracowaniu nie przedstawiono jednak informacji dotyczących tych prędkości ze

względu na różnice w oszacowanych wartościach stwierdzone w dostępnych materiałach (Jens, 1982; Stahlberg & Peckmann, 1986; Pavlov, 1989; Geitner & Drewes, 1990). W każdym przypadku założenia projektowe parametrów przepławki należy dostosować do wymagań najsłabszego gatunku i stadium rozwojowego.

Konstrukcja przepławki powinna przewidywać strefy lub komory odpoczynku, w których ryby mogą przerwać migrację i odpocząć. W niektórych typach przepławek, takich jak przepławki komorowe i szczelinowe, strefy odpoczynku są nieodłącznym elementem konstrukcyjnym urządzenia. W pozostałych typach przepławek, takich jak rampy kamienne, takie strefy można łatwo zaaranżować. W przepławkach, których typowa konstrukcja nie przewiduje miejsc o zmniejszonej prędkości przepływu, pomiędzy kolejnymi odcinkami przepławki powinno się zaplanować komory odpoczynku, gdzie turbulencje wody są minimalne (il. 3.13). Rozmiary komór odpoczynku powinny być tak ustalone, aby dyssypacja objętościowa nie przekraczała 50 W/m³ w przeliczeniu na objętość komory. Aktualne dane dotyczące maksymalnych długości przepławek nie są ogólnie dostępne. Zaprojektowanie komór odpoczynku zaleca się dla typów przepławek, w których nie przewidziano stref odpoczynku i których długość uniemożliwia sprawne pokonanie ich przez ryby „za jednym podejściem”. Lokalizację komór odpoczynku zaleca się w takich miejscach, by różnica poziomów zwierciadła wody pomiędzy nimi nie przekraczała 2 m.

W przepławkach typu Denila, komory odpoczynku należy zaplanować co 10 m – dla ryb łososiowatych, i 6-8 m dla – ryb karpiowatych.



Ilustracja 3.13. Przepławka o charakterze technicznym z komorami odpoczynku, omijająca przeszkodę; łukowy układ w planie

Źródło: Tent, 1987, zmienione.

³³ Napowietrzone, czyli oderwane od podłoża strumienie wody – przyp. tłum.

3.6. Konstrukcja dna przepławki

Dno przepławki, na całej długości urządzenia, powinno być pokryte co najmniej 20 cm warstwą gruboziarnistego substratu (il. 3.14). Sytuacją idealną jest, jeśli substrat pokrywający dno przepławki jest typowy dla danego odcinka rzeki. Z punktu widzenia hydrauliki konstrukcji, gruboziarnisty materiał jest konieczny do uzyskania dna odpornego na erozję. Niemniej jednak, wykorzystany materiał powinien być jak najbardziej zbliżony do naturalnego. Wskazane jest również stworzenie zbliżonego do naturalnego układu mozaiki grubszego i drobniejszego materiału. Mniejsze ryby i narybek, a przede wszystkim bezkręgowce (zoobentos) mogą schronić się w szczelinach i miejscach osłoniętych, gdzie prąd wody jest słabszy oraz, wykorzystując takie schronienia, niemal całkowicie osłonięte od siły prądu wody, pokonać przeszkodę. Zapewnienie szorstkiego, gruboziarnistego materiału dna w przepławkach naturopodobnych sprawia zazwyczaj kilka trudności.

Szorstkie dno musi rozciągać się powyżej wyjścia z przepławki, a także w szczelinach i przesmykach. W niektórych przepławkach o bardziej technicznym charakterze, takich jak na przykład przepławki typu Denila, wykorzystanie gruboziarnistego podłoża jest niemożliwe. Oznacza to, że zoobentos nie może pokonać przepławki, zatem nie spełnia ona jednego z kluczowych wymagań ekologicznych.



Ilustracja 3.14. Gruboziarnisty materiał żwirowy o różnej granulacji, pokrywający dno przepławki szczelinowej. Jaz Lower Puhlstrom (Unterspreewald/Brandenburgia)

3.7. Okres funkcjonowania

Migracje rodzimych gatunków ryb odbywają się w różnych porach roku. Podczas gdy większość gatunków z rodziny karpiowatych (*Cyprinidae*) podejmuje wędrówki głównie w okresie wiosennym, migracje tarłowe gatunków łososiowatych (*Salmonidae*) obserwuje się przede wszystkim jesienią i zimą. Wędrówki zoobentosu odbywają się natomiast prawdopodobnie podczas całego okresu wegetacyjnego. Również pora dnia, w której dokonywane są wędrówki, jest różna dla różnych grup organizmów. Liczne bezkręgowce zamieszkujące strefę bentosu są aktywne przede wszystkim o zmierzchu i nocą, podczas gdy maksimum aktywności ryb jest znacznie zróżnicowane i może zmieniać się w ciągu roku (Müller, 1968). Ze względu na zróżnicowanie okresów migracji, przepławki muszą funkcjonować prawidłowo w okresie całego roku. Ograniczenie czasu działania obiektów może być akceptowane tylko w okresie ekstremalnie niskich lub ekstremalnie wysokich stanów wody (tj. w okresie 30 dni o najniższym i 30 dni o najwyższym przepływie w ciągu roku), ponieważ podczas ekstremalnych stanów wód aktywność ryb i potrzeba przemieszczania się zazwyczaj znacząco maleje.

Kolejnym argumentem przemawiającym za koniecznością utrzymania ciągłej, 24-godzinnej sprawności przepławek, jest przemieszczanie się bezkręgowców. Po wejściu do przepławki mniej sprawne (mniej mobilne) organizmy byłyby pozbawione możliwości opuszczenia przepławki. Wówczas, nawet krótkotrwałe odwodnienie przepławki, powodowałoby śmierć uwięzionych w niej organizmów.

3.8. Utrzymanie

Potrzebę prowadzenia regularnych zabiegów konserwacyjnych należy uwzględnić już na etapie projektowania przepławki. Zły stan techniczny jest bowiem najczęstszą przyczyną niedostatecznej sprawności przepławek. Dzięki właściwej eksploatacji można ograniczyć najbardziej typowe usterki, na przykład: zatory w rejonie wyjścia z przepławki (np. przy konstrukcji wlotowej) oraz przesmyków, uszkodzenia struktury przepławki lub wadliwe działanie urządzeń sterujących przepływem. Aby zatem umożliwić przeprowadzenie remontów i konserwacji urządzeń, konieczne jest zagwarantowanie nieograniczonego i bezpiecznego dostępu do przepławki. Przepławki naturopodobne, takie jak rampy kamienne, są łatwiejsze w utrzymaniu niż złożone obiekty techniczne, ponieważ rzadko zdarza się, by strefa wlotu wody lub rygle z głazów były całkowicie zatkane przez przedmioty unoszące się na powierzchni wody. Nie zdarza się więc, że przepławki tego typu przestają niespodziewanie funkcjonować. Skomplikowane pod względem technicznym urządzenia wymagają częstszych przeglądów i zabiegów konserwacyjnych. Plan przeprowadzania prac konserwacyjnych może być opracowany lub zweryfikowany na podstawie doświadczeń zdobytych podczas funkcjo-

nowania przepławki, w zależności od typu i częstotliwości powstawania usterek. Stan techniczny obiektów należy bezwzględnie sprawdzić po każdym wezbraniu.

3.9. Sposoby unikania zakłóceń w funkcjonowaniu przepławek oraz ich ochrona

W celu zapewnienia ochrony i spokoju wędrującym rybom, właściwe władze powinny ustanowić strefy zamknięte dla połowów ryb powyżej i poniżej przepławki. Zakazy i ograniczenia tego typu mogłyby być wydawane przez organa administracji zarządzającej terenem, na którym znajduje się przepławka, na mocy przepisów regulujących kwestie związane z wędkarstwem i rybactwem. W bezpośrednim sąsiedztwie przepławek ograniczeniu powinno podlegać także rekreacyjne korzystanie z wód, jak na przykład pływanie i żeglarstwo. Również jedynie w wyjątkowych i dobrze uzasadnionych przypadkach, przepławki mogą być budowane w pobliżu śluz nawigacyjnych, slipów i torów wodnych. Dostęp do przepławek powinien być umożliwiony wyłącznie personelowi odpowiedzialnemu za ich utrzymanie i kontrolę oraz osobom prowadzącym badania i obserwacje naukowe.

Okna oraz otwory służące do obserwacji migracji (na stacjach/stanowiskach monitoringowych) powinny zostać wyposażone w szyby przepuszczające światło tylko w jednym kierunku, a pokój obserwatorów powinien być zaciemniony.

Funkcjonowanie przepławki nie może być zakłócanie przez zmiany zachodzące w obrębie zapory lub zmiany poziomu wody w jej pobliżu, spowodowane na przykład przez pogłębianie koryta rzeki, podniesienie korpusu zapory lub przez wybudowanie elektrowni wodnej.

3.10. Wkomponowanie w krajobraz

Prawidłowe funkcjonowanie przepławek jest nadrzędnym warunkiem, jaki należy spełnić przy ich projektowaniu. Niemniej jednak, o ile to możliwe, należy dołożyć wszelkich starań, aby przepławka harmonijnie wkomponowywała się w otoczenie. Pod tym względem przepławki naturopodobne szczególnie dobrze łączą uwarunkowania techniczne i krajobrazowe oraz mogą pełnić rolę substytutu naturalnych siedlisk organizmów reofilnych.

Podczas budowy przepławek powinno się konsekwentnie wykorzystywać charakterystyczne dla warunków lokalnych materiały naturalne. Nie należy korzystać z konserwowanego chemicznie drewna. Tak dalece jak to tylko możliwe, należy zapewnić naturalny rozwój roślinności, która zagwarantuje osłonę wędrującym rybom oraz zacienienie przepławki, niemniej jednak, dla zainicjowania rozwoju roślinności, konieczne może okazać się przeprowadzenie nasadzeń, odpowiednio dobranej do lokalnych warunków, roślinności zielnej i krzewiastej.

4. Przeplawki naturopodobne

Progi i przeplawki o charakterze naturopodobnym obejmują takie obiekty jak rampy denne i pochylnie, imitujące w najlepszy możliwy sposób naturalne bystrza rzeczne lub strumienie o większym spadku (il. 4.2). Obiekty tego typu powinny być zbudowane z materiałów naturalnych, właściwych dla rzeki o charakterze naturalnym. Konstrukcje opisane poniżej zaprojektowano dla konkretnych lokalizacji, zatem nie można ich wykorzystywać w sposób uniwersalny. Niemniej jednak, spełniają one wymogi ekologiczne ekosystemu rzeki w bardziej satysfakcjonujący sposób niż obiekty o charakterze technicznym, opisane w rozdziale 5. Ponadto, budowla naturopodobna jest potencjalnie nowym siedliskiem w cieku i łatwiej wkomponowuje się w krajobraz. Dla potrzeb niniejszego opracowania, zidentyfikowano następujące kategorie przeplawek o charakterze naturopodobnym (il. 4.1):

- rampy denne i pochylnie denne,
- kanały obiegowe dla ryb (obejścia),
- rampy dla ryb przy stopniach.

Istnieją pewne podobieństwa w projektowaniu przeplawek o charakterze naturopodobnym, możliwe jest również projektowanie obiektów łączących w sobie cechy kilku kategorii. Na przykład pochylnie denne, rampy dla ryb przy stopniach wodnych i kanały obiegowe dla ryb

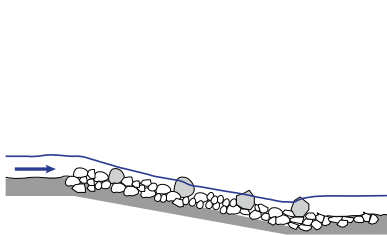
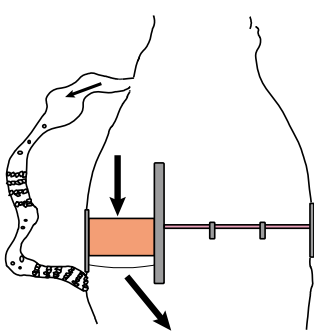
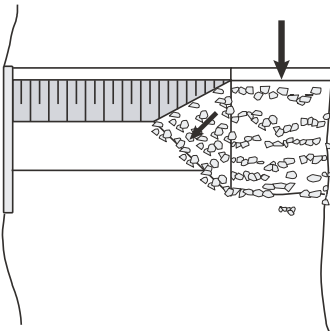
mogą być zbudowane w formie kaskady, przy użyciu kamiennych progów lub pojedynczych głazów zwiększających szorstkość dna. Obliczenia dotyczące hydrauliki obiektów o charakterze naturopodobnym będą przedstawione w podsumowaniu podrzdziału 4.4.

4.1. Rampy denne i pochylnie denne

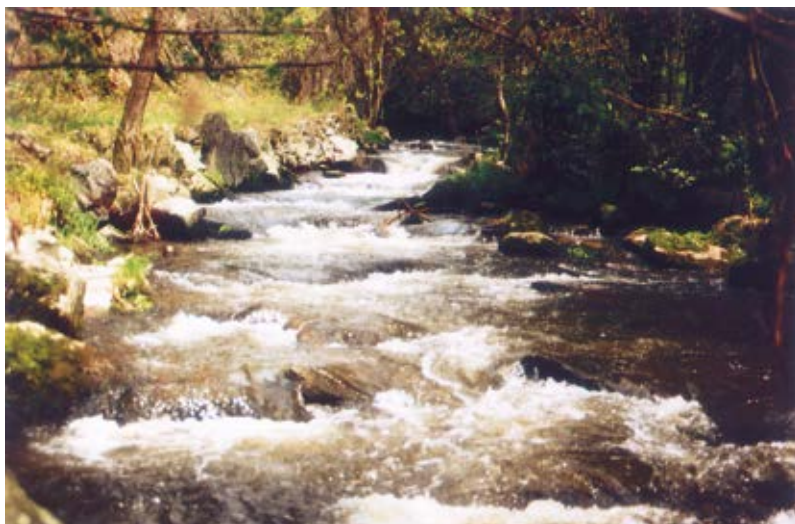
4.1.1. Zasada działania

Rampy denne i pochylnie denne to konstrukcje, które poprzez utrzymanie gradientu spadku hydraulicznego na możliwie najniższym poziomie, umożliwiają łagodne wyrównywanie różnicy poziomów zwierciadła wody w cieku na stosunkowo krótkim dystansie. Rampy denne i pochylnie denne pierwotnie budowano w celu stabilizowania dna rzek. W niniejszym podręczniku zostały one, wraz z typowymi przeplawkami, zaliczone do obiektów umożliwiających przywrócenie ciągłości rzeki. Łagodny spadek ich dna oraz zróżnicowana granulacja substratu dennego tworzą mozaikę różnorodnych siedlisk. Rampy denne i pochylnie denne znakomicie imitują warunki naturalnego odcinka rzeki o zróżnicowanej morfologii i gradiencie parametrów hydraulicznych (il. 4.2).

Dla zapewnienia ciągłości podłużnej rzek, często konieczna jest modernizacja konwencjonalnych progów wodnych. Gładkie, betonowe budowle hydrotechniczne i duże spadki wody uniemożliwiają rybam wędrówkę w górę biegu rzeki, zatem nie będą omawiane w niniejszym podręczniku.

		
<p>a) rampy denne i pochylnie denne</p> <p>Konstrukcja o szorstkiej powierzchni i możliwie małym spadku, rozciągająca się w całej szerokości koryta; umożliwia pokonanie różnicy poziomów dna cieku przed i za przeszkodą. Kategoria ta obejmuje także budowle stabilizacyjne (np. progi stabilizujące), jeśli korpus jazu ma niewielki spadek, zbliżony do spadku rampy lub pochylni i ma luźną konstrukcję.</p>	<p>b) kanały obiegowe dla ryb (obejścia)</p> <p>Przeplawka ukształtowana na wzór naturalnego strumienia, omijająca przeszkodę (zapórę). Konstrukcja zapory pozostaje niezmieniona, a jej funkcjonowanie niezakłócone. Kanał obiegowy może omijać całą strefę piętrzenia (cofki).</p>	<p>c) rampy dla ryb przy stopniach wodnych</p> <p>Budowla stanowiąca integralną część piętrzenia (jazu) i zajmująca jedynie część szerokości koryta, o możliwie łagodnym spadku – tak, aby zapewnić rybom możliwość pokonania go. W zależności od wartości spadku, konstrukcja taka zwana jest rampą lub pochylnią przy stopniu wodnym; zwykle uzupełnia się ją głazami lub kamiennymi progami (ryglami), w celu zmniejszenia prędkości przepływu.</p>

Ilustracja 4.1. Trzy typy przeplawek naturopodobnych



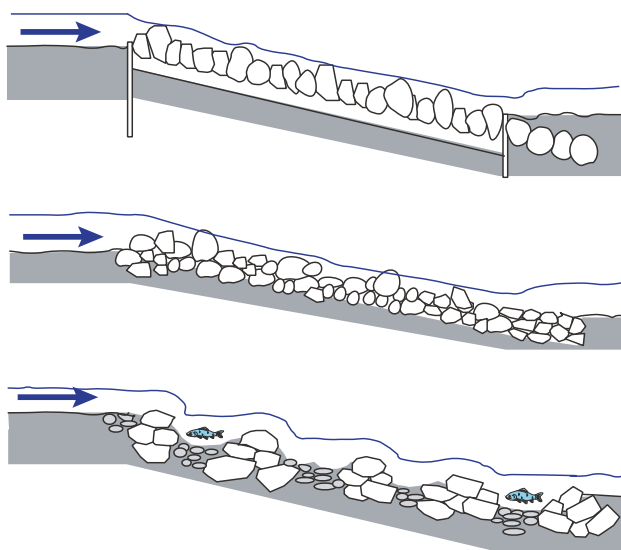
Ilustracja 4.2.

Odcinek rzeki o cechach naturalnych, pełen zmiennych spadków, jako wzorzec do projektowania rygla z głazów przypominającego naturalne struktury

Zróznicowane spadki podłużne, często podzielone kaskadami, są charakterystyczne dla tego typu odcinków rzek. Za niskimi przelewami na kamiennych progach znajdują się strefy głębszej wody, w których ryby znajdują kryjówkę i gdzie mogą przetrwać okresy niżówek. Aschach (Bawaria)

Zgodnie z DIN³⁴ nr 4047, cz. 5, różnica między rampą denną a pochylnią wynika z różnicy gradientu wysokości. Sztuczne struktury o spadku (nachyleniu) od 1:3 do 1:10 są określane jako „rampy”, natomiast obiekty o łagodniejszym nachyleniu – od 1:20 do 1:30 są nazywane „pochylniami”. W niniejszym podręczniku, obiekty o nachyleniu 1:15 lub mniejszym zostały zaliczone do pochylni.

Rampy denne i pochylnie są szczególnie użyteczne jako substytuty pionowych lub bardzo stromych stopni. Coraz częściej są one wykorzystywane w zastępstwie jazów ruchomych, jeśli nie jest wymagana kontrola i regulacja przepływu. Funkcjonują wówczas jako obiekt utrzymujący dotychczasowy poziom piętrzenia. Z ekologicznego punktu widzenia, znaczącą zaletą tego rozwiązania jest przywrócenie i zapewnienie naturalnych warunków przepływu powyżej piętrzenia, po zamuleniu zbiornika w średniej lub odległej perspektywie czasu.



4.1.2. Konstrukcja i wymiary

4.1.2.1. Rodzaje konstrukcji

Rampy denne i pochylnie denne (il. 4.3) można podzielić w następujący sposób:

- rampa denna/pochylnia denna z głazów osadzonych w dnie,
- rampa denna/pochylnia denna z narzutu kamiennego,
- rampa denna/pochylnia denna ryglowa, kaskady progów z kamiennymi ryglami posadowionych w dnie.

Konwencjonalne rampy kamienne o nachyleniu od 1:8 do 1:10, z dużymi prędkościami przepływu, powinny być akceptowane jako przepławki tylko w przypadku bardzo dużego spadku hydraulicznego. Z ekologicznego punktu widzenia, preferowane są konstrukcje ramp z luźnych narzutów kamiennych, a w szczególności konstrukcje w formie kamiennych progów.

Ilustracja 4.3. Przykłady konstrukcji różnych typów ramp dennych i pochylni dennych

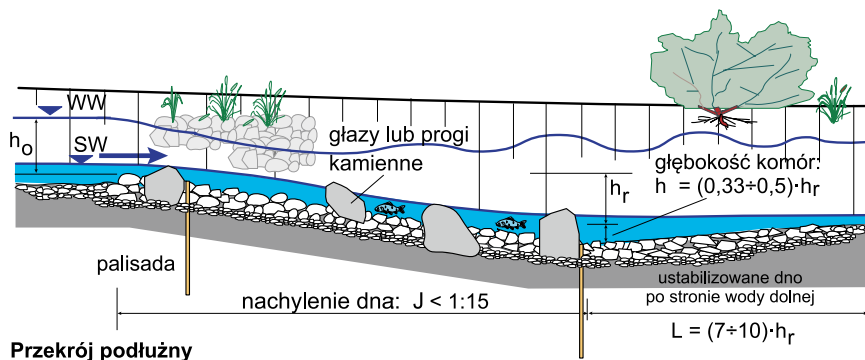
a) rampa denna/pochylnia denna w formie posadowionych konstrukcji kamiennych: pojedyncza warstwa kamieni, często przymocowanych do siebie wzajemnie, osadzonych równomiernie na podsypce żwirowej, tworzących sztywną, charakteryzującą się dużą szorstkością strukturę. Obiekty tego typu są trwałe, odporne na duże prędkości przepływu, przy czym dno rzeki poniżej obiektu powinno być ustabilizowane;

b) rampa denna/pochylnia denna z narzutu kamiennego (luźne konstrukcje): luźny, wielowarstwowy narzut kamienny. Dno rzeki poniżej obiektu musi być ustabilizowane; jeśli dno rzeki jest piaszczyste, kamienie należy posadzić na żwirowej podsypce. Jest to tania, różnorodna pod względem szorstkości, zmienna struktura;

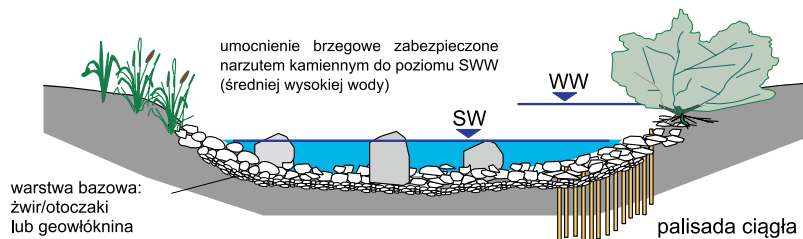
c) rampa denna/pochylnia denna ryglowa (konstrukcje rozproszone, kaskady): jednostajne spadki „złamane” progami kamiennymi (ryglami) z tworzącymi się niewielkimi zbiornikami, przy czym kształtowanie się zbiorników można pozostawić dynamice naturalnych procesów. Charakteryzuje się dużą różnorodnością struktur, niskim kosztem wykonania.

Źródło: Gebler, 1991; zmienione.

³⁴ DIN – niem. *Deutsche Industrie-Norm*, ang. *German Industrial Standards* – Niemiecka Norma Przemysłowa – przyp. tłum.



Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny

Ilustracja 4.4.
Pochylnia denne
z narzutem kamiennym
Źródło: Gebler, 1991.

Rampy denne/pochylnie denne w formie posadowionych konstrukcji z osadzonych w podłożu głazów (il. 4.3a), są zazwyczaj ograniczone do ramp o nachyleniu ok. 1:10. Rampy denne tworzą głazy i kamienie posadowione w „ramach” ułożonych z głazów o średnicy 0,6-1,2 m, które mogą, ale nie muszą być ze sobą spojone. Podłoże, w zależności od zakładanej wysokości wystających głazów, może składać się ze żwiru lub tłuczni kamiennego. Wymiary spodniej warstwy określa się podobnie jak dla typowych ramp i pochylni. Natomiast, głazy i kamienie umiejscowione przy górnej i dolnej krawędzi obiektu, są umocnione i zabezpieczone przed przesunięciem za pomocą poprzeczek oporowych (szyn stalowych, ścianek szczelnych, innych elementów stalowych).

Obszar ustabilizowanego dna cieków poniżej elementów zabezpieczających nie musi być zbyt długi, tzn. powinien wynosić ok. 3-5 m. Jednak w przypadku zagrożenia erozją, konieczne może być solidne zabezpieczenie dłuższego odcinka dna cieków. Zwykle zabezpieczenie to wykonane jest z narzutu kamiennego, a jego konstrukcja może wymagać zastosowania techniki suchego wykopu. Struktura zabezpieczenia dna jest zatem stosunkowo prosta, ale dzięki wzajemnemu blokowaniu się kamieni, może być odporna na duży napór i naprężenia hydrodynamiczne.

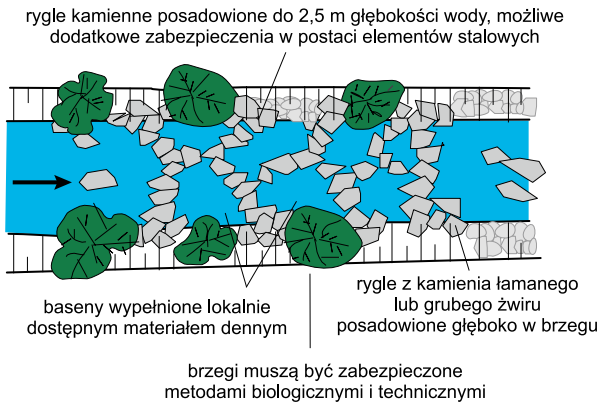
Z ekologicznego punktu widzenia, **rampy denne/pochylnie denne z narzutem kamiennym** (il. 4.4) uznaje się za lepiej spełniające swe zadanie, niż konstrukcje zbudowane z posadowionych dużych kamieni. Głównym elementem konstrukcji jest wielowarstwowy narzut

niesortowanego kamienia, o grubości co najmniej dwukrotnie większej od maksymalnej średnicy największych kamieni.

Wprowadzenie pojedynczych, większych głazów może zwiększyć szorstkość dna. Możliwe jest również zaprojektowanie kaskady z progów kamiennych, w celu utrzymania odpowiedniego poziomu wody w przepławce podczas okresów niskiego stanu wody oraz zwiększenia różnorodności struktury dna. Narzut kamienny może być zabezpieczony drewnianą palisadą lub wzmocniony szynami stalowymi. Dno rzeki, które w naturalny sposób opiera się erozji, nie wymaga stabilizacji strefy przejścia między sztucznym a naturalnym materiałem. W tym przypadku narzut kamienny rozciąga się (ze stałym spadkiem) do poziomu dna wody dolnej, a strefa umocnionego dna poniżej przepławki może być stosunkowo krótka – ok. 3÷5 m. Na rzekach nizinnych, o dnie podatnym na erozję (np. mulistym lub piaszczystym), należy zaprojektować ciągłe, łagodne przejście między przepławką a dnem rzeki, z nieką wypadową (il. 4.4) i odpowiednio dłuższą strefą umocnionego dna poniżej obiektu.

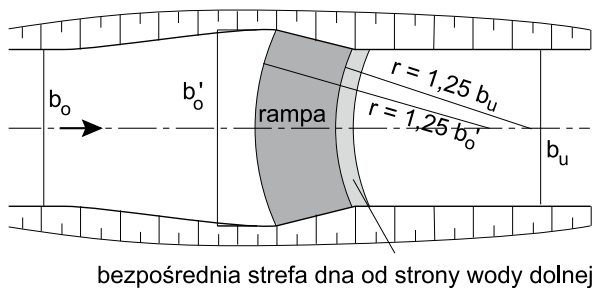
Narzut kamienny powinien także zabezpieczać brzożę rozciągające się wzdłuż rampy i tuż poniżej obiektu – powyżej linii średniej wysokiej wody (SWW). Odpowiednio dobrane nasadzenia roślinne zwiększają odporność na erozję, a podczas wezbrań powodziowych, kierują główny nurt ku środkowi koryta.

Budowę rampy dennej z luźnym narzutem kamiennym można zazwyczaj prowadzić bez przemieszczania koryta rzeki. Ponadto potrzeba zastosowania dłuższej,



Ilustracja 4.5. Progi w rampie dennej ryglowej (układ w planie)

Źródło: Schauberger, 1975.



Ilustracja 4.6. Rampa denna łukowa (układ w planie)

Źródło: Schauberger, 1975.

w stosunku do posadowionych konstrukcji kamiennych, rampy jest porównywalna w kosztach.

Rampy denne z luźnego narzutu kamiennego mogą być pokonywane przez wszystkie organizmy zamieszkujące rzekę.

Rampy denne/pochylnie denne ryglowe/z głazów posadowionych w dnie (sekwencja schodkowych basenów lub rampy kaskadowe, il. 4.5) zbudowane są zazwyczaj z kilku progów złożonych z dużych głazów lub otoczek o średnicy $d_s = 0,6$ do $1,2$ m. Dla zapewnienia większej stabilności głazów, można ułożyć z nich łuk (widok z góry), tak aby głazy opierały się o siebie wzajemnie, stabilizując wzajemnie swoją pozycję. Odporne na erozję, o kamiennym lub żwirowym dnie, jak to ma miejsce w przypadku górskich potoków, progi kamienne (rygle) osadza się głęboko, nawet do $2,5$ m (patrz również: il. 4.3c) i zabezpiecza palisadą lub elementami stalowymi. W innym wariantcie, warstwa podstawowa złożona jest z narzutu kamiennego, zaś głazy są przymocowane do dna rzeki. W tym przypadku, głazy nie muszą być tak głęboko posadowione. Ilustracja 4.4 przedstawia efekty takich rozwiązań. Strefa przejścia między narzutem z dodatkowymi progami kamiennymi jest stopniowa.

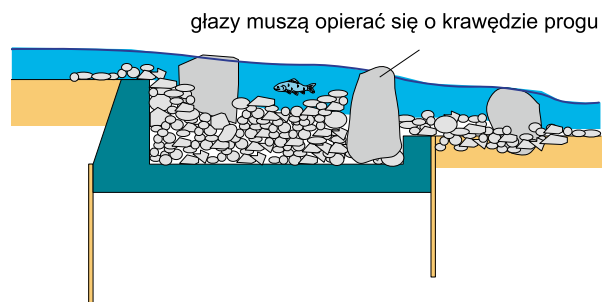
Powstające między ryglami zagłębienia, wypełnione żwirem i otoczkami, mogą podlegać naturalnym procesom fluwialnym. W przegłębieniach pozostaje zazwyczaj nawet piaszczysty substrat, typowy dla rzek nizinnych. Mimo że naniesiony materiał może być wypłukany w okresie wezbrań, podczas niżówek ponownie się zakumuluje w zagłębieniach.

Odległości między ryglami kamiennymi oraz ułożenie kamieni, muszą być dobrane w sposób, który zapewni, że różnica poziomów wody nie przekroczy $\Delta h = 0,2$ m.

Należy podkreślić, że różnorodność struktur posadowionych progów kamiennych czasem jest tak duża, że mogą być one nierozpoznawalne jako sztuczne obiekty. Planowanie i wykonanie tego typu konstrukcji wymaga doświadczenia większego niż w przypadku innych budowli naturopodobnych. Fauna rzeczna może pokonywać rampy denne ryglowe bez ograniczeń i w obu kierunkach.

4.1.2.2. Układ w planie

W dużych rzekach o szerokości koryta $b_d > 15$ m, rampy denne buduje się w formie stożka rozszerzonego w kierunku wody górnej (il. 4.6). Wysokość strumienia przelewowego mieści się w przedziale $H = 0,3 \div 0,6$ m. Na mniejszych ciekach rampy denne zazwyczaj kształtują się prostoliniowo, nie w formie rozszerzającego się wachlarza. Przedłużona strefa umocnionego dna poniżej obiektu chroni konstrukcję przed erozją wsteczną. Konieczne jest zasilanie wodą przy niżówkach dla ochrony przed wysychaniem oraz zapewnienia dostatecznego poziomu wody podczas niżówek.



Ilustracja 4.7. Przekształcenie jazu w pochylnię denną o szorstkim dnie

4.1.2.3. Przekrój podłużny

Z zasady, rampy denne z posadowionych, stabilnych głazów projektuje się z nachyleniem w przedziale od $1:8$ do $1:10$. Rampy denne w formie sekwencji progów, utworzone poprzez naprzemienne usytuowanie głazów i rygli kamiennych, projektuje się z mniejszym spadkiem, który zawiera się w przedziale od $1:15$ do $1:30$.

Prędkości przepływu, w przypadku, gdy rampa denna zaprojektowana jest z nachyleniem 1:10, na pewno będą zbyt duże dla wielu gatunków ryb i gatunków bentosowych. Można poprawić warunki przepływu, modyfikując profil przepławki, tak aby wznosił się w kierunku brzegów, tworząc zacisza prądowe w skrajnych strefach.

Nawet przy niskich przepływach, średnia głębokość wody nie powinna być mniejsza niż $h = 0,3 \pm 0,4$ m. Głazy i głębsze strefy tworzą swoiste komory odpoczynku, ułatwiając rybam wędrówkę w górę cieku oraz tworzą zróżnicowany i atrakcyjny układ prądów. Wspomniane kryteria spełniają najlepiej konstrukcje ryglowe.

Maksymalna dopuszczalna prędkość przepływu w przepławkach wynosi $v_{\max} = 2,0$ m/s.

4.1.3. Przebudowa stopni

Stopnie niemożliwe do pokonania przez organizmy wodne, często przy stosunkowo niewielkich nakładach, łatwo mogą być przebudowane w pochylnie denne. W przypadku niewielkich progów (il. 4.7) niezbędne materiały ograniczają się do kamieni polnych lub otoczków, które posłużą jako posadowienie dla większych głazów lub rygli. Krawędzie stopnia powinny być ścięte lub pokryte kamieniami w taki sposób, aby zapewnić połączenie przepławki z dnem cieku.

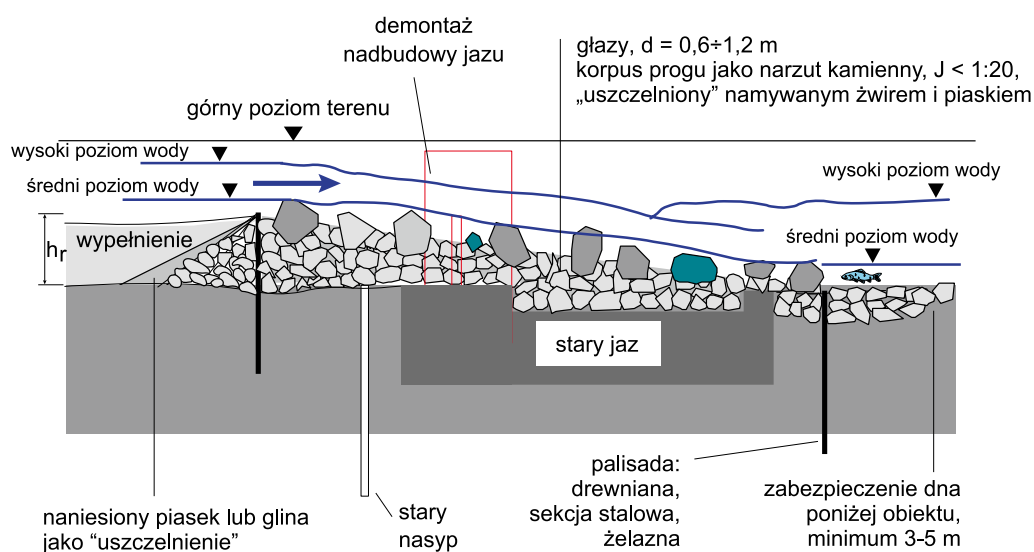
4.1.4. Przekształcenie jazów ruchomych w rampę denną z narzutu kamiennego lub rampę denną ryglową

Jeśli uwarunkowania gospodarki wodnej na to pozwalają, zamiast budowy oddzielnej przepławki, preferowane powinno być – przekształcanie jazu w rampę denną z narzutem kamiennym lub rampę ryglową.

Rampy denne z narzutu kamiennego lub rampy denne ryglowe pozwalają na utrzymanie piętrzenia i uniknięcie niepożądanego obniżenia poziomu wód gruntowych w dolinie rzecznej. Uniemożliwiają jednak regulowanie poziomu wody powyżej piętrzenia. Ponieważ niemożliwe jest zwiększenie przepływu poprzez zmianę położenia zastawek lub klap jazu podczas wezbrań, w okresie większych przepływów poziom wody może się znacząco podnieść. W tym aspekcie korzystne rozwiązanie polega na tym, by tylko część jazu ruchomego np. jedno z przęsł zastąpić rampą dla ryb – wówczas zachowana zostanie możliwość regulacji przepływu i poziomu wody górnej. Poszerzenie pola rampy dennej (płyty dennej) może poprawić funkcjonowanie progów. Zastąpienie jazu rampą denną z narzutem kamiennym lub rampą denną ryglową jest szczególnie wskazane, jeśli zmienił się sposób wykorzystywania doliny, na przykład zmniejszył się znacząco udział rolnictwa lub wykorzystywanie cieków do celów produkcji energii elektrycznej lub żeglugi.

Korzyścią zastosowanej metody jest – w dłuższej perspektywie – możliwość przywrócenia warunków swobodnego przepływu wód zatrzymanych przez piętrzenie. W każdym przypadku należy przeprowadzić odpowiednie obserwacje, które pozwolą określić czy potrzebne jest utrzymanie obecnego poziomu wód gruntowych lub czy warunki lokalne pozwolą na obniżenie poziomu piętrzenia, prowadząc do zmniejszenia stopnia przekształcenia cieku powodowanego przez obecne piętrzenie.

Możliwie duża część obiektu powinna być skonstruowana w formie zwykłego narzutu kamiennego; powierzchnia warstwa może zawierać większe głazy lub rygle kamienne (il. 4.8). Szczeliny między kamieniami mogą wypełniać się żwirem i piaskiem (opcjonalnie może on zostać wprowadzony podczas budowy), ograniczając



Ilustracja 4.8. Przekształcenie jazu ruchomego w rampę denną ryglową jako próg ochronny

straty wody podczas niżówek i chroniąc przepławkę przed wyschnięciem. Obsypanie piaskiem bądź gliną rampy dennej w fazie budowy może okazać się równie skuteczne jak wykorzystanie uszczelniaczy. Zarówno progi, jak i krawędzie obiektu powinny być zabezpieczone palisadą.

Nadwodne elementy ruchome jazu (klapy, zasuwki) muszą być zdemontowane, zaś elementy podwodne (niecka wypadowa) przykryte narzutem kamiennym.

4.1.5. Ocena ogólna

Z ekologicznego punktu widzenia, budowa ramp o dnie charakteryzującym się wysoką szorstkością oraz niewielkim kątem nachylenia (spadkiem) jest najlepszym sposobem na przywrócenie ciągłości w rzekach, na


których przeszkody nie mogą być całkowicie usunięte. W porównaniu do bardziej konwencjonalnych ramp, preferowane są rampy denne o luźnych konstrukcjach z narzutów kamiennych oraz rampy denne ryglowe. Należy ograniczyć stosowanie betonu do stabilizacji obiektów.


Konstrukcje ramp dennych z narzutów kamiennych lub rampy denne ryglowe mogą być wykorzystywane zarówno do modyfikacji progów, jak i jazów ruchomych.

Utrzymanie ramp dla ryb jest stosunkowo tanie – można je ograniczyć do sporadycznego usuwania śmieci i rumoszu, jak również okresowego sprawdzania uszkodzeń, przede wszystkim po powodziach.

Przez konstrukcje tego typu mogą swobodnie przemieszczać się wszystkie organizmy wodne, zarówno w górę, jak i w dół cieku.

4.1.6. Przykłady

RAMPA DENNA W GROSSWEIL			
Szczegóły dotyczące zapory		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Loisach, Bawaria	Konstrukcja:	Narzut kamienny
Przepływ:	SNQ = 8,68 m ³ /s	Szerokość:	72 m
	SW = 23,1 m ³ /s	Różnica poziomów:	h = 2,7 m
	WQ ₁₀₀ = 400 m ³ /s	Nachylenie:	1:10, strefa przybrzeżna: 1:15
Administrator:	WWA Weilheim	Rok budowy:	1973/74
Opis konstrukcji			
<p>Konstrukcja ma charakter rampy z posadowionego narzutu kamiennego (masa kamieni 3-5 t), umocnionego i uporządkowanego, umocnionego w górnej i dolnej strefie palisadą.</p> <p>Strefa umocnionego dna poniżej obiektu jest stosunkowo krótka. Ponieważ była to jedna z pierwszych konstrukcji tego typu i projektanci nie mieli wystarczającego doświadczenia, aby określić, czy ryby będą w stanie pokonać rampę, w jednej trzeciej jej długości, wzdłuż pochylni dla statków przy prawym brzegu wykonano przepławkę w formie basenów z głazów różnej wielkości.</p> <p>Rampa denna wypłyca się przy lewym brzegu, dzięki czemu tworzą się znacznie zróżnicowane układy prędkości wody, z mniejszymi głębokościami i mniejszymi prędkościami przepływów w strefach brzegowych. Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu, nawet ryby o mniejszych zdolnościach pływackich, mają możliwość pokonania przeszkody. Z drugiej strony, ryby mają trudności z odnalezieniem samej przepławki. Jest to spowodowane przez znaczne turbulencje wody w strefie wejścia do przepławki, gdzie praktycznie nie wytwarza się prąd wabiący. Płytsze strefy brzegowe są zatem znacznie efektywniejsze i odpowiednie dla podtrzymania funkcjonowania obiektu. Opierając się na pozytywnych doświadczeniach zdobytych przy okazji budowy obiektu, Zarząd Wodny (WWA) Weilheim zbudował na swoim terenie inne rampy denne pozbawione wydzielonych przepławek, z doskonałymi wynikami.</p> <p>Użytkownicy rybaccy obserwują wzrost liczebności ryb w rzece.</p>			
			
<p>Ilustracja 4.9. Rampa denna w Grossweil/Loisach (widok od strony wody dolnej)</p> <p>Znaczące ograniczenie prędkości przepływu i zróżnicowany układ prądów w płytszej, brzegowej strefie zapewniają możliwość pokonania przeszkody nawet rybom o mniejszych zdolnościach pływackich i zoobentosowi, tak że dodatkowe urządzenia, łagodzące negatywny wpływ piętrzenia (np. dodatkowa przepławka), są zbędne.</p>			

PRÓG STABILIZUJĄCY W BISCHOFSWERDER W FORMIE RAMPY DENNEJ			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące progu stabilizującego	
Rzeka:	Potok Dölln, Brandenburgia	Typ obiektu:	Narzut kamienny
Przepływy:	SNQ = 0,44 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:20
	SQ = 5,1 m ³ /s	Długość:	L = 20 m
	WQ ₂₅ = 5,1 m ³ /s	Głębokość wody:	h = 0,3 do 0,6 m przy SQ
Wysokość progu:	h = 1 m	Maksymalna prędkość przepływu:	v _{max} = 1,3 do 2,2 m/s
Administrator	LUA Brandenburg	Rok budowy:	1992
Opis konstrukcji			
<p>Przedstawiony próg stabilizujący zastąpił jaz belkowy (szandorowy), który został przekształcony w rampę denną kamienną. Korpus rampy zbudowano z kamieni rzecznych (d = 25 cm) i umocniono piaskiem gliniastym, wyłożonym w miejscu posadowienia przepławki na początku robót budowlanych. Duże głazy (d = 50 do 100 cm) redukują prędkość przepływu i chronią ryby podczas pokonywania przepławki.</p> <p>Monitoring migracji ryb w górze rzeki potwierdził zasadność budowy rampy. Dzięki migracji organizmów z rzeki Haweli (Havel) w górnych odcinkach Dölln, położonych powyżej rampy, utworzyła się bogata ichtiocenoza, różnorodna pod względem liczebności gatunków. Przed przebudową obiektu w części strumienia położonej powyżej przeszkody, fauna wodna była uboga.</p>			
		<p>Ilustracja 4.10. Jaz szandorowy przed modyfikacją – dla organizmów wodnych to przeszkoda niemożliwa do pokonania</p>	
		<p>Ilustracja 4.11. Próg stabilizujący w Bischofswerder po przekształceniu w rampę denną</p>	

PRZELEW ZANURZONY MAXLMÜHLE W FORMIE RAMPY DENNEJ RYGLOWEJ

Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące rampy dennej	
Rzeka:	Mangfall, Bawaria	Typ obiektu:	Narzut kamienny
Przepływy:	SNQ = 1,16 m ³ /s	Szerokość:	b = około 15 m
	SQ = 4,83 m ³ /s	Wysokość piętrzenia:	h = 1,7 m
	WQ ₁₀₀ = 270 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:26
Administrator	Free State of Bavaria/ WWA Rosenheim	Rok budowy:	1989
Wysokość progu:	h = 1 m		

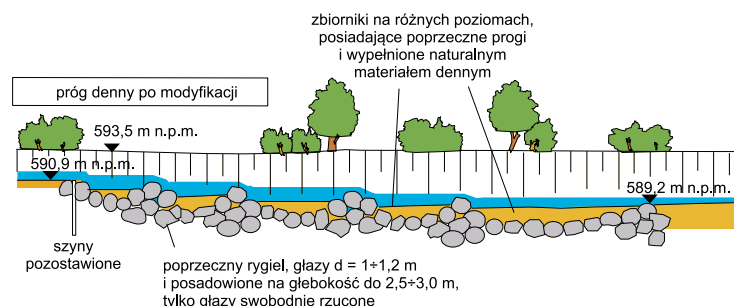
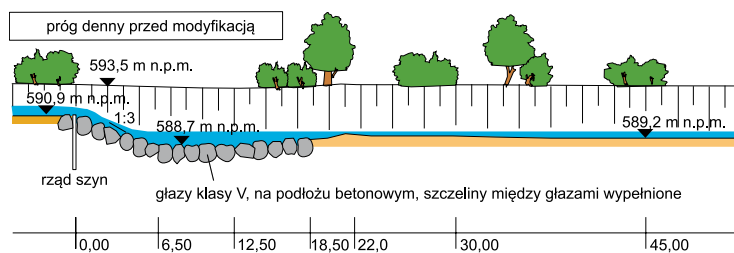
Opis konstrukcji

Na renaturyzowanym odcinku rzeki Mangfall w Maxlmühle (w pobliżu estakady Weyarn) grupa obiektów o stromym spadku, która nie mogła być pokonana przez organizmy wodne, została zastąpiona przez obiekty naturopodobne – rampy denne ryglowe.

Rampa denna pokazana poniżej jest rampą typu ryglowego; korpus komory zbudowany jest z pojedynczych, prostopadłych w stosunku do koryta rygli posadowionych na głębokość od 2,5 do 3 m.

Rygle, ułożone poprzecznie w stosunku do koryta, są zakrzywione i rozgałęzione, tak że zachodzą wzajemnie na siebie. W rezultacie tworzą się baseny wypełnione materiałem właściwym dla danego odcinka rzeki. Pozostawione same sobie, podlegają naturalnym przemianom (kształtowanie się stawów, zamulanie). Rampy denne zaprojektowane w ten sposób doskonale wpasowują się w krajobraz rzeki i są nierozpoznawalne jako sztuczne obiekty.

Wszystkie organizmy wodne mogą pokonać ten typ konstrukcji.



Ilustracja 4.12.

Przekrój podłużny przez rampę denną ryglową w rzece Mangfall, konstrukcja z rygli kamiennych (rysunek schematyczny)



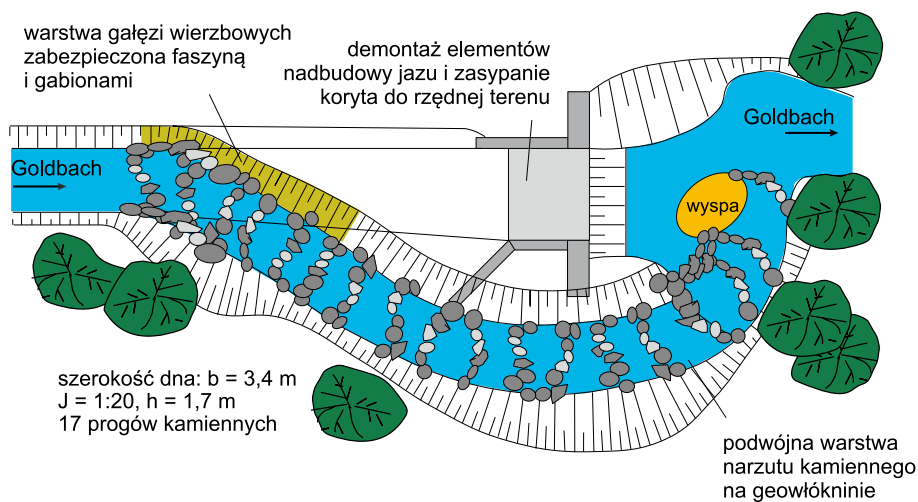
Ilustracja 4.13.

Rampa denna na rzece Mangfall

Zastosowana w tym przypadku konstrukcja ryglowa tworzy wyjątkową różnorodność struktur. W celu przywrócenia swobody migracji organizmom wodnym, przekształcono stopień w rampę denną, rozciągającą się przez całą szerokość koryta. Jest to najlepsze rozwiązanie, które powinno być zawsze preferowane przed jakimkolwiek rozwiązaniem o charakterze technicznym.

PRÓG MÜHLENHAGEN W FORMIE RAMPY DENNEJ RYGLOWEJ

Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące obiektu	
Rzeka:	Goldbach, gm. Mühlenhagen, Meklemburgia-Pomorze Przednie	Konstrukcja:	Narzut z kamienia łamanego
Przepływy:	SQ = 0,38 m ³ /s	Szerokość:	b = 3,4 m
	WWQ = 2,8 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:20
Wysokość:	h _c = 1,70 m	Długość:	L = 38 m
		Rok budowy:	1992
		Administrator:	Powiat Altentreptow



Ilustracja 4.14.

Rampa denna ryglowa Mühlenhagen/Goldbach – układ w planie
(Modyfikacja na podstawie: Źródło: FAO, 2002)



Ilustracja 4.15.

Rampa denna ryglowa Mühlenhagen/Goldbach

Opis konstrukcji

Prawa własności w stosunku do opuszczonego jazu przy młynie wygasły. Wokół stawu młyńskiego utworzyło się cenne pod względem przyrodniczym i warte ochrony siedlisko. Zwykła rozbiórka jazu spowodowałaby znaczną erozję koryta i obniżenie poziomu wód gruntowych w strefie istniejącego stawu. Dlatego jaz zastąpiono rampą denną ryglową o niewielkim spadku, tak aby utrzymać aktualny poziom piętrzenia, do którego dopasował się ekosystem stawu.

Całkowita wysokość rampy wynosi 1,7 m, natomiast nachylenie $J = 1:20$. Większe kamienie tworzą kaskadę basenów, umożliwiającą utrzymanie prędkości przepływu w dopuszczalnych granicach. Głębokość wody w basenach waha się w przedziale 30-40 cm. Dno koryta zostało zabezpieczone warstwą żwiru położoną na geowłókninie. Rygle ułożono z głazów polnych o średnicy około 40-50 cm.

4.2. Kanały obiegowe dla ryb

4.2.1. Zasada funkcjonowania

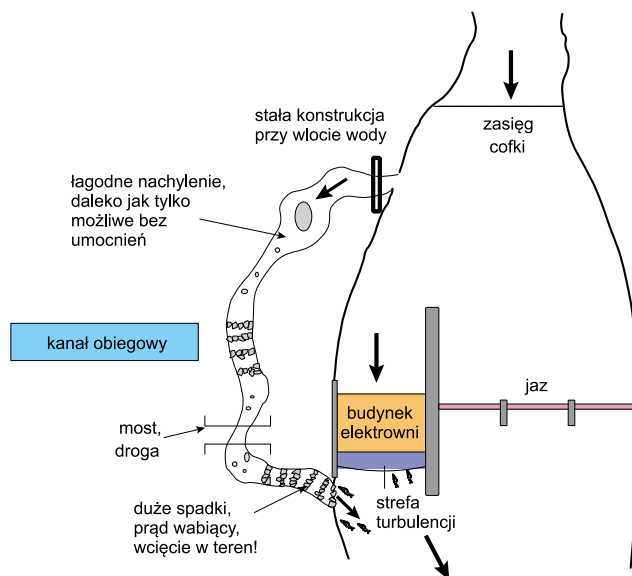
Termin „kanał obiegowy³⁵ dla ryb” stosuje się dla przepławek, które umożliwiają ominięcie przeszkody, oferując alternatywną trasę poza głównym korytem rzeki. Swoim wyglądem przypominają cieki naturalne, zaś w ich korytach imituje się warunki przepływu panujące w naturze. Kanały obiegowe dla ryb mogą być niekiedy bardzo długie. Są to konstrukcje odpowiednie zwłaszcza do przywrócenia ciągłości ekologicznej przy już istniejących zaporach, gdzie wskazane jest umożliwienie migracji poprzez uzupełnienie obiektu o przepławkę, bez konieczności modyfikacji samej zapory.

Zasadniczo, do kanału obiegowego dla ryb, kierowana jest tylko część wody przepływającej przez stopień piętrzący. Jednak w przypadku nieużywanych już jazów, które straciły podstawę ich zachowania lub progów stabilizujących i zapór na mniejszych rzekach, do kanału obiegowego dla ryb może być kierowany cały przepływ. Budowla piętrząca sama w sobie nie traci wówczas funkcjonalności, ale wykorzystywana jest wyłącznie w celu umożliwienia przejścia wód powodziowych.

Podstawową wadą kanałów obiegowych dla ryb jest stosunkowo duże zapotrzebowanie na przestrzeń. O możliwości zastosowania konstrukcji tego typu decydują uwarunkowania lokalne. Z drugiej strony, znaczne wydłużenie kanału zapewnia doskonałe warunki do zaprojektowania bliskiej naturze przepławki, która idealnie wkomponowuje się w krajobraz.

Konstrukcja kanału obiegowego dla ryb nie tylko zapewnia możliwość migracji różnym gatunkom, ale także pozwala stworzyć dogodne warunki dla ryb reofilnych (bytujących w wodach o silnych prądach), które mogą wykorzystać kanał obiegowy dla ryb jako siedlisko. Ten aspekt zasługuje na szczególną uwagę przy renaturyzacji skaskadzowanych stopniami rzek, gdzie warunki bytowania i rozmnażania gatunków stenotypowych i reofilnych są szczególnie pogorszone.

Ponadto, kanały obiegowe dla ryb zapewniają przywrócenie ciągłości rzek, gdyż zapewniają warunki przepływu zbliżone do warunków panujących w rzekach nieuregulowanych, umożliwiając w ten sposób gatunkom wędrownym obejście całego spiętrzonego odcinka, niekiedy aż do granicy cofki, bez poddawania ich niekorzystnemu wpływowi gwałtownych zmian warunków abiotycznych.



Ilustracja 4.16. Schemat kanału obiegowego dla ryb przy stopniu piętrzącym

4.2.2. Projekt i wymiary

Przy projektowaniu kanału obiegowego dla ryb powinno się stosować zasadę „bliskiej naturze” renaturyzacji rzek (DVWK 1984, Lange & Lecher, 1993 i in.). Niemniej jednak, przy stromych spadkach, często konieczne jest ustabilizowanie dna i brzegów koryta oraz zaprojektowanie środków ograniczających prędkość przepływu w przepławce.

Naturalny potok o urozmaiconym korycie, taki jak przedstawiony na il. 4.2, może służyć jako wzór przy projektowaniu kanałów obiegowych dla ryb.

Na bazie takiego wzorca, można wyprowadzić kryteria projektowe dla kanału obiegowego dla ryb, gdzie wymiary spełniające minimalne wymagania, odpowiednie dla tego typu obiektów, wynoszą:

nachylenie dna:

$$J = 1:100 \text{ do maks. } 1:20, \\ \text{w zależności od morfologii rzeki;}$$

szerokość dna:

$$b_d > 0,80 \text{ m;}$$

średnia głębokość wody:

$$h > 0,2 \text{ m;}$$

średnia prędkość przepływu:

$$v_m = 0,4 \text{ do } 0,6 \text{ m/s} \\ \text{(dominująca głębokość wody i średnia prędkość} \\ \text{przepływu zależą od wielkości i rodzaju rzeki);}$$

maksymalna prędkość przepływu:

$$v_{max} = 1,6 \text{ do } 2,0 \text{ m/s, lokalnie ograniczana;}$$

dno:

o dużej szorstkości, ciągłe, zapewniające połączenie z przestrzeniami interstycjalnymi (między

³⁵ Pojęcie kanału obiegowego jest powszechnie znane i stosowane w inżynierii wodnej, stąd zaistniała potrzeba uszczegółowienia nazwy konstrukcji przystosowanej do migracji fauny wodnej, tj. określenie jej mianem „kanału obiegowego dla ryb”. Synonimem jest „kanał obejściowy dla ryb” – *przyp. tłum.*

ziarnami substratu dennego); jeśli to możliwe, powinno być ono wykonane z naturalnego, dostępnego lokalnie materiału, bez dodatkowych zabezpieczeń lub umocnień dna;

kształt:

sinusoidalny lub prosty, jeśli to możliwe meandrujący, z basenami i bystrzami;

przekrój poprzeczny:

zróznicowany, o ile możliwe, brzegi umocnione metodami bioinżynieryjnymi; duże głazy, progi kamienne „łamiące” spadki;

przepływ zależny od szerokości koryta:

$q > 0,1 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$.

4.2.2.1. Układ w planie

Kształt kanału obiegowego dla ryb należy dopasować do lokalnych warunków przestrzennych, uwarunkowań geologicznych i konfiguracji terenu. Koryto może być proste, sinusoidalne lub nawet meandrujące. Zasady planowania lokalizacji wejścia do przepławki poniżej zapory są takie same, jak w przypadku planowania lokalizacji przepławek o charakterze technicznym. Zdarza się, że kanał obiegowy dla ryb, dla najlepszej lokalizacji wejścia od strony wody dolnej, musi zakreślać pod kątem 180° , wtedy wejście do przepławki będzie umiejscowione dokładnie pod jazem lub budynkiem elektrowni. Z powodu znaczącej długości niektórych kanałów obiegowych dla ryb, wyjście z przepławki po stronie wody górnej często musi być zlokalizowane dość daleko w górę rzeki.

Specyficzną formą kanału obiegowego dla ryb jest tzw. przepławka basenowa, ukształtowana w kaskadę basenów połączonych kanałami z progami kamiennymi – przepławkami komorowymi o zwiększonej szorstkości (Jens, 1982; Jäger, 1994).

Kanał obiegowy dla ryb można łączyć z innymi obiektami. Przykładowo, dla pokonania trudniejszych odcinków lub połączenia kanału obiegowego dla ryb z wodą dolną, można łączyć go z przepławkami o charakterze technicznym (komorowe, systemu Denila, szczelinowe; patrz: rozdział 5)³⁶.

Kanał obiegowy dla ryb jest przykładem obiektów zbliżonych do naturalnych i dobrze komponuje się w krajobrazie. W przypadku tego typu przepławki, zlokalizowanych przy Młynie Lapnow (Brandenburgia), przebieg koryta dostosowano do pokrycia terenu przez drzewa.

4.2.2.2. Przekrój podłużny

Nachylenie kanału obiegowego dla ryb powinno być możliwie małe. Wartość zalecana, jako górna granica nachylenia, wynosi $J = 1:20$. Większe nachylenie można „złamać” wprowadzając progi kamienne. Strefy łagodniejszego przepływu, komory lub przypominające stawy poszerzenia koryta umożliwiają rybom łatwiejsze pokonanie przepławki, szczególnie jeśli pokonują one dłuższe odcinki o większym nachyleniu; strefy te mogą także służyć rybom jako kryjówki.

Jeśli warunki terenowe na to pozwalają, należy ograniczyć liczbę odcinków o większym nachyleniu (il. 4.16). Odcinki o większym nachyleniu dobrze sprawdzają się w strefie połączenia kanału obiegowego dla ryb z wodą dolną, tworząc odpowiedni prąd wabiący. Pozostałe odcinki można kształtować wykorzystując naturalne uwarunkowania rzeki, bez potrzeby stosowania dodatkowych umocnień.

Najmniejsza wymagana głębokość wody powinna uwzględniać rozmiary spodziewanych gatunków ryb i ich możliwości pływackie (w zależności od krainy ryb), ale nie powinna być mniejsza niż $h = 0,2 \text{ m}$.

³⁶ Ogranicza to jednakże funkcjonalność kanału obiegowego dla ryb i powinno być stosowane tylko w ostateczności – *przyp. tłum.*



Ilustracja 4.17.

Kanał obiegowy dla ryb jest przykładem obiektów zbliżonych do naturalnych i dobrze komponuje się w krajobrazie.

W przypadku tego typu przepławki, zlokalizowanych przy Młynie Lapnow (Brandenburgia), przebieg koryta dostosowano do pokrycia terenu przez drzewa.

4.2.2.3. Przekroje poprzeczne kanałów obiegowych dla ryb

Szerokość przekrojów poprzecznych, nurt i głębokość wody powinny być możliwie różnorodne. Niemniej jednak, szerokość koryta nie powinna być mniejsza niż 0,80 m. Zwężenia i rozszerzające się odcinki koryta zbliżają wygląd obiektu do naturalnego. Zwykle zaleca się wzmocnienie przekroju poprzecznego, szczególnie wskazane jest wzmocnienie odcinków o szczególnie dużym nachyleniu. Wytyczne w zakresie renaturyzacji rzek podają charakterystyki umocnień zbliżonych do naturalnych struktur geomorfologicznych, z których warto skorzystać podejmując decyzję o zastosowaniu umocnień. Generalnie, wystarczającym jest zabezpieczenie dna tłuczniem kamiennym lub kamieniami rzecznyymi na podkładzie żwirowym lub z geowłókniny. Powstałe w ten sposób szczeliny tworzą znakomite siedliska i szlaki migracyjne dla zoobentosu. Ponadto, tłuczeń kamienny zatrzymuje drobniejsze frakcje i osady, dzięki czemu w szczelinach może gromadzić się rodzimy dla danego odcinka rzeki materiał.

Wskazaniem jest stosowanie połączonych metod w celu zabezpieczenia podstawy stopnia i brzegów, na przykład roślinnością w połączeniu z narzutem kamiennym, faszyną (kiszka faszynowa) itp.; ilustracja 4.18 przedstawia kilka przykładów umocnień z materacy faszynowych i warstw gałęzi wierzbowych, wierzbą i kombinacjami tych umocnień.

W kanale obiegowym dla ryb dopuszcza się zachodzenie naturalnych procesów i rezygnację ze sztucznych umocnień dna, jednak pod warunkiem, że rodzimy materiał denny jest wystarczająco odporny na erozję i nie występuje ryzyko dla sąsiadujących terenów.

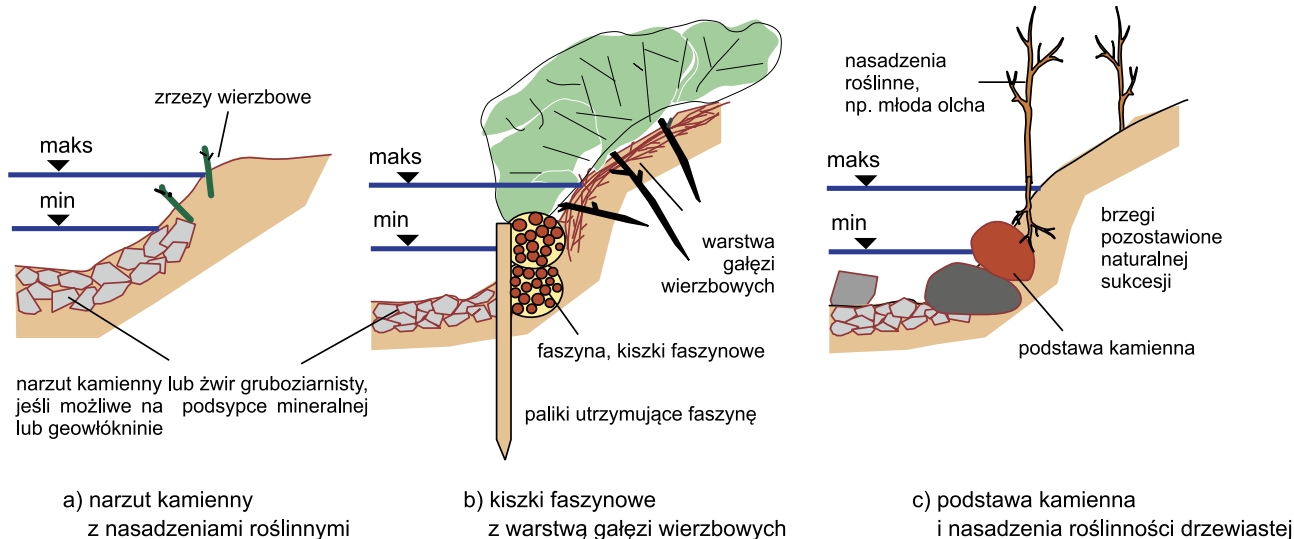
Subtelne zacienienie kanału roślinnością drzewiastą lub krzewiastą ma korzystny wpływ na migrację ryb (w zacienionych miejscach ryby mogą znaleźć kryjówki i osłonę). Jednocześnie roślinność ładnie wkomponuje się w krajobraz i poprawia stabilizację brzegów.

4.2.2.4. Głazy i progi kamienne

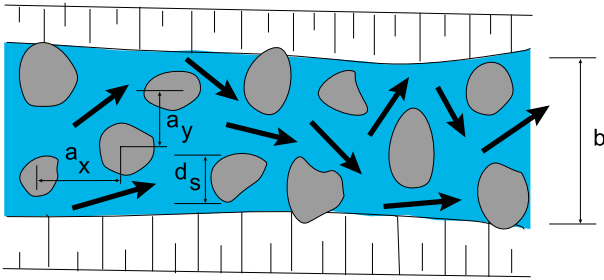
Przy nachyleniu kanału obiegowego dla ryb, zawierającym się w przedziale od 1:20 do 1:30, niemożliwe jest utrzymanie dopuszczalnej prędkości przepływu na poziomie 0,4÷0,6 m/s, bez zastosowania dodatkowych środków. W tym przypadku materiałem najlepiej wkomponującym się w krajobraz i najbardziej naturalnym są głazy.

Proponuje się następujące rozwiązania:

- wprowadzenie głazów w nieregularnym układzie – prowadzące do zwiększenia szorstkości koryta. Podczas średnich i niskich przepływów, woda przepływa wokół kamieni lub prześlizguje się po ich powierzchni. Głazy zwiększają głębokość wody i zmniejszają prędkość przepływu. Wstępujące ryby mogą znaleźć kryjówkę w tzw. cieniu hydraulicznym głazów. Miejscowe zaburzenia przepływu mogą się pojawić w zwężonych odcinkach koryta (il. 4.19). Zalecane parametry posadowienia głazów są następujące:
 - $a_x = a_y = (2 \div 3) \cdot d_s$; definicję a_x , a_y i d_s przedstawiono na il. 4.19;
 - otwarta przestrzeń między głazami powinna wynosić co najmniej 0,3÷0,4 m (w zależności od gatunku ryb);



Ilustracja 4.18. Przykłady zabezpieczenia dna i brzegów kanału obiegowego dla ryb



Ilustracja 4.19. Kanał obiegowy dla ryb z głazami zapewniającymi turbulentny ruch wody

- głazy powinny być zagłębione w podłożu do 1/3 lub 1/2 wysokości; głazy powinny być na tyle duże, aby nie mogły być przesunięte przez niepowołane osoby, na przykład bawiące się dzieci.
- *wprowadzenie rygli* – może zawęzić czynny przekrój poprzeczny koryta tak bardzo, że powyżej rygla powstaje cofka. Rygle powinny być ułożone z dużych głazów, posadowionych na różną głębokość w umocnionym korycie. Zasadę metody przedstawiono na il. 4.20, gdzie głazy zostały ułożone w rygle. Zasadniczo, w takim wypadku wykorzystuje się płaskie bloki kamienne postawione na sztorc;
- *wprowadzenie zanurzonych progów kamiennych* (przeszkód, szykan) – progi, całkowicie lub częściowo zanurzone, uformowane są z głazów posadowionych w dnie ciek. Przepływająca woda jest zatrzymywana przez progi, wskutek czego formują się zbiorniki wodne, między którymi głębokość wody powinna wynosić (w zależności od typologii ciek) od $h = 0,3$ do $0,6$ m. Odległości między progami (długość formujących się zbiorni-

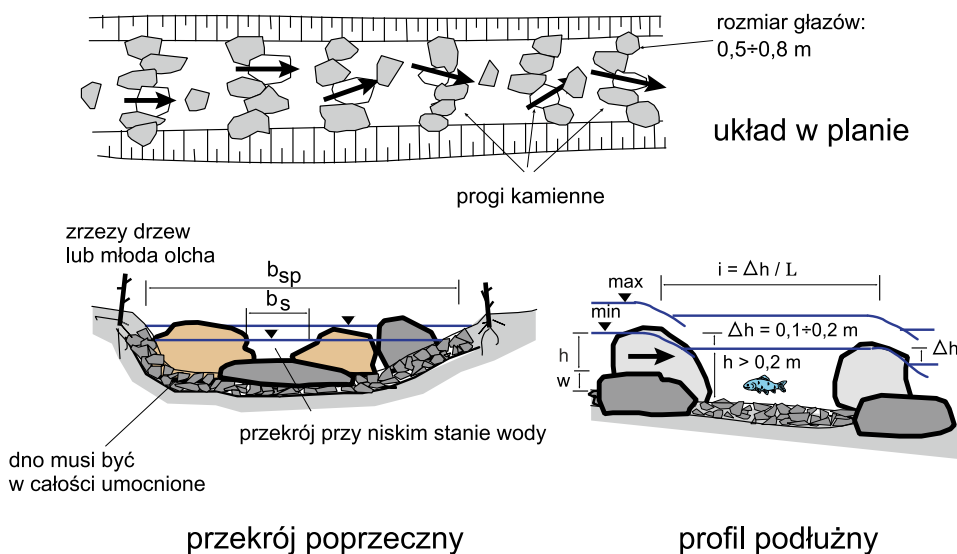
ków) powinna być nie mniejsza niż $1,5$ m w odcinkach strumienia (rhitralu), gdzie, z powodu spadku dna, pojedyncze progi opierają się o siebie wzajemnie, tworząc kaskadę (stromą przepławkę komorową o zwiększonej szorstkości). Różnica poziomów zwierciadła wody przy każdym proggu nie może przekroczyć $\Delta h_{\max} = 0,20$ m. W odcinkach potamalu należy zaprojektować mniejsze spadki $\Delta h_{\max} = 0,10$ do $0,15$ m. Odległość między ryglami lub szykanami musi być tak dobrana, aby nie tworzyły się niekontrolowane przelewy i żeby progi zawsze pozostawały w strefie cofki progów położonych niżej (il. 4.20). Ponadto, w basenach można wprowadzić pojedyncze głazy. Odległości między progami oraz głębokość wody muszą być tak dobrane, aby tworzyły się strefy odpoczynku dla ryb. Zalecane rozproszenie objętościowe energii (dyssypacja objętościowa) powinno być ograniczone do $E = 150 \text{ W/m}^3$ – w potamalu i $E=200 \text{ W/m}^3$ – w rhitralu (wyjaśnienie przekształceń energii omówiono w rozdziale 4.4).

Taki układ konstrukcji pozwala na zatrzymanie w zagłębieniach nawet drobniejszej frakcji sedimentów, a zatem na stworzenie warunków bardzo zbliżonych do naturalnych.

4.2.2.5. Projekt strefy wejścia i wyjścia z kanału

W przypadku zmiennych poziomów wody górnej i wysokiego ryzyka podtopienia brzegów, w strefie wlotu wody do przepławk³⁷ niezbędne jest zaprojektowanie solidnych konstrukcji i mechanizmów kontroli. Przepływ wody przez kanał obiegowy dla ryb powinien być ograniczony do strefy koryta, ponadto należy zapewnić

³⁷ Wyjścia z przepławk – *przyp. red.*



Ilustracja 4.20. Progi kamienne do złamania spadku w kanale obiegowym dla ryb



Ilustracja 4.21.

Urządzenie kontrolne przy wlocie wody do kanału obiegowego dla ryb przy zbiorniku retencyjnym (krótko przed ukończeniem).

Konstrukcja ogranicza dopływ wody i może być zamknięta podczas wezbrań lub podczas robót konserwacyjnych. Jest kluczowe, aby otwarcie rozciągało się do samego dna kanału i nie zaburzało ciągłości materiału dennego. Zapora Lech w Kinsau (Bawaria).

możliwość jego zamknięcia dla przeprowadzenia prac utrzymaniowych. Mechanizm taki można łatwo zaprojektować wykorzystując betonowe wsporniki lub ściany z tłucznią kamiennego, wyposażone w odpowiednie zwymiarowane urządzenia pomiarowe. Wejście do przepławki powinno być na tyle wysokie, aby zapewnić, by kanał obiegowy dla ryb nie wysychał w okresie niskich stanów wód. Jest to zjawisko, którego należy unikać, ponieważ nie tylko zatrzyma ono migracje ryb, ale będzie miało także negatywny wpływ na zoobentos. Ponadto, projekt wyjścia z przepławki powinien zapewnić możliwość korzystania z narzędzi pułapkowych do monitoringowego połowu ryb.

Projekt wylotu wody³⁸ musi być tak dobrany, aby zapewnić odpowiedni prąd wabiący we wszystkich sytuacjach operacyjnych. W tym celu, połączenie z wodą dolną powinno być możliwe strome, żeby prędkość spływającej wody, w przypadku wahań poziomu wody, tworzyła odpowiedni efekt wabiący. W przypadku wahań poziomu wody dolnej, przekrój poprzeczny strefy wylotu wody może być zwężony przez jednolitą konstrukcję otwierającą się przez szczelinę (patrz: rozdział 5.2 o przepławkach szczelinowych), zwiększając w ten sposób prędkość przepływu w wylocie wody. Dno przepławki powinno być, w miarę możliwości, połączone bezpośrednio z dnem koryta rzeki.

Aby ograniczyć erozję brzegową i denną, w strefie wylotu wody (wejścia do przepławki) zaleca się zaprojektowanie odpowiednich umocnień. Pierwsza część kanału obiegowego dla ryb (np. odcinek tuż powyżej wejścia do przepławki) może mieć formę przepławki o charakterze technicznym, szczególnie w przypadku połączenia silnie uregulowanego koryta poniżej elektro-

wni, lub przy dużych wahaniamiach – poziomu wody dolnej.

4.2.2.6. Przeprawy

W związku ze znaczną długością kanału obiegowego dla ryb, konieczne może być zaprojektowanie przeprawy drogowej lub innego rodzaju. Przeprawy powinny być tak zaprojektowane, aby nie tworzyć dodatkowych przeszkód migracyjnych. Zazwyczaj najlepszym rozwiązaniem jest przeprawa mostowa. Sucha ława (gzyms) pod mostem umożliwia migrację także innym zwierzętom (np. płazom, wydrom i in.).

Przeprawy powinny być zaprojektowane w sposób niepowodujący zwężenia koryta przepławki. Dno pod mostem lub w przepuście powinno charakteryzować się wysoką szorstkością, tak by małe ryby i zoobentos mogły łatwo przemieszczać się przez przeprawę. Jeśli niemożliwe jest wykorzystanie naturalnego materiału dennego, powinna wystarczyć warstwa grubego żwiru o grubości od 0,20 do 0,30 m. Długość przeprawy nie powinna przekraczać dziesięciokrotnej szerokości otwartej strefy.

4.2.3. Ocena ogólna

Najważniejsze zalety kanałów obiegowych dla ryb:

- dobrze wkomponowują się w krajobraz;
- mogą służyć zarówno małym rybom, jak i zoobentosowi;
- tworzą nowe siedliska, szczególnie jako biotop wtórny dla gatunków reofilnych;
- charakteryzują się niewielką podatnością na zapychanie, są zatem bardziej niezawodne, wymagają niewielkich nakładów na utrzymanie;

³⁸ Wejścia do przepławki – *przypr. red.*

- zwykle omijają przeszkodę w pewnej odległości, są zatem dobrym rozwiązaniem dla uzupełniania już istniejących zapór pozbawionych przepławki – przy budowie kanału obiegowego dla ryb nie ingeruje się w konstrukcję samej przeszkody;
- umożliwiają migrującym organizmom ominięcie całej strefy piętrzenia, od podstawy zapory do końca cofki.

Przedstawione powyżej korzyści należy skonfrontować z następującymi wadami tego typu obiektów:

- dużym zapotrzebowaniem na przestrzeń;

- dużą długością kanału obiegowego dla ryb;
- wrażliwością na zmiany poziomu wody górnej, z czym może wiązać się konieczność uzupełnienia kanału obiegowego dla ryb o dodatkową konstrukcję przy wlocie wody do przepławki (wyjściu z przepławki);
- zdarza się, że połączenie z wodą dolną jest możliwe wyłącznie dzięki zastosowaniu przepławki o charakterze technicznym;
- kanał obiegowy dla ryb może wymagać głębokiego „wcięcia się” w otaczające tereny.

4.2.4. Przykłady

KANAL OBIEGOWY DLA RYB NA POTOKU VARREL BÄKE			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Potok Varrel Bäche, Dolna Saksonia	Długość:	L = 130 m
Sposób użytkowania:	Jaz młyński	Szerokość:	$b_d = 2,50$ m
Przepływy:	SNQ = 0,35 m ³ /s SQ = 0,96 m ³ /s SWQ = 8,14 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:45
Wysokość piętrzenia:	$h_c = 2,9$ m	Przepływ:	Q = 0,25 do 0,50 m ³ /s
		Głębokość wody:	h = 0,30 do 0,80 m
		Maksymalna prędkość przepływu:	$v_{max} = 1,3$ do 1,4 m/s
		Odległość między kamiennymi progami:	3,35 m
		Rok budowy:	1992
		Administrator:	Ochtumverband



Ilustracja 4.22. Kanał obiegowy dla ryb przy potoku w Varrel Bäche niedaleko Varrel Estate (Dolna Saksonia)

Opis konstrukcji

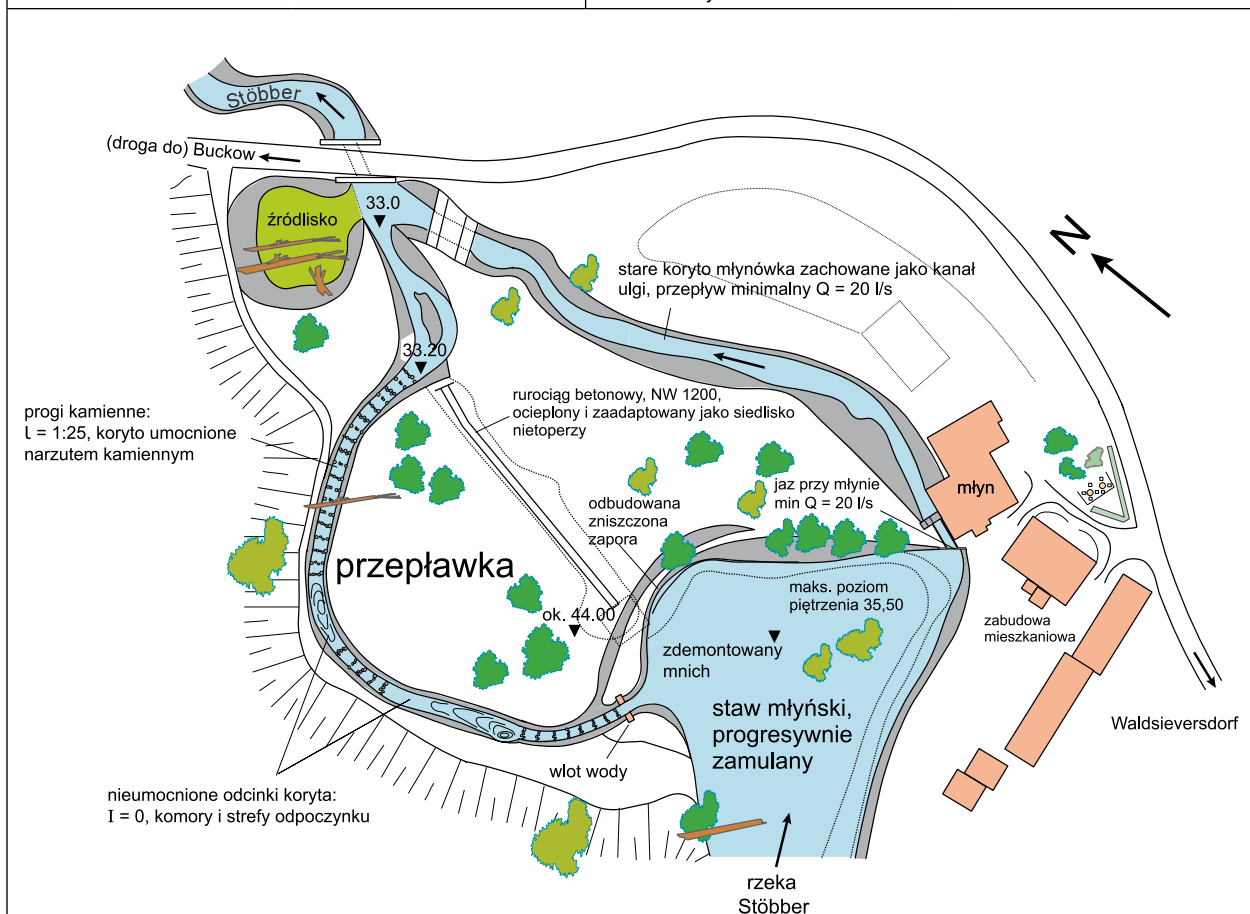
Mimo, że jaz młyński przestał być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, musi być zachowany ze względu na potrzebę stabilizacji dna i utrzymania poziomu wód podziemnych. Woda zasilająca staw rybny jest kierowana do miejsca położonego powyżej piętrzenia. Przy przepływach rzędu SNQ (średnia niska woda) część przepływu, która nie musi być kierowana do zasilania stawów rybnych, jest kierowana na przepławkę.

Mimo, że nachylenie jest stosunkowo łagodne, wprowadzono elementy strukturalne, zwiększające głębokość wody i redukujące prędkość przepływu. Progi kamienne, zbudowane z pionowo ustawionych głazów, posadowiono prostopadle w stosunku do kierunku przepływu.

Dzięki swej wysokości, głazy pozostają w pełni efektywne, korzystnie oddziałując na warunki hydrauliczne, nawet podczas stosunkowo wysokich przepływów.

Brzegi powyżej średniego poziomu wody zabezpieczono narzutem kamiennym i pokryto roślinnością.

KANAL OBIEGOWY DLA RYB PRZY MŁYNI SEIFERT			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Stöbber, Brandenburgia	Długość:	L = 120 m
Przeplwy:	SNQ = 0,15 m ³ /s	Szerokość:	b _d = 2,4 m
	SQ = 0,37 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:25
	SWQ = 0,88 m ³ /s	Przeplwy:	Q = 0,20 do 0,50 m ³ /s
Sposób użytkowania:	Jaz przy stawie młyńskim	Głębokość wody:	h = 0,30 do 0,80 m
Wysokość piętrzenia:	h _c = 3,30 m	Maksymalna prędkość przepływu:	v _{max} = 1,8 m/s
		Rok budowy:	1993



Ilustracja 4.23. Schemat lokalizacji jazu Młyn Seifert

Opis konstrukcji

Mimo, że dawny jaz młyński przestał być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, został zachowany dla potrzeb retencjonowania wody oraz w celu ochrony wykształconego biotopu typu podmokłego.

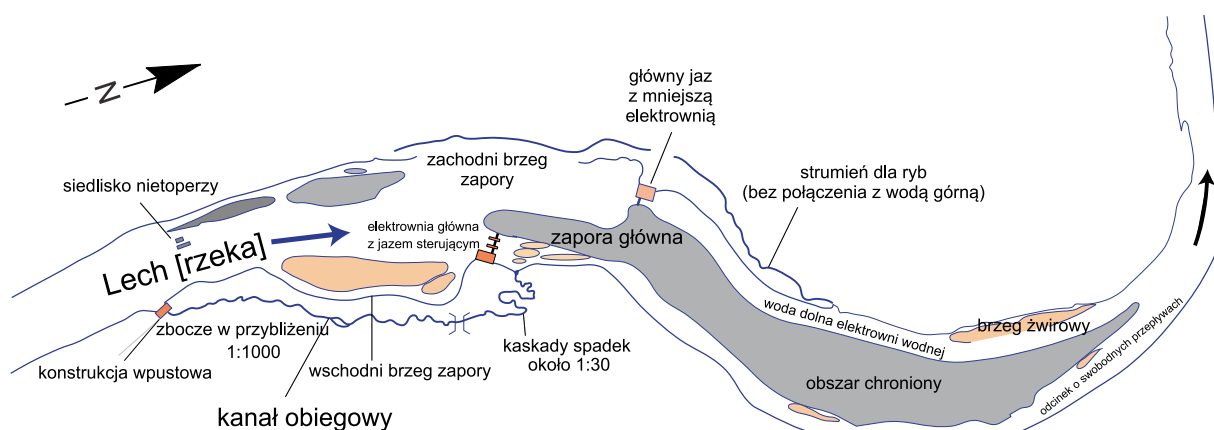
Obok jazu zbudowano kanał obiegowy dla ryb, o długości ok. 120 m, przez który kieruje się wody do poziomu SWQ (średniej wysokości wody). Całkowita różnica poziomu wody rzędu 3,3 m oznacza, że dno kanału obiegowego dla ryb musi składać się z zabezpieczonych odcinków, z zastosowaniem progów kamiennych. Pozostałe odcinki zaprojektowano z zerowym spadkiem i bez umocnień, tak że w wyniku naturalnych procesów, wytworzyły się naturalne plosa, strome brzegi i strefy zamulone.



Ilustracja 4.24. Kanał obiegowy dla ryb przy Młynie Seifert

Zaprojektowane naprzemiennie odcinki umocnione, z progami kamiennymi, oraz odcinki nieumocnione, tworzą mozaikę różnorodnych warunków przepływów. Odcinki o zerowym spadku można pozostawić naturalnym procesom. Na pierwszym planie fotografii widoczny jest podmywany brzeg, nie stwarzający zagrożenia dla obiektu.

KANAL OBIEGOWY DLA RYB W KINSAU			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Lech, Bawaria	Długość:	L = około 800 m
Przepływy:	SQ = 85 m ³ /s WQ ₁₀₀ = 1400 m ³ /s	Przepływ:	Q = 0,8 m ³ /s
Sposób użytkowania:	produkcja energii elektrycznej	Szerokość:	zmienna, b _d = 2,5 do 4 m
Wysokość piętrzenia:	h _e = 6,5 m	Nachylenie:	zmienne, średnio: J = 1:100, maks. ok. 1:30
		Rok budowy:	1992
		Administrator:	BAWAG



Ilustracja 4.25. Schemat lokalizacji kanału obiegowego dla ryb w Kinsau



Ilustracja 4.26. Kanał obiegowy dla ryb w Kinsau

Poniżej głównego jazu znajduje się połączenie kanału obiegowego dla ryb i starego koryta, które dla celów operacyjnych prowadzi wody o minimalnym przepływie ok. 20 m³/s. Fotografia przedstawia górny bieg kanału obiegowego dla ryb przy zaporze Lech w Kinsau. Odcinek ten zbudowano zachowując niewielki spadek dna koryta, tak że meandrujący kształt można było osiągnąć bez wzmacniania przekroju koryta.

Największe różnice wysokości pokonano w dolnej części, zaprojektowanej w formie pochylnej dennej ryglowej o nachyleniu rzędu J = 1:20 do 1:30. Przepływ kontrolowany jest za pomocą konstrukcji wlotowej, chroniącej kanał obiegowy dla ryb podczas wezbrań.

Sytuacja przy tym piętrzeniu znacząco poprawiłaby się poprzez zastosowanie przepławki dla ryb przy głównym budynku elektrowni.

4.3. Rampy dla ryb przy stopniach wodnych

Jaz można przekształcić w rampę denną lub pochylnię denną, zajmującą całą jego szerokość tylko pod warunkiem, że nie ma potrzeby kontrolowania i zmiany poziomu piętrzenia oraz, gdy rzeka prowadzi odpowiednią ilość wody (patrz: rozdział 4.1). Często są to warunki niemożliwe do spełnienia, na przykład z powodu wymagań instalacji elektrowni wodnych, ochrony przeciwpowodziowej czy w związku z zapewnieniem wody dla rolnictwa lub hodowli ryb. W takich przypadkach, zalecanym rozwiązaniem, umożliwiającym migrację fauny wodnej będzie rampa o szerokości obejmującej część jazu, zwana rampą dla ryb (il. 4.27). Rampy dla ryb, przy stopniach wodnych, nadają się do modernizacji istniejących jazów pozbawionych przepławki.

Model rampy dla ryb przy stopniu, oparty jest na wzorcach spotykanych w naturze. Podstawowym celem tego urządzenia jest naśladowanie różnorodności strukturalnej naturalnych rzek o szybkim nurcie lub strumieni o dnie nachylonym mniej lub bardziej stromo, podobne do przedstawionych na il. 4.2.

4.3.1. Zasada funkcjonowania

Rampa dla ryb jest zazwyczaj bezpośrednio zintegrowana z konstrukcją jazu, skupiając w możliwie największym stopniu całkowity dostępny przy wodzie niskiej i średniej przepływ (il. 4.27). Na przykład, w przypadku derywacyjnych elektrowni wodnych³⁹, cały niewykorzystany przez elektrownię przepływ może być kierowany na przepławkę, natomiast jaz elektrowni może być otwarty wyłącznie podczas wezbrań powodziowych. Wielkie głazy lub progi kamienne ułożone w formie kaskady, zapewniają odpowiednią dla migrujących ryb głębokość wody i prędkości przepływów.

Szerokość ramp dla ryb przy stopniach wodnych jest zależna przede wszystkim od wielkości przepływów w okresie migracji ryb w górę cieku. Efektywność rampy może okresowo zmniejszać się, na przykład w okresie wezbrań. Zapewnienie stabilności struktury jest kluczowym czynnikiem, który należy uwzględnić przy określaniu wielkości przepławki – rampa dla ryb przy stopniu wodnym nie może zostać rozmyta podczas powodzi.

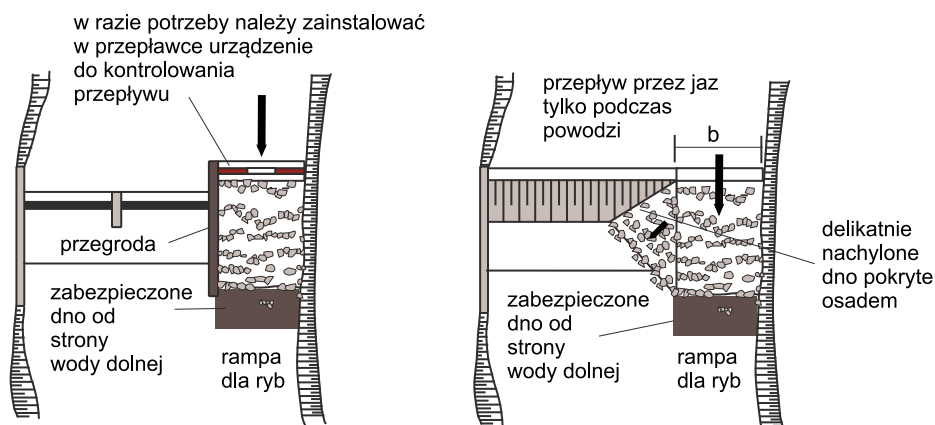
4.3.2. Projekt i wymiary

4.3.2.1. Układ w planie

Zasadniczo najkorzystniejszą lokalizacją rampy dla ryb przy stopniu wodnym jest brzeg, przy którym płynie główny nurt rzeki. Przy przelewach zanurzonych położonych ukośnie względem koryta rzeki, rampę należy zatem zlokalizować przy położonym wyżej, ostrzejszym kącie. Dla jej budowy mogą być wykorzystane istniejące, nieużytkowane kanały ulgi oraz śluzy.

Rampy dla ryb instalowane przy jazach stałych o dużym spadku, przy przeszkodach o pionowym spadku lub przy jazach szandorowych (belkowych), często muszą być ubezpieczone ścianką szczelną (patrz: il. 4.27 i 4.28). Przy stopniach wodnych, przy przelewach o łagodniejszych spadkach, mogą mieć natomiast zaprojektowaną dodatkową, bardziej stromą powierzchnię, w formie klina, zapobiegającą tworzeniu się martwego kąta (patrz: il. 4.27).

Jeśli cała woda przepływa przez przepławkę, prąd wabiący jest zawsze łatwo wyczuwalny. Możliwe jest zatem umiejscowienie wejścia do przepławki niżej względem przeszkody. Rampy łączą zazwyczaj wodę górną na poziomie przelewu, co jest zaletą pod względem technicznym, na przykład przy przekierowaniu



Ilustracja 4.27.
Rampa dla ryb przy stopniu – widok w planie

³⁹ Elektrowni zlokalizowanych na specjalnym, bocznym kanale, młynówce – *przy p. tłum.*

wody podczas prac konstrukcyjnych. Jednocześnie może zaistnieć konieczność zaprojektowania zwężonej sekcji przy wlocie wody po stronie wody górnej⁴⁰, ograniczającej przepływy przez przepławkę, szczególnie w okresach wezbrań powodziowych.

Szerokość przepławki powinna być funkcją dostępnego przepływu, ale nie może być mniejsza niż $b = 2$ m.



Ilustracja 4.28.

W tym przykładzie rampa dla ryb przy stopniu wodnym zlokalizowana jest na lewym brzegu stopnia. Przy przepływach niższych niż średni (SQ) cała woda prowadzona jest rampą. Przepławka ma formę kanału o wysokiej szorstkości z poprzecznymi ryglami. Rampa wykonana jest z narzutu kamienia łamanego. Niska ścianka wykonana z kamieni oddziela rampę od otwartej strefy wody dolnej jazu. Jaz w Krewelin, potok Dölln (Brabdenburgia)



Ilustracja 4.29.

Usytuowanie rampy dla ryb przy stopniu przy głównym jazie piętrzącym derywacyjnej elektrowni wodnej. Przy niskich przepływach cała woda kierowana jest na przepławkę, woda przepływa przez elektrownię tylko przy przepływach wysokich. Rampy dla ryb przy stopniu w Eitorf na rzece Sieg (Nadrenia Północna-Westfalia)

⁴⁰ Wyjściu z przepławki – przyp. red.

4.3.2.2. Przekrój podłużny

Wymagania ogólne dla projektów ramp dla ryb przy stopniach wodnych można podsumować następująco:

- średnia głębokość wody: $h = 30$ do 40 cm;
- nachylenie: $J < 1:20$ do $1:30$;
- maksymalna prędkość przepływu:
 $v_{\max} = 1,6$ do $2,0$ m/s;
- materiał denny: liczne szczeliny/przestrzenie interstycjalne między drobinami dna, o dużej szorstkości, zachowana ciągłość i łączność z dnem rzeki,
- kryjówki, strefy głębokiej wody i komory odpoczynku ułatwiające migrację w górę rzeki.

Rampy dla ryb przy stopniach wodnych wymagają nachylenia $1:20$ lub mniejszego. Jedyne wyjątek stanowią przepławki komorowe o zwiększonej szorstkości (patrz: podrozdział 4.3.2.7), które mogą mieć nachylenie aż do $1:10$.

Zaleca się zaprojektowanie dłuższych sekcji o łagodniejszych spadkach i głębszych komorach odpoczynku, szczególnie jeśli długość przepławki przekracza 30 m.

4.3.2.3. Korpus ramp dla ryb przy stopniach wodnych

Typy konstrukcyjne, wykorzystywane zazwyczaj dla progów dennych są następujące:

- narzut kamienny (luźna konstrukcja),
- konstrukcja z bloków kamiennych (konwencjonalna konstrukcja Schaubergera), lub
- konstrukcja rozproszona (rzędy głazów).

Typy te mogą być transponowane na rampy dla ryb przy stopniach wodnych z niewielkimi modyfikacjami, jak przedstawiono w rozdziale 4.1 i na ilustracji 4.3.

Przy budowie ramp dla ryb przy stopniach wodnych, kamień ciosany wykorzystywany jest tylko w wyjątkowych przypadkach. Generalnie, konstrukcje stanowią warstwy tłuczni na warstwie bazowej, na geowłókninie lub, jeśli to możliwe, na warstwie uszczelniającej. Budowa całego korpusu przepławki z litego materiału podnosi koszty, ale może być konieczna ze względu na stabilność budowli. W tym przypadku, szorstkość powierzchniowej warstwy betonu należy zwiększyć mocując kamienie i żwir w betonie przed jego zaschnięciem.

Ryglowe rampy dla ryb przy stopniach wodnych są często spotykanym typem konstrukcji. Pojedyncze, głęboko posadowione rzędy kamieni są ułożone tak, by tworzyć kaskadę. Zbiorniki wody (baseny) między głazami mogą być wypełnione rodzimym materiałem dennym i pozostawione naturalnym procesom korytotwórczym. W rzekach o dnie piaszczystym, zbiorniki (baseny) muszą być wypełnione tłuczniem kamiennym (wypełnieniem kamiennym), w przeciwnym wypadku staną się zbyt głębokie po wymyciu materiału przez

wody wezbraniowe. Powstające przepławki są podobne do ramp dennych z narzutu kamiennego z progami z głazów posadowionych na sztorc.

Kiedy rzeka prowadzi mało wody, mogą pojawiać się problemy wynikające z przesiąkania wody przez korpus konstrukcji przepławki. W ekstremalnych warunkach może to prowadzić do całkowitego odwodnienia konstrukcji w okresach suchych. W rzekach prowadzących dużo osadów i gdzie krawędź górna rampy dla ryb przy stopniu jest na poziomie dna wody górnej, stosunkowo szybko następuje zasypanie rampy osadami. Proces samouszczelniania przepławki może się znacznie wydłużyć, jeśli jej przelew jest posadowiony wysoko i materiał wleczony nie może się przez niego przedostać. Należy wówczas wprowadzić żwir, który wypełni szczeliny.

W przypadku cieków o zmiennych przepływach, zaleca się projektowanie ramp o przekroju poprzecznym w kształcie łuku lub klina. W głębszej, centralnej strefie, koncentruje się strumień wody podczas niskich stanów wody; w płytszych strefach, położonych przy brzegu, prędkości przepływu są odpowiednio mniejsze.

4.3.2.4. Głazy i progi kamienne

Mimo łagodnego zazwyczaj nachylenia ramp dla ryb przy stopniach, wahającego się w przedziale od $1:20$ do $1:30$ oraz mimo dna o wysokim współczynniku szorstkości, niemożliwe jest utrzymanie prędkości przepływu poniżej dopuszczalnych wartości. Z tego powodu, w takich przepławkach wprowadza się dodatkowe elementy, redukujące prędkość przepływu i zwiększające głębokość wody. Najodpowiedniejsze są do tego celu duże kamienie.

Podobnie jak w przypadku kanałów obiegowych dla ryb, w rampach dla ryb można zastosować następujące rozwiązania:

- pojedyncze, duże głazy zaburzające prostoliniowy przepływ wody; zwiększające współczynnik szorstkości przepławki i zapewniające schronienie i strefę odpoczynku dla ryb (patrz: il. 4.19);
- nieregularnie rozłożone rzędy kamieni (rygle), przecinające koryto przez całą jego szerokość. Woda może przepływać ponad lub pomiędzy kamieniami, tworzącymi swoiste komory odpoczynku (patrz: il. 4.20).

Projekt odpowiada projektowi kanału obiegowego dla ryb, przedstawionemu w rozdziale 4.2.2.4. Rzędy kamieni mają tę zaletę, że zapewniają odpowiednią głębokość wody w komorach, nawet w okresie niskiego stanu wody, a także zatrzymują drobne osady.

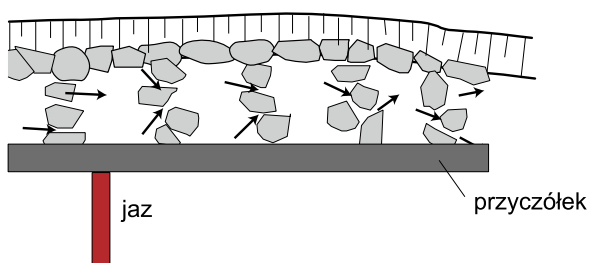
4.3.2.5. Ochrona brzegów

Brzegi ramp dla ryb przy stopniach muszą być chronione w stopniu zabezpieczającym je przed wysokimi prędkościami wody podczas wezbrań, na które są nieustannie narażone. Progi kamienne i głazy wymagają specjalnych działań zabezpieczających je przed erozją

wodną, która w przeciwnym wypadku zagrażałaby obiektowi. Brzegi muszą być ustabilizowane za pomocą bruku kamiennego lub bloków kamiennych, a umocniona strefa powinna rozciągać się powyżej linii średniej wody. Powyżej linii wody, brzegi należy zabezpieczyć roślinnością. Ilustracja 4.18 przedstawia przykłady możliwych kombinacji zabezpieczenia brzegów.

4.3.2.6. Stabilizacja dna poniżej rampy dla ryb przy stopniu wodnym

Stabilność rampy dla ryb przy stopniu jest zagrożona wymywaniem podstawy obiektu, gdzie kształtuje się niecka wypadowa, potencjalnie inicjująca erozję wsteczną. Aby ograniczyć zagrożenie erozją, należy zabezpieczyć dno tuż poniżej konstrukcji przepławki. Najwygodniejszym sposobem jest położenie wielowarstwowego narzutu kamiennego, jeśli to możliwe – położonego na warstwie bazowej.



Ilustracja 4.30. Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości (plan)

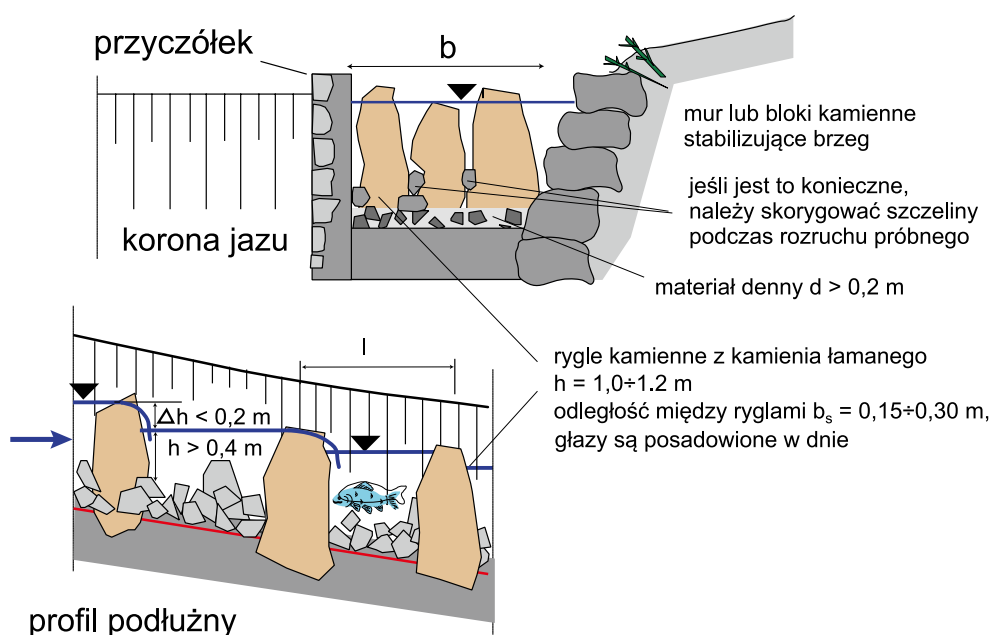
Długość zabezpieczonego odcinka zależy od długości rampy lub pochylni dla ryb przy stopniu wodnym (Gebler, 1990; Knauss, 1979; Patzner, 1982; Whittaker & Jäggi, 1986). W miejscach, gdzie dno rzeki jest odporne na erozję, minimalna długość zabezpieczonego odcinka powinna wynosić 3-5 m. Dla cieków o dnie piaszczystym, których dno jest bardziej podatne na erozję, Gebler (1990) zaleca zabezpieczenie dna na odcinku 7-10 m poniżej obiektu.

4.3.3. Konstrukcje specjalne

4.3.3.1. Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości

Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości jest wynikiem połączenia konwencjonalnej przepławki komorowej o charakterze technicznym z rampą dla ryb przy stopniu wodnym, gdzie sztuczne ścianki działowe między komorami są zastąpione rzędami pionowo postawionych podłużnych głazów. Sposób ułożenia kamieni umożliwia uzyskanie większej głębokości wody w przepławce oraz jej lokalizację na rampie o większym nachyleniu (maksymalnie do 1:10). Decydującym warunkiem jest w tym przypadku zagwarantowanie, że różnice poziomów wody między komorami nie przekroczą $\Delta h = 0,2$ m, a maksymalne prędkości przepływu nie będą większe niż dopuszczalne $v_{\max} = 2,0$ m/s. Zasadniczo, przepławki komorowe o zwiększonej szorstkości, wymagają solidnych, betonowych lub murowanych ścianek działowych, oddzielających przepławkę od korpusu jazu (patrz: il. 4.30).

Ten typ przepławki jest szczególnie odpowiedni dla strumieni (rithralu), gdzie konstrukcja przepławki musi się zmieścić na niewielkiej przestrzeni.



Ilustracja 4.31.

Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości (przekrój poprzeczny przez koryto i przekrój podłużny)

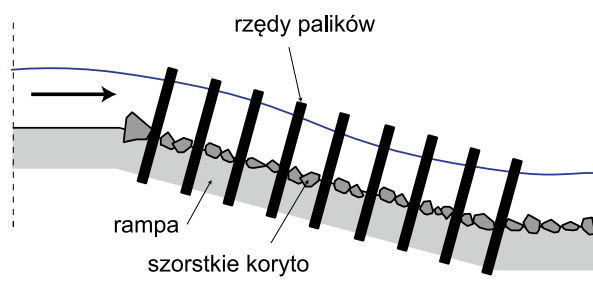
Szerokość koryta powinna wynosić nie mniej niż 1,5 m, a odległość między rzędami kamieni powinna mieścić się w przedziale od 1,5 m do 2,5 m. Minimalna wymagana głębokość wody wynosi $h = 0,4$ m.

Koryto przepławki może być zbudowane z betonu pod warunkiem jednak, że projektant zakłada wielkie przepływy wód powodziowych. Lepszym rozwiązaniem jest narzut kamienny.

Rzędy kamieni (rygle) układa się z dużych kamieni (ciosane głazy), posadowionych w warstwie tworzącej dno przepławki (il.4.31). W zależności od spodziewanych przepływów, głazy są posadawiane na głębokość ok. 0,40 m w narzucie kamiennym lub w betonie (przed stwardnieniem); można je również mocować w betonowych progach. Głazy powinny być posadowione w taki sposób, aby woda przepływała między nimi, a nie ponad nimi. Odstępy między poszczególnymi kamieniami nie powinny być mniejsze niż 0,20 cm, żeby większe ryby mogły się prześlizgnąć, jak również, by uniknąć zatkania przepławki materiałem niesionym przez rzekę.

Rzędy głazów powinny tworzyć rozgałęzienia zarówno wzdłuż, jak i w poprzek przepławki, tak aby zapewnić lepsze rozbicie kierunków przepływu oraz rozproszyć energię wody w komorach przepławki. Strumienie przepływającej wody powinny zawsze rozbijać się o kamienie położone rząd niżej, nie pozwalając na tworzenie się jednolitych, szybkich strumieni.

Ponieważ dla tak złożonych struktur niemożliwe jest precyzyjne obliczenie charakterystyk przepływu, istnieje ryzyko, że przepławka nie będzie funkcjonować poprawnie bez uprzedniego wykonania testów i ewentualnych poprawek. Istotne jest zatem przeprowadzenie starannych badań podczas fazy konstrukcji obiektu, których rezultatem będzie ostateczne określenie położenia głazów w rzędach.



Ilustracja 4.32. Rampa denna palisadowa (przekrój podłużny – schemat)

4.3.3.2. Rampy denne palisadowe

Innym specjalnym typem konstrukcji przepławki dla ryb jest tak zwana przepławka w formie rampy dennej palisadowej (il. 4.32), w której paliki drewniane redukują prędkość przepływu w stopniu umożliwiającym wędrówkę ryb w górę rzeki (Geitner & Drewes, 1990).

Jest to rozwiązanie zalecane szczególnie wtedy, gdy niemożliwe jest wykorzystanie do budowy przepławki kamieni, ponieważ np. nie pasowałyby one do ogólnego charakteru rzeki.

W rampie dennej palisadowej w równych odstępach mocuje się pale, nieregularnie w odstępach równych pięcio- do dziesięciokrotnej ich średnicy, bądź w rzędach. Pale wbija się w korpus rampy lub zabetonowuje, jeśli korpus przepławki będzie wylany z betonu. Średnica pali powinna mieścić się w zakresie 10-30 cm. Długość pali powinna być tak dobrana, aby woda przepływała między nimi, nie przelewając się przez ich rzędy, z wyjątkiem krótkich okresów wezbrań. Aby wspomóc samooczyszczanie zaleca się, aby pale były nachylone w dół rzeki, powodując ich zanurzenie podczas wysokich przepływów.

W przeciwieństwie do innych typów konstrukcji, rampy denne palisadowe są stosunkowo niewrażliwe na zmiany poziomu wody górnej, pod warunkiem jednak, że przepławka jest dostatecznie długa. Zgodnie z prawem Darcy'ego-Weisbacha (patrz: wzór (4.1), rozdz. 4.4.1) dla danego przepływu Q (przy głębokości h), średnia prędkość przepływu w każdym przekroju rampy będzie jednakowa.


4.3.4. Ocena ogólna

Przepławki komorowe o zwiększonej szorstkości są konstrukcjami typu naturopodobnego i charakteryzują się następującymi cechami:

- są odpowiednie dla uzupełnienia jazów stałych o niewielkim poziomie piętrzenia;
- mogą je pokonać małe ryby, narybek i zoobentos;
- są odpowiednie dla zapewnienia możliwości migracji ryb w dół rzeki;
- mają atrakcyjny wygląd, dzięki podobieństwu do naturalnych struktur;
- w porównaniu do innych typów konstrukcji, wymagają niewielkich nakładów na utrzymanie;
- są odporne na zamulanie, osady; osady i unoszące się drobiny oraz wszelkie śmieci niesione podczas powodzi nie wpływają natychmiastowo negatywnie na efektywność funkcjonowania przepławki;
- prąd wabiący powstający w przepławkach komorowych o zwiększonej szorstkości jest satysfakcjonujący i łatwo odnajdywany przez ryby.

Wady przepławk komorowych o zwiększonej szorstkości:

- wrażliwość na wahania poziomu wody górnej;
- dla prawidłowego funkcjonowania potrzebują wysokich przepływów;
- wymagają dużej przestrzeni.

RAMPA DLA RYB PRZY STOPNIU WODNYM W ESELSBRÜCKE			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Elz, Badenia-Wirtembergia, niesie dużo rumoszu	Szerokość:	$b = 2,5$ do $3,5$ m
Przepływ:	$SQ = 2,0$ m ³ /s $WQ_{100} = 147$ m ³ /s	Nachylenie:	$J = 1:20$
Wysokość spadku wody:	$h = 1,20$ m	Długość:	$L = 30$ m
Przeszkoda:	Jaz stały położony ukośnie względem koryta rzeki	Głębokość wody:	$h = 0,2$ do $0,4$ m
Funkcja:	Próg ochronny	Maksymalna prędkość przepływu:	$v_{max} = 1,5$ m/s
		Przepływ:	$Q = 0,3$ do $0,4$ m ³ /s
		Rok budowy:	1993
Opis konstrukcji			
<p>Rampę przy jazie Eselsbrücke na rzece Elz zbudowano w części jazu położonej wyżej względem biegu rzeki. Przepławka dobrze wkomponowała się w krajobraz oraz istniejącą konstrukcję przelewową, dzięki umiejscowieniu jej między istniejącym stromym brzegiem rzeki i korpusem jazu. W celu połączenia rampy dla ryb z wodą górną, w przelewie jazu wykonano wycięcie szerokości ok. 4 m.</p> <p>Szkielet korpusu rampy dla ryb zawiera poprzeczne rzędy kamieni (rygle) wykonane z pogrupowanych głazów ($h = 1,0$ do $1,5$ m). Przestrzeń pomiędzy grupami kamieni została wypełniona mieszaniną kamieni rzecznych i żwiru. Zmniejszenie dynamiki przepływu spowodowało ograniczone kształtowanie się komór (zbiorników pośrednich) oraz odkładanie się żwiru.</p>			
			
<p>Ilustracja 4.33. Rampa przy jazie Eselsbrücke (widok od strony wody dolnej)</p> <p>Płytką przepławka w kształcie klina, dobrze wkomponowuje się w istniejącą konstrukcję jazu i umocnienia brzegowe.</p>			

RAMPA DLA RYB W DATTENFELD			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Sieg, Nadrenia Północna-Westfalia	Szerokość:	b = 10 m
Przepływ:	SNQ = 3,0 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:20
	SQ = 21,0 m ³ /s	Długość:	L = 50 m
	WWQ = 612 m ³ /s	Przepływ:	Q = 2,0 m ³ /s
Zapora:	Stały próg piętrzący	Maksymalna prędkość przepływu:	v _{max} = 1,5 do 2,0 m/s
Wysokość spadku wody:	h = 1,80 m	Rok budowy:	1987
Szerokość:	b = 90 m	Administrator:	StAWA: Staatliche Ämter für Wasser- und Abfallwirtschaft (Biuro Rządowe ds. Gospodarowania Wodami i Gospodarki Ściekowej)

Opis konstrukcji

Rampę wkomponowano w obszar między prawym brzegiem i istniejącym jazem stałym. Korpus rampy wykonano w postaci jednolitej betonowej struktury, w której, przed stężeniem betonu, zamocowano ciosane kamienie, warstwę żwiru i tłucznia kamiennego, dochodzące do 80 cm i rozmieszczone tak, że odległość pomiędzy nimi wynosi około 1,5 m, redukując prędkość przepływu i stwarzając kryjówki dla ryb wstępujących po rampie. Przepławka, zwłaszcza przy brzegach, jest raczej płytka, co umożliwia pokonanie przeszkody nawet słabszym gatunkom ryb i faunie bentosowej.



Ilustracja 4.34.

Rampa dla ryb Dattenfeld/Sieg (widok ogólny progu dennego z rampą dla ryb)



Ilustracja 4.35.

Rampa dla ryb w Dattenfeld. Widok od strony wody dolnej

RAMPA PRZY STOPNIU W DELMENHORST			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Delme, Dolna Saksonia	Szerokość:	b = 2,4 m do 4,5
Przepływ:	SNQ = 0,3 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1 : 41,5
	SQ = 1,0 m ³ /s	Długość:	L = 27 m
	SWQ = 5 m ³ /s	Głębokość wody:	h = 0,30 do 0,7 m
Poziom piętrzenia:	h ≈ 0,6 m	Maksymalna prędkość przepływu:	v _{max} = 1,3 do 1,4 m/s
Sposób użytkowania:	Dawniej wykorzystywana do poboru wody pitnej	Rok budowy:	1993
		Administrator:	Ochtumverband

Opis konstrukcji

Jedno z trzech istniejących urządzeń spustowych jazu zostało zastąpione rampą dla ryb o łagodnym nachyleniu. Przez przepławkę prowadzona jest woda do osiągnięcia przepływu średniego niskiego; woda przelewa się przez jaz tylko podczas większych stanów wody.

Betonowa ściana oddziela konstrukcję od centralnej części jazu. Rampa dla ryb zawiera rygle (poprzecznie ułożone rzędy kamieni) wykonane z większych głazów, ułożone w odległości od 4 do 5,5 m od siebie. Głazy położone są na gabionach. Przy ryglach pojawiają się różnice poziomów wody rzędu 10 cm. Tworzą się również komory. Zarówno komory, jak i odstępy między głazami, są pokryte ciągłą warstwą szorstkiego żwiru i kamieni, grubości ok. 25 cm, w której znajdują się liczne przestrzenie interstycjalne.

Przepławkę można zamknąć dla celów remontowych za pomocą wrót w strefie wlotowej, przez które woda wpływa do przepławki i które jednocześnie chronią przepławkę przed materiałem niesionym.



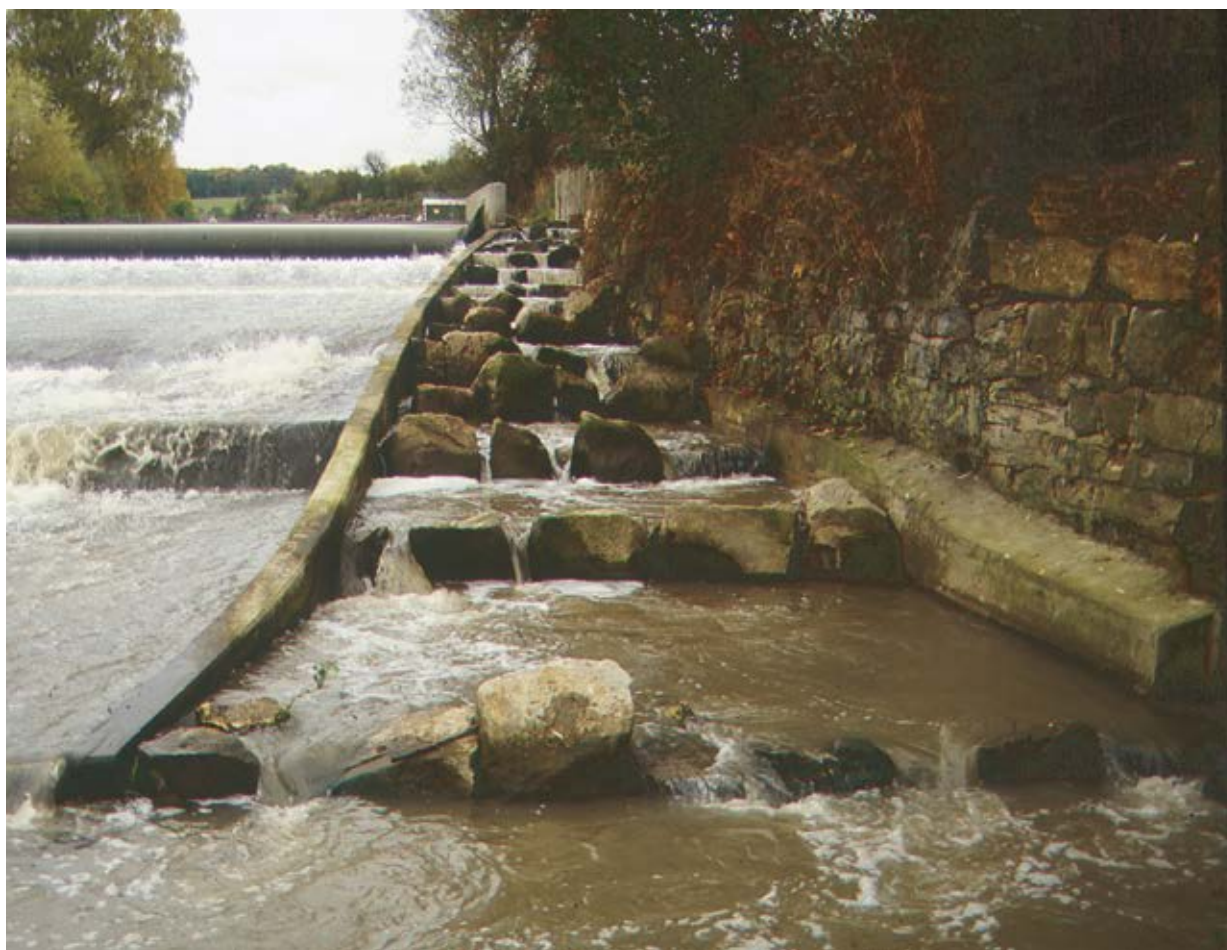
Ilustracja 4.36. Rampa dla ryb Delmenhorst

Widok od strony wody górnej, tuż przed ukończeniu prac. Rampę dla ryb o łagodnym spadku pokryto równomierną warstwą materiału dennego złożonego ze żwiru i kamieni. Wejście i wyjście przepławki zbudowano w strefie wody górnej i w strefie wylotu wody³, w bezpośrednim sąsiedztwie jazu, dzięki czemu uniknięto powstawania „martwej strefy”. Szorstka powierzchnia i konstrukcja o łagodnym nachyleniu, mogą być pokonane przez wszystkie organizmy wodne.

UHINGEN – PRZEPŁAWKA KOMOROWA O ZWIĘKSZONEJ SZORSTKOŚCI			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Fils, Badenia-Wirtembergia	Przepływ:	$Q = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$
Typ konstrukcji:	Jaz walcowy	Szerokość:	$b = 1,90 \text{ m}$
Wysokość:	$h_c = 3,6 \text{ m}$	Nachylenie:	$J = 1:9$
Przepływ:	$SNQ = 9,8 \text{ m}^3/\text{s}$	Długość:	$L = 32 \text{ m}$
	$WQ_{100} = 284 \text{ m}^3/\text{s}$	Maksymalna prędkość przepływu:	$v_{\max} = 1,3 \text{ do } 1,4 \text{ m/s}$
Sposób użytkowania:	Produkcja energii elektrycznej	Głębokość wody:	$h = 0,6-0,8 \text{ m}$
		Rok budowy:	1989

Opis konstrukcji

Fils jest zmodyfikowanym hydraulicznie, niosącym duże ilości rumoszu, strumieniem o charakterze górskim; spadek wynosi $i = 2 \%$, szerokość dna koryta $b = 10 \text{ do } 15 \text{ m}$, substrat denny – od kamiennego do żwirowego. Konstrukcja została zlokalizowana obok istniejącego, położonego przy lewym brzegu, muru oporowego i oddzielona od korpusu jazu niską betonową ścianką działową. Głazy posadowione na krawędzi, zostały zanurzone w betonowe podłoże, na którym położono warstwę substratu – żwiru i tłucznia, o średnicy około $0,2 \text{ m}$ i kilka większych kamieni. Progi kamienne znajdują się w odległości od $1,65 \text{ m}$ do $3,15 \text{ m}$. Początkowo obawiano się, że z powodu nieregularnego przepływu w poszczególnych sekcjach przy pojedynczych progach pojawią się duże różnice głębokości wody (i prędkości przepływu), to jednak nie zostało potwierdzone podczas testów. Mimo, że podczas budowy konieczne było przeprowadzenie niektórych dodatkowych prac, obejmujących powiększenie lub zatykanie szczelin, głębokości wody oraz różnice w poziomach wody wyznaczone na początku prac, mieściły się w ramach określonych limitów.



Ilustracja 4.37. Przepławka komorowa o zwiększonej szorstkości w Uhingen/Fils. Widok od strony wody dolnej

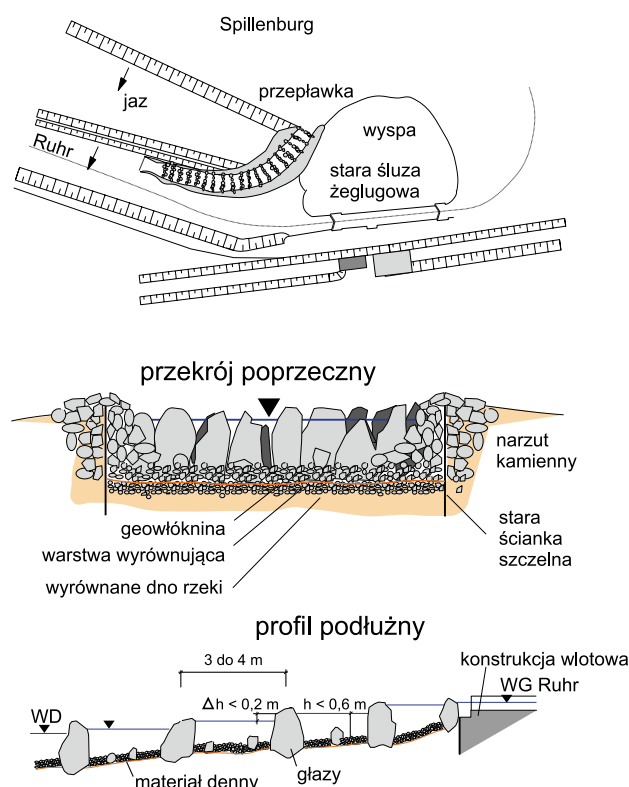
RAMPA DLA RYB PRZY JAZIE SPILLENBURG			
Szczegóły dotyczące rzeki		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Ruhr, Nadrenia Północna-Westfalia	Przeptyw:	$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$
Przeptyw:	SNQ = $20 \text{ m}^3/\text{s}$	Szerokość:	$b = 10 \text{ m}$
	SQ = $70 \text{ m}^3/\text{s}$	Nachylenie:	$J = 1:25$
	WWQ = $2300 \text{ m}^3/\text{s}$	Długość:	$L = \text{ok. } 102 \text{ m}$
Typ konstrukcji:	Dwustopniowy jaz stały	Głębokość wody:	$h = 0,6 \text{ do } 1,0 \text{ m}$
Wysokość:	$h_c = 2,6 \text{ m}$	Rok budowy:	1993
Sposób użytkowania:	Produkcja energii elektrycznej, zaopatrzenie w wodę	Administrator:	STAWA Herten (Biuro Rządowe ds. Gospodarowania Wodami i Gospodarki Ściekowej)

Opis konstrukcji

Rampę dla ryb zbudowano po lewej stronie jazu Spillenburg, gdzie różnica poziomów wody wynosi ok. 2,60 m przy stanie wody niskiej. Boki konstrukcji zabezpieczono elementami stalowymi, chroniącymi obiekt podczas wezbrań. Szyny stalowe przykryto tłuczniem kamiennym, są zatem niewidoczne. Przepławkę podzielono na 17 basenów (o długości $L = 3\text{--}4 \text{ m}$), ukształtowanymi pomiędzy rzędami głazów (ryglami) – każdy ważący do 1,5 t. Głazy posadowiono bezpośrednio na korpusie konstrukcji i zaklinowano o siebie wzajemnie. Baseny wypełniono 20 cm warstwą żwiru i kamieni. Celowo zrezygnowano z zastosowania betonu. Przepływ kontrolowany jest przez regulowalne urządzenie wpustowe.



Ilustracja 4.38. Mocowanie rygli



Ilustracja 4.39. Plan i projekt

RAMPA DLA RYB PRZY JAZIE SPILLENBURG

Ilustracja 4.40. Rampa dla ryb przy jazie Spillenburg. Zdjęcie z budowy



Ilustracja 4.41. Rampa dla ryb przy jazie Spillenburg. Zdjęcie po zakończeniu prac

4.4. Projekt hydrauliczny

Dla sporządzenia projektu hydraulicznego przepławek dla ryb, należy rozróżnić dwa podstawowe typy przepływów:

- przepływ normalny** – rozumiany jako przepływ zawierający się w normalnie obserwowanych przepływach, który może być przekroczony lub nieosiągnięty tylko w okresie kilku dni w roku, i dla którego funkcjonowanie przepławki musi być zagwarantowane. Przepławka musi być zaprojektowana w sposób umożliwiający jednoczesne zabezpieczenie odpowiedniej głębokości wody oraz zapewnienie dopuszczalnych prędkości przepływu wody.
- przepływ ekstremalny** – przepływ, przy którym występują wezbrania i powodzie, który jest obserwowany w wieloletnich odstępach czasu, ale którego warunki muszą być uwzględnione przy projektowaniu przepławki, tak aby zagwarantować jej trwałość. Jako że ryby nie podejmują prób wstępowania podczas trwania wielkich przepływów, czynnik ten nie musi być uwzględniany przy określaniu warunków migracji ryb. Przepływ krytyczny dla przepławki może być ograniczony lub dostosowany za pomocą odpowiednio zaprojektowanego urządzenia wlotowego (wyjścia z przepławki) lub urządzeń regulacyjnych.

4.4.1. Obliczenia dotyczące przepływu

Zalecana obecnie metodyka obliczeń hydraulicznych dla wód płynących była przedstawiona w Wytycznych DVWK 220/1991. Obliczenia średniej prędkości przepływu w korycie otwartym bazują na równaniu Darcy'ego-Weisbach'a:

$$v_m = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{8 g r_{hy} i} \quad [\text{m/s}] \quad (4.1)$$

gdzie $r_{hy} = \frac{A}{l_u} \quad [\text{m}] \quad (4.1a)$

Współczynnik oporu λ jest obliczany dla wód płynących w szorstkim korycie, przy założeniu przepływu jednostajnego i ustalonego, z następującej formuły:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{k_s / r_{hy}}{14,84} \quad [-] \quad (4.2)$$

(powyższa równość jest prawdziwa dla $k_s < 0,45 r_{hy}$),

w której współczynnik szorstkości piasku o średnicy k_s zastąpiono, dla potrzeb obliczeń, średnią średnicą otoczek d_s , a d_{90} – w przypadku mieszanego materiału dennego – przez średnicę ziaren.

Scheuerlein (1968) podaje zależność (4.3) dla współczynnika oporu przy przepływie turbulentnym w szorstkim korycie i rampie z kamienia ciosanego. Przy pominięciu zawartości powietrza w wodzie oraz zakładając wartość współczynnika upakowania dla kamienia ciosanego i ułożonego równą 0,5, formułę tę można zapisać:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -3,2 \log \left((0,425 + 1,01 i) \frac{k}{h_m} \right) \quad [-] \quad (4.3)$$

Równość jest prawdziwa dla:

$$i = 1:8 \text{ do } 1:15,$$

$$d_s = 0,6 \text{ do } 1,2 \text{ m}$$

Szorstkość k ułożonego kamienia ciosanego może być szacowana jako:

$$k \approx (0,33 \div 0,50) d_s$$

Na podstawie średniej prędkości przepływu v_m oraz powierzchni przekroju przepływowego A , wielkość przepływu Q w korycie obliczyć można ze wzoru:

$$Q = v_m \cdot A \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.4)$$

4.4.2. Opory przepływu kamieni zaburzających przepływ

W kanałach obiegowych dla ryb i przepławkach komorowych o zwiększonej szorstkości, jak pokazano na il. 4.42, wpływ szorstkości koryta jest zdominowany przez opory przepływu głazów. Współczynnik λ_c występujący w równaniu (4.1) może być obliczony na podstawie następujących zależności (patrz: Rouvé, 1987):

$$\lambda_c = \frac{\lambda_s + \lambda_o (1 - \varepsilon_o)}{(1 - \varepsilon_v)} \quad [-] \quad (4.5)$$

gdzie:

$$\varepsilon_v = \frac{\Sigma V_s}{V_c} = \frac{\text{objętość zanurzonych kamieni}}{\text{całkowita objętość } A \cdot l} \quad [-] \quad (4.5a)$$

$$\varepsilon_o = \frac{\Sigma A_s}{A_{o,c}} = \frac{\text{powierzchnia kamieni}}{\text{całkowita powierzchnia kamieni } l_u \cdot l} \quad (4.5b)$$

$$\lambda_s = 4 c_w \frac{\Sigma A_s}{A_{o,c}} \quad [-] \quad (4.5c)$$

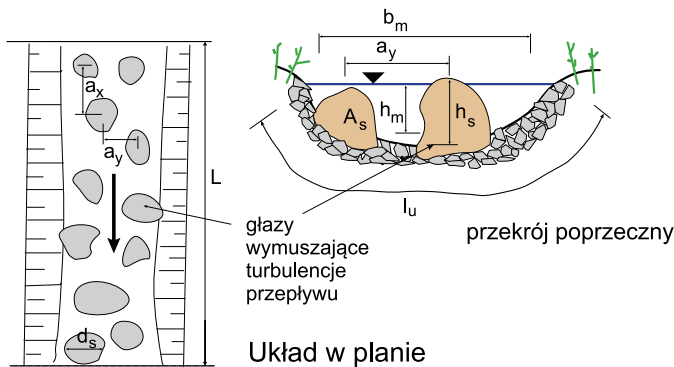
gdzie:

$$c_w \approx 1,5 \text{ jest współczynnikiem szorstkości, zaś } A_s = d_s h^* \text{ odpowiada powierzchni zwilżonej głazów} \quad (4.5d)$$

gdzie:

zmienna h^* odpowiada średniej głębokości wody h_m , jeśli woda omywa głazy,

lub h_s – wysokości głazów całkowicie zanurzonych.



Ilustracja 4.42. Kanał obiegowy dla ryb z głazami

Współczynnik oporu λ_0 może być określony w przybliżeniu na podstawie promienia hydraulicznego r_{hy} całkowitego przekroju, zgodnie z równaniem (4.2). W porównaniu do współczynnika oporu głazów, będzie on niewielki.

W praktyce, w równaniu (4.5) zazwyczaj pomija się ε_v i ε_o , a całkowity współczynnik oporów λ_c oblicza się na podstawie superpozycji poszczególnych oporów cząstkowych (dna λ_0 i głazów λ_s):

$$\lambda_c = \lambda_s + \lambda_0 [-] \quad (4.6)$$

gdzie $\lambda_s = c_w \frac{4A_s}{a_x a_y} [-]$ (Współczynnik oporu głazów) (4.6a)

oraz $A_s \cdot d_s \cdot h^* [m^2]$ (4.6b)

przy: d_s , a_x , a_y , jak w il. 4.42

a_x oraz a_y odpowiadają średniej odległości między poszczególnymi głazami, zgodnie z kierunkiem przepływu (a_x) i prostopadle do niego (a_y), podczas gdy w niewielkich korytach o dużej szorstkości z tylko jednym głazem, a_y zamienia się z parametrem szerokości koryta b .

Dla ramp dennych palisadowych c_w może być przybliżone do $c_w = 1,0$ (Geitner & Drewes, 1990). Średnią prędkość przepływu otrzymuje się ponownie z równania (4.1), zaś wielkość przepływu z równania (4.4). Maksymalne prędkości przepływu w przekrojach między kamieniami mają kluczowe znaczenie dla umożliwienia rybom pokonania przepławki. Mogą być one określone z pewnym przybliżeniem na podstawie równania:

$$v_{max} = \frac{v_m}{1 - \frac{\sum A_s}{A_c}} [m/s] \quad (4.7)$$

gdzie:

A_c – to pole niezaburzonego (bez głazów) przekroju przepływu;

$\sum A_s$ – to suma powierzchni zwilżonych wszystkich głazów w najwęższym przekroju.

Wybrane nachylenie, odległości między głazami i średnice głazów powinny być tak dobrane, aby przepływ odbywał się w warunkach ruchu spokojnego. Zmiany w charakterze przepływu i układzie prądów mogą być dopuszczone lokalnie, jedynie w wąskich szczelinach między kamieniami.

Zgodnie ze współczesną wiedzą dotyczącą sprawdzalności przedstawionych kalkulacji, obliczeń, w szczególności tych związanych ze współczynnikiem oporów $c_w \approx 1,5$, powyższe kalkulacje powinny być ograniczone do następujących zakresów:

odległość między głazami: $a_x = a_y = (1,5 \div 3) \cdot d_s$
 $a_y - d_s > 0,3 \text{ m}$,
 głębokości wody: $h_m / h_s < 1,5 \text{ m}$,
 nachylenie dna: $J = 1:20$.

Uwagi

Poza kształtem głazów, współczynnik oporów opływu c_w wspomniany w równaniach (4.5c) i (4.6a) jest pod znacznym wpływem układu strug kształtujących się za kamieniami położonymi tuż powyżej. Współczynnik oporu c_w zmienia się również, jeśli głazy są zanurzone. Kilka dostępnych publikacji naukowych, dotyczących tego problemu przedstawia wartości c_w , zarówno większe, jak i mniejsze niż $c_w = 1,5$. Wciąż istnieje duże zapotrzebowanie na dalsze badania poświęcone tym zagadnieniom. Wymagane jest zatem przeprowadzanie kolejnych testów laboratoryjnych i terenowych.

Przykładowe obliczenia

Przy jazie głównym elektrowni derywacyjnej zostanie zbudowana przepławka w formie rampy dla ryb, dla której minimalny wymagany przepływ wynosi $Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Nachylenie J dna obiektu będzie wynosić $1:25$ ($i = 0,04$), a głębokość wody $h = 0,40 \text{ m}$. Korpus przepławki będzie zbudowany z kamieni ciosanych, których szorstkość ocenia się na $k_s = 0,12 \text{ m}$. Głazy postawione na sztorc powinny zapewnić redukcję prędkości przepływu i strefy odpoczynku dla ryb. Przeciętna średnica głazów $d_s = 0,6 \text{ m}$. Przepławka będzie mieć przekrój trapezu, jak pokazano na il. 4.43, stąd podstawowe parametry obiektu wyniosą:

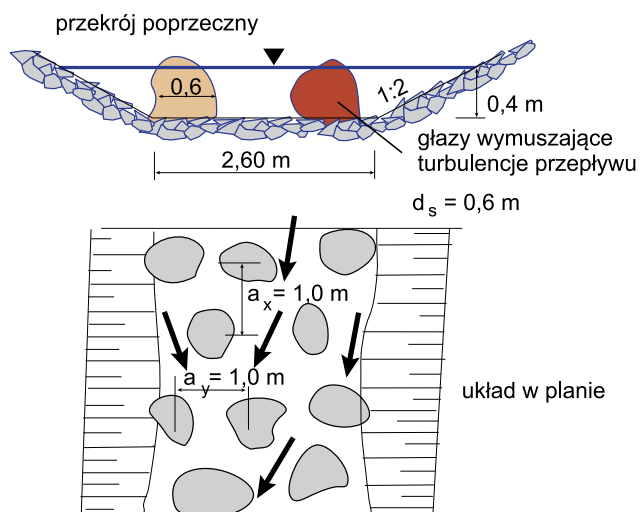
Powierzchnia przepływu: $A = 2,6 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,4^2 = 1,36 \text{ m}^2$

Obwód zwilżony: $l_u = 2,6 + 2 \cdot 0,4 \sqrt{1+2^2} = 4,39 \text{ m}^2$

Promień hydrauliczny: $r_{hy} = \frac{A}{l_u} = \frac{1,36}{4,39} = 0,31 \text{ m}$

Szerokość przepławki na poziomie wody:

$$b_{sp} = 2,6 + 2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 4,20 \text{ m}$$



Ilustracja 4.43. Schemat przepławki ilustrujący przykładowe obliczenia

Głazy powinny być posadzone tak, aby średnie odległości między nimi wynosiły $a_x = a_y = 1,0$ m, jak pokazano na il. 4.43. Dla odcinka koryta o długości $L = 10$ m potrzeba około 28 głazów.

Powierzchnia zwilżona każdego głazu wynosi:

$$A_s \approx 0,6 \cdot 0,4 = 0,24 \text{ m}^2$$

Obliczenia są przeprowadzane dla odcinka o długości $L = 10$ m, współczynniki objętości ϵ_v i powierzchni ϵ_o są następujące:

$$\epsilon_v = \frac{28 \frac{\pi}{4} d_s^2 h}{L A} = \frac{28 \frac{\pi}{4} 0,6^2 0,4}{10 \cdot 1,36} = 0,233$$

$$\epsilon_o = \frac{28 \frac{\pi}{4} d_s^2 h}{L l_u} = \frac{28 \frac{\pi}{4} 0,6^2}{10 \cdot 4,36} = 0,18$$

Opierając się na $\Sigma A_s = 28 \cdot 0,24 = 6,72 \text{ m}^2$

oraz $\Sigma A_{o,c} = L \cdot l_u = 10 \cdot 4,39 = 43,9 \text{ m}^2$

współczynnik oporu głazów λ_s może być obliczony jako:

$$\lambda_s = 4 c_w \frac{\Sigma A_s}{A_{o,c}} = 4 \cdot 1,5 \frac{6,72}{43,9} = 0,92$$

Uwzględniając szorstkość dna, współczynnik oporu λ_o oblicza się z równania (4.2) w następujący sposób:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_o}} = -2 \log \frac{0,12/0,31}{14,84} = 3,16 \rightarrow \lambda_o = 0,10$$

Stąd całkowity współczynnik oporu λ_c wynosi, zgodnie z równaniem (4.5):

$$\lambda_c = \frac{\lambda_s + \lambda_o (1 - \epsilon_o)}{1 - \epsilon_v} = \frac{0,92 + 0,1(1 - 0,18)}{1 - 0,233} = 1,31$$

Średnią prędkość przepływu oblicza się na podstawie równania (4.1), jako:

$$v_m = \sqrt{\frac{8 g r_{hy} i}{\lambda_c}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9,81 \cdot 0,31 \cdot 0,04}{1,31}} = 0,86 \text{ m/s}$$

wtedy przepływ wyniesie:

$$Q = v_m \cdot A = 0,86 \cdot 1,36 = 1,17 \text{ m}^3 / \text{s} \approx 1,20 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Zatem, jak wykazano powyżej, projektowana rampa dla ryb może sprostać przepływowi założonemu w danych do ćwiczenia. Maksymalna prędkość przepływu v_{max} pojawi się w największych przekrojach obiektu, gdzie głazy będą posadzone równolegle względem siebie. Z równania (4.7) otrzymujemy:

$$v_{max} = \frac{v_m}{1 - \frac{\Sigma A_s}{A_c}} = \frac{0,86}{1 - \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 0,6}{1,36}} = 1,83 \text{ m/s}$$

$v_{max} < v_{dop} = 2,0 \text{ m/s}$ (Najwyższa dopuszczalna prędkość przepływu)

Aby określić charakter strumieni (prądów) wody, które wytworzą się w przepławce (w przekrojach pozbawionych kamieni), oblicza się liczbę Froude'a:

$$Fr^2 = \frac{v_m^2 b_{sp}}{g A_c} = \frac{0,86^2 \cdot 4,20}{9,81 \cdot 1,36} = 0,233 \rightarrow Fr = 0,48 \quad (4.8)$$

Jako że liczba Froude'a jest $Fr < 1$, mamy do czynienia z przepływem spokojnym (nadkrytycznym). W największych przekrojach koryta, gdzie:

$$b_e = b_{sp} - 3 \cdot d_s = 4,2 - 3 \cdot 0,6 = 2,4 \text{ m}$$

$$A_e = A_c - \Sigma A_s = 1,36 - 3 \cdot 0,24 = 0,64 \text{ m}^2$$

liczba Froude'a wynosi:

$$Fr_e^2 = \frac{v_{max}^2 b_e}{g A_e} = \frac{1,83^2 \cdot 2,4}{9,81 \cdot 0,64} = 1,28 \rightarrow Fr_e = 1,13 \quad (4.8a)$$

Czyli $Fr_e > 1$, co oznacza, że w przepławce pojawią się warunki ruchu rwącego (podkrytycznego). Jednak dopóki wartość kryterialnej liczby Froude'a jest $Fr_e < 1,7$, nie wystąpi zjawisko odskoku hydraulicznego. Dlatego rozproszenie energii musi być zapewnione przez uderzenie strumienia wody w głazy posadzone poniżej zwierzenia.

Dla porównania:

Uprozczone obliczenia, przeprowadzone zgodnie z równaniem (4.6), prowadzą do stosunkowo podobnych wyników. Kiedy współczynnik szorstkości dna wynosi powyżej określone $\lambda_0 = 0,10$:

$$\lambda_s = 4 c_w \frac{A_s}{a_x a_y} = 4 \cdot 1,5 \frac{0,4 \cdot 0,6}{1,0 \cdot 1,0} = 1,44$$

oraz $\lambda_c = \lambda_s + \lambda_0 = 1,54$

wtedy średnia prędkość przepływu będzie rzędu:

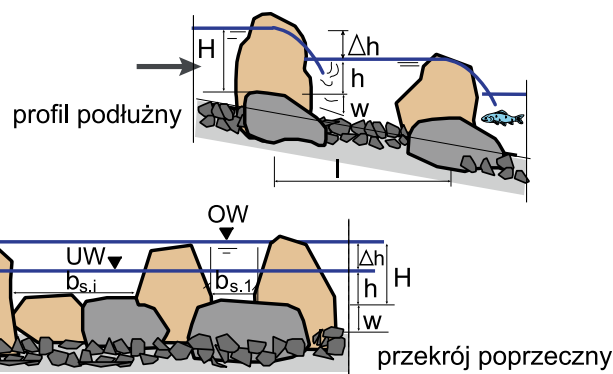
$$v_m = \sqrt{\frac{8 g r_{hy} i}{\lambda_c}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9,81 \cdot 0,31 \cdot 0,04}{1,54}} = 0,79 \text{ m/s}$$

a maksymalna wartość $v_{max} = 1,68 \text{ m/s}$ i ostatecznie przepływ wyniesie $Q = 1,08 \text{ m}^3/\text{s}$, co różni się od pierwotnie otrzymanych wyników o ok. 8%.

4.4.3. Obliczenia projektowe dla progów z głazów

Progi kamienne składają się z głazów (rygli) i zbiorników (basenów) kształtujących się w związku ze stawianym przez nie oporem. Między rzędami kamieni znajdują się przerwy, dzięki czemu woda przepływa między kamieniami. Podczas niskich stanów wody i gdy koryto jest dostatecznie szerokie, często konieczne jest częściowe zatkanie szczelin między głazami – jak przedstawiono na il. 4.44 – na przykład projektując progi kamienne z płaskiego kamienia. W ten sposób stwarza się możliwość zatrzymania wody i zwiększenia głębokości wody podczas niskich przepływów.

Zgodnie z prawami hydrauliki, charakterystyki przepływu wody ponad progami kamiennymi odpowiadają przepływowi ponad przelewem stałym, gdzie należy rozróżnić dwa podstawowe przypadki: niecałkowitego i całkowitego zanurzenia głazów.



Ilustracja 4.44. Schemat do obliczeń hydraulicznych kanału obiegowego dla ryb i rampy o konstrukcji ryglowej

Granica między całkowitym i niecałkowitym przelewaniem się wody ponad kamieniami jest determinowana przede wszystkim przez stosunek h/H , ale także przez kształt progę; patrz: Preissler/Bollrich (1992), rozdział 9.

Dla wstępnych obliczeń projektowych, wystarczającym jest określenie przepływu Q ze wzoru na przelew:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sigma \Sigma b_s \sqrt{2 g} H^{3/2} \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (4.9)$$

gdzie: Σb_s – suma szerokości szczelin hydraulicznie czynnych.

Stromy spadek złamano wykorzystując rygle kamienne. Dno przepławki między progami (ryglami) jest nieumocnione, co pozwala na tworzenie się naturalnie wyglądających basenów.

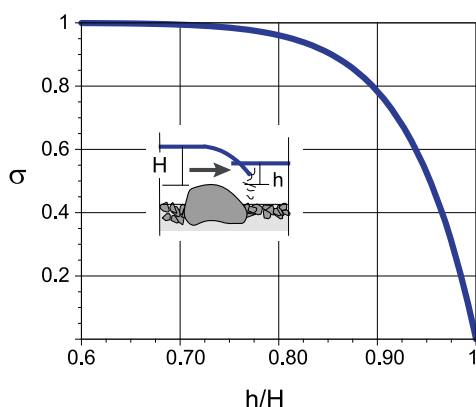


Ilustracja 4.45. Pochylnia dla ryb przy zaporze Lech w Kinsau

W przypadku, gdy niezakłócone przekroje poprzeczne mają różną wysokość lub gdy progi kamienne są zanurzone w całej szerokości przepławki (w tym duże głazy), przepływ Q musi być określany odcinek po odcinku. Uwzględniając współczynnik wydatku dla przepławki μ można skorzystać z wartości znanych dla przelewów: o ostrej krawędzi, o szerokiej koronie i o kształtach praktycznych, w zależności od typu proggu i wykorzystanego materiału. W każdym przypadku, należy uwzględnić ograniczenia stosowania danego równania lub wartości współczynnika. Generalnie, zaleca się:

- szerokie, ostro zakończone głazy, tłuczeń kamienny: $\mu \approx 0,5$ do $0,6$;
- zaokrąglone kamienie, kamień polny: $\mu \approx 0,6$ do $0,8$.

Współczynnik zatopienia przelewu σ przyjmuje wartości odpowiadające wpływowi poziomu wody dolnej h (na przykład poziomu wody poniżej opływającego głazu) i może być odczytany z il. 4.46. Wartości tego współczynnika są zbliżone do wartości dla jazów kłapowych lub jazów o szerokiej koronie (patrz: Preissler/Bollrich, 1992). W przypadku warunków tzw. przelewu niezatopionego (przy niezanurzonych głazach), współczynnik ten wynosi $\sigma = 1,0$.



Ilustracja 4.46. Współczynnik zatopienia przelewu σ

Maksymalne prędkości przepływu na progach kamiennych są regulowane poziomem wody Δh i wynoszą:

$$v_{\max} = \sqrt{2g\Delta h} \quad [\text{m/s}] \quad (4.10)$$

Rozmiar i głębokość zbiorników (basenów) między progami powinny gwarantować spokojny przepływ wody przy niskiej turbulencji, tak aby ryby mogły znaleźć schronienie i strefy odpoczynku przed wysiłkiem pokonania kolejnych progów. Zalecana wartość dla rozproszenia energii wody wynosi $E = 150$ do 200 W/m^3 i może być obliczona z następującego równania:

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m l_w} = \frac{\rho g \Delta h Q}{A l_w} \quad [\text{W/m}^3] \quad (4.11)$$

gdzie

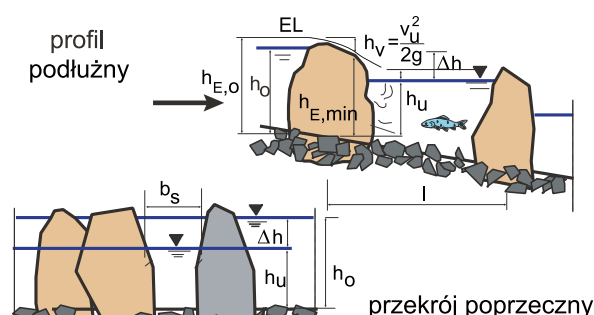
h_m = średnia głębokość wody w zbiorniku

A = średni przekrój poprzeczny zbiornika

l_w = długość nieograniczonego zbiornika,

$$l_w \approx L - d_s$$

W przypadku progów kamiennych (rygli) zbudowanych z wąskich, pionowo posadowionych kamieni, bez podkładu (patrz: il. 4.47) podobnie jak w pochylni lub rampie dla ryb, w okresie niskich stanów wody dolnej lub gdy odstępy między głazami są wąskie, w przekrojach między głazami pojawiają się zmiany przepływu. W tych przypadkach, głębokość wody górnej dla każdego rzędu kamieni może być również określona na podstawie porównania poziomów energii:



Ilustracja 4.47. Przepływ wody przez progi kamienne

W ruchu krytycznym minimalna wysokość energii strumienia niezbędnej dla przepływu o wartości Q przez nieograniczone kamieniami przekroje (np. zwężenia lub szczeliny), wynosi:

$$h_{E,\min} = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \Sigma b_s^2}} \quad [\text{m}] \quad (4.12)$$

Uwzględniając lokalne straty h_v można zbilansować wysokość energii w zwężeniach między kamieniami $h_{E,\min}$ z wysokością energii po stronie wody górnej $h_{E,o}$. Otrzymamy równanie:

$$h_{E,o} = h_o + \frac{v_o^2}{2g} = h_{E,\min} + h_v \quad [\text{m}] \quad (4.13)$$

Lokalne straty energii h_v można również przedstawić w odniesieniu do minimalnej energii strumienia w ruchu krytycznym $h_{E,\min}$ (patrz: wzór 4.12):

$$h_v = \zeta \frac{v_{gr}^2}{2g} = \frac{\zeta}{3} h_{E,\min} \quad [\text{m}] \quad (4.14)$$

z czego po podstawieniu do równania (4.13), otrzymamy wysokość energii po stronie wody górnej:

$$h_{E,o} = (1 + \zeta/3) h_{E,\min} \quad [\text{m}] \quad (4.15)$$

Wartość współczynnika oporów miejscowych ζ dla szczelin między głazami można przyjmować jak dla przypadku ostro zakończonych wlotów, równą $\zeta = 0,5$.

W przedstawionych obliczeniach, głębokość wody górnej jest niezależna od poziomu wody poniżej progów.

Przykładowe obliczenia

Kanał obiegowy dla ryb przy zaporze w strefie potamalu może przeprowadzić wody o minimalnym natężeniu przepływu w zakresie $Q_{\min} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ dla stanów wody niskiej oraz $Q_{\max} = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ dla stanów wody wysokiej. Zaprojektowano progi kamienne w korycie, kształtując zarazem system zbiorników (basenów). Przy niskich stanach wody, w przepławce należy utrzymać głębokość wody między 0,30 i 0,40 m.

Różnica poziomów wody ustalona została jako $\Delta h = 0,10 \text{ m}$, zaś odległości między kamiennymi progami wynoszą $L = 2,5 \text{ m}$. Nachylenie J wynosi więc:

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{0,1}{2,50} = 1 : 25 \text{ lub } 4\%$$

Maksymalna prędkość przepływu otrzymana ze wzoru:

$$v_{\max} = \sqrt{2g \Delta h} = \sqrt{19,62 \cdot 0,10} = 1,40 \text{ m/s}$$

jest zatem niższa od dopuszczalnej prędkości przepływu określonej jako

$$v_{\text{dop}} = 2,0 \text{ m/s.}$$

Progi kamienne zbudowano z kamienia polnego o średnicy $d_s = 0,6 \text{ m}$. Muszą one być posadowione w sposób umożliwiający koncentrację przepływu wody w okresie niżówek. Przekroje pozbawione przeszkód są częściowo zamknięte płaskimi kamieniami, które powinny być przykryte warstwą wody o głębokości („grubości”) co najmniej równej $H = 0,2 \text{ m}$.

Na odcinkach między progami kamiennymi, w dnie posadowione są kamienie o średnicy $d_s \approx 0,4 \text{ m}$, tak aby wystawały ponad płaszczyznę dna na ok. 20 cm, czyli:

$$H = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ m}$$

Ponieważ $(h/H) = 0,10/0,20 = 0,5$, zgodnie z il. 4.46 można założyć przepływ swobodny ($\sigma = 1,0$). Wymagana szerokość szczelin między głazami, dla współczynnika przelewu $\mu = 0,5$ (kamienie o ostrych krawędziach) obliczana jest z równania (4.9), jako:

$$\Sigma b_s = \frac{Q_{\min}}{\frac{2}{3} \mu \sigma \sqrt{2gh_0^{3/2}}} = \frac{0,1}{\frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,2^{3/2}}} \approx 0,75 \text{ m}$$

Przestrzenie między kamieniami są położone naprzemiennie, po lewej i po prawej stronie, zapewniając meandrowanie strumieni przepływającej wody. Możliwy jest również podział na dwa „przejścia”, każde o szerokości ok. 0,4 m. Większe głazy położone obok „przejść” powinny być posadowione w taki sposób, aby próg miał wysokość 0,4 m, a zagłębienie (płoso) zawsze było wypełnione wodą, nawet przy niskich stanach wody. Większe głazy, posadowione w dnie na głębokość 20 cm, powinny mieć średnicę ok. 60 cm.

Dno koryta jest 2,5 raza szersze niż wolna przestrzeń między kamieniami, pozwalając na równoległe ułożenie przejść między głazami, aby nie dopuścić do powstania prądów wstecznych w basenach. Szerokość dna powinna zatem wynosić:

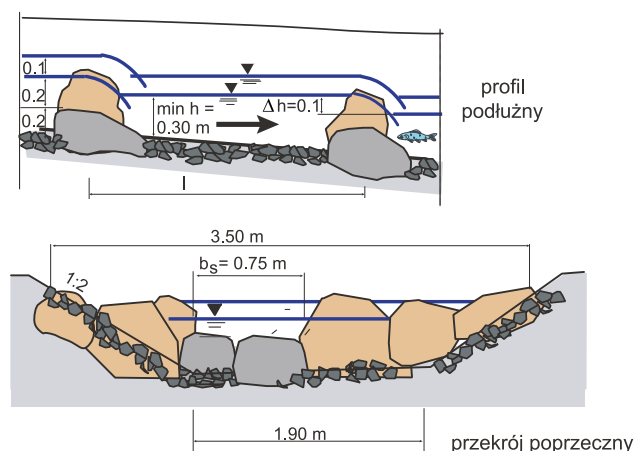
$$b = 2,5 \cdot 0,75 \approx 1,9 \text{ m,}$$

skąd można obliczyć całkowitą szerokość progów dla nachylenia $J = 1:2$, jako:

$$b = 1,9 + 2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 3,50 \text{ m.}$$

Przekrój całkowity koryta, wynikający z zastosowanej konstrukcji naszkicowano na il. 4.48.

Istotna jest znajomość poziomu wody przy maksymalnym przepływie, jest to bowiem ważny parametr pozwalający określić wysokość umocnień brzegowych. Odpowiedni poziom piętrzenia wody przy progach kamiennych powinien być określony na podstawie prób, jako że nie można zaproponować prostego rozwiązania – ze względu na zbyt dużą różnorodność kształtowania się układów prądów.



Ilustracja 4.48. Schemat ilustrujący przykładowe obliczenia

Po przeprowadzeniu kilku testów, obliczenia wykazały podniesienie poziomu wody o ok. 0,10 m. Zakładając, że:

$$H = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ m}$$

oraz że współczynnik zatopienia przelewu $\sigma \approx 1,0$ dla $(h/H) = 0,20/0,30 = 0,66$ (zgodnie z il. 4.46), przepływ Q w przestrzeniach między głazami będzie wynosił:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sigma \Sigma b_s \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \sqrt{19,62} \cdot 0,30^{\frac{3}{2}} = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ponad pozostałą szerokością progu, która wynosi $b = 3,50 - 0,75 = 2,75$ m, gdzie $H = 0,10$ m oraz $\mu = 0,5$ (brak redukcji przepływu spowodowanej zatopieniem, ponieważ $h = 0$), prowadzony będzie przepływ:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 2,75 \sqrt{19,62} \cdot 0,10^{\frac{3}{2}} = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

stąd, całkowity przepływ wyniesie:

$$Q_c = 0,182 + 0,128 = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ponieważ w przytoczonym przykładzie różnice poziomów wody są stałe (jak porównano przy niskim przepływie), więc nawet przy maksymalnych przepływach, pojawią się te same maksymalne prędkości wody wynoszące $v_{\max} = 1,40$ m/s. Zmienne będą jedynie średnie prędkości wody w komorach. Przy niskich stanach wody i przy średniej głębokości wody wynoszącej $h_m = (0,3 + 0,4)/2 = 0,35$ m, będą one wynosiły:

$$v_{m,\min} = \frac{Q_{\min}}{A} = \frac{0,1}{1,9 \cdot 0,35 + 2 \cdot 0,35^2} = 0,11 \text{ m/s}$$

podczas, gdy przy maksymalnych przepływach wzrosną do:

$$v_{m,\max} = \frac{Q_{\max}}{A} = \frac{0,31}{1,9 \cdot 0,45 + 2 \cdot 0,45^2} = 0,25 \text{ m/s}$$

Niskie średnie prędkości przepływów wody w komorach wynikają ze stosunkowo niskich turbulencji wody w komorach, pozwalając zarazem na osadzanie się drobnoziarnistych osadów przynajmniej w strefach niskiego przepływu, w peryferycznych strefach przepławki. Ochrona dna jest jednak niezbędna, gdyż w rejonie przelewów przy dnie występują znacznie większe naprężenia.

Warunki przepływu turbulentnego w komorach szacuje się na podstawie równania (4.11).

$$\text{Dla } Q_{\max} = 0,31 \text{ m}^3/\text{s} \text{ przy } J = 1:2$$

oraz

$$A = b \cdot h_m + m_j \cdot h_m^2 = 1,90 \cdot 0,45 + 2 \cdot 0,45^2 = 1,26 \text{ m}^2$$

oraz

$$l_w = L - d_s = 2,50 - 0,60 = 1,90 \text{ m},$$

objętościowa dyssypacja energii E wynosi:

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{A l_w} = \frac{9810 \cdot 0,31 \cdot 0,1}{1,26 \cdot 1,90} = 127 \text{ W/m}^3$$

$$< E_{\text{dop}} = 150 \text{ do } 200 \text{ W/m}^3$$



Ilustracja 4.49. Testowanie rampy dla ryb Eitorf-Unkelmühle/Sieg.

Dokładne zwymiarowanie progów z nieregularnych głazów jest niemożliwe. Dlatego optymalnych prześwitów między głazami szuka się „metodą prób i błędów” za pomocą lżejszych i łatwiejszych do przesuwania worków z piaskiem. Następnie, w miejsce worków na stałe wbudowuje się głazy. Tego rodzaju testy należy traktować jako istotną część procesu budowlanego, a koszty z nimi związane powinny zostać uwzględnione już na etapie planowania.

4.4.4. Kryterium stabilności dna dla przepływu ponad rampami i pochylniami dennymi

Dla ramp dennych i pochylni dennych z narzutu kamiennego, Whittaker i Jäggi (1986) podają jako kryterium stabilności dna wartość tzw. maksymalnego dopuszczalnego przepływu jednostkowego q_{dop} [$m^3/(s \cdot m)$], którą zalecają obliczać ze wzoru:

$$q_{dop} = 0,257 \sqrt{g \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}} \cdot l^{-7/6} d_{65}^{3/2} \quad [m^3/(s \cdot m)] \quad (4.16)$$

Ponieważ $d_{65} \approx d_s/1,06$ i $\rho_s = 2700 \text{ kg/m}^3$, równanie może przybrać następującą formę:

$$q_{dop} = 0,307 \sqrt{g} \cdot l^{-7/6} d_s^{3/2} \quad [m^3/(s \cdot m)] \quad (4.16a)$$

Równanie (4.16) uwzględnia 20% margines bezpieczeństwa.

Rampy dla ryb przy stopniach, wykonane z kamiennych bloków, w porównaniu do narzutów kamiennych, podlegają dużo większym naprężeniom. Według Geblera (1990), nie określono sprawdzonego kryterium stabilności. Eksperymenty prowadzone przez Whittakera i Jäggi zaowocowały zwiększeniem przepływu dopuszczalnego, w porównaniu z równaniem (4.16), o współczynniku od 1,7 do 2,0 – dla przepławek z kamienia ciosanego i posadowionego. Należy podkreślić, że maksymalne dopuszczalne naprężenia hydrodynamiczne dla obrukowanego łóżyska przepławki zależą od jakości wykonania obrukowania, jego potencjalnych uszkodzeń lub wad oraz zjawisk fizycznych wpływających na stabilność obiektu (np. erozji dennej po stronie wody dolnej i erozji wstecznej).

Stabilne oparcie odsłoniętych pojedynczych kamieni (głazów, progów kamiennych) powinno być rozpatrywane osobno. Należy uwzględnić tu wszystkie oddziałujące siły, zarówno parcie hydrauliczne, związane z różnicą poziomów wody i różnicą ciśnień, jak i oddziaływanie (parcie) hydrodynamiczne, związane z maksymalnymi prędkościami przepływu.

4.4.5. Testy

Obliczenia przeprowadzane dla sporządzenia projektu hydraulicznego naturalnie wyglądającego kanału obiegowego dla ryb oraz ramp dla ryb przy stopniach wodnych, mogą być rozpatrywane jedynie jako wstępne szacunki. Przyczyną takiego podejścia jest, przede wszystkim, pożądane (i celowe) zróżnicowanie wykorzystanych materiałów konstrukcyjnych (np. kamieni), przekrojów, warunków przepływu itp., oraz fakt, że dotychczas dostępne są jedynie niekompletne wyniki badań i prac naukowych poświęconych wspomnianym zagadnieniom. Stąd niepewność w dobieraniu współczynników (np. współczynnika szorstkości, przepływu, strat miejscowych) w stosowanych wzorach. Niemniej jednak, projekt hydrauliczny (wstępna kalkulacja) powinien być sporządzony w celu określenia rzędu wielkości wymaganych kamieni, przekrojów, prędkości przepływu i natężenia przepływu.

Ze względu na niepewność obliczeń, konieczne jest przeprowadzenie testów umożliwiających pomiar wartości granicznych i osiągnięcia planowanych założeń dotyczących przepływu, prędkości przepływu i głębokości wody oraz, jeśli zachodzi taka konieczność, poprawienie ich. Testy powinny być przeprowadzane w okresie różnych stanów wody, np. podczas różnych pór roku, jako że warunki hydrauliczne, zarówno w samej przepławce, jak i w wodzie dolnej oraz w rozwijaniu się prądów wabiących, mogą zmieniać się w znacznym stopniu. W szczególności, jeśli warunki zmian na to pozwalają, należy weryfikować i, jeśli zachodzi taka potrzeba, poprawiać przepławkę także w późniejszych stadiach eksploatacji, np. w okresie regularnego jej funkcjonowania.

Podczas rozruchu próbnego, należy sprawdzić następujące elementy:

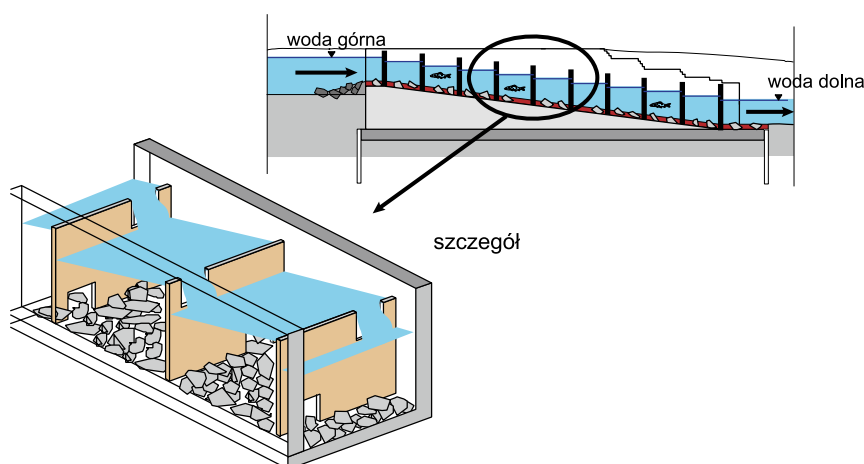
- układ prądów i głębokości wody: należy wyeliminować bardzo płytkie odcinki, strefy wysokich turbulencji, prądy wsteczne itp.;
- maksymalne prędkości przepływu nie powinny przekraczać 2,0 m/s, w szczególności w krytycznych miejscach przepławki (np. w wąskich przekrojach, przy zanurzonych progach kamiennych);
- różnicę poziomu wody przy stopniach i progach – $\Delta h < 0,2 \text{ m}$.

5. Przeławkki o charakterze technicznym

Przeławkki o charakterze technicznym można podzielić na następujące kategorie:

- przeławkki komorowe,
- przeławkki szczelinowe,
- przeławkki systemu Denila,
- przeławkki węgorzowe,
- windy dla ryb,
- śluzy dla ryb.

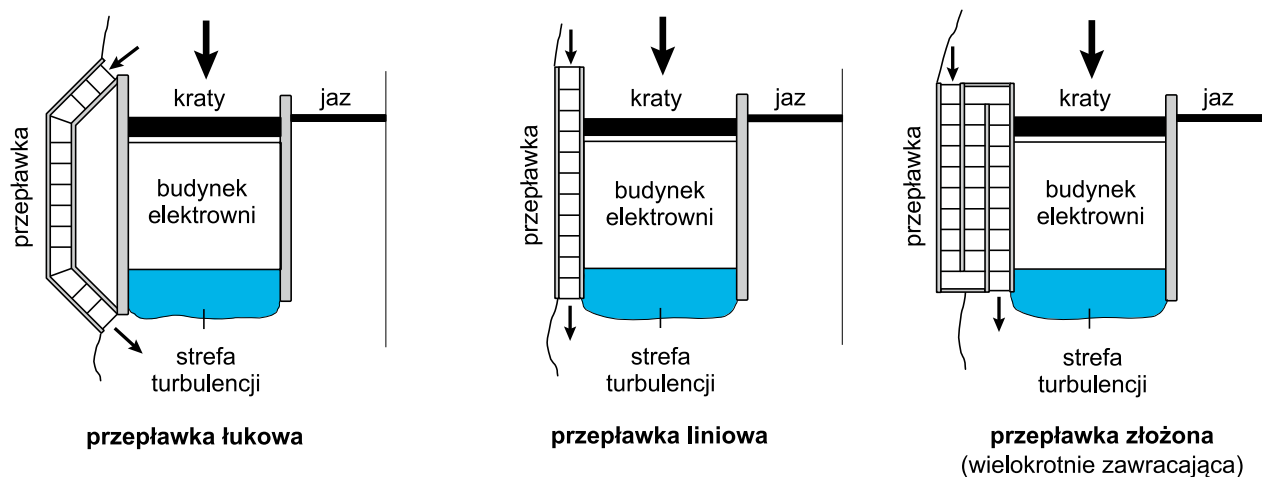
Niniejszy rozdział opisuje najbardziej popularne typy przeławkki o charakterze technicznym, których efektywność została zbadana, zarówno pod względem hydraulicznym, jak i biologicznym.



Ilustracja 5.1.

Konwencjonalna przeławka komorowa (profil podłużny i struktura obiektu)

Źródło: Jens, 1982; zmienione i uzupełnione.



Ilustracja 5.2. Przeławkki komorowe (układ w planie)

Źródło: Larinier, 1992; zmienione i uzupełnione.

5.1.2. Konstrukcja i wymiary

$$i = \frac{\Delta h}{l_b} [-] \quad (5.1)$$

5.1.2.1. Układ w planie

Projekt przepławki komorowej zakłada zwykle poprowadzenie obiektu po linii prostej – od wody górnej do wody dolnej. Możliwe jest również zaprojektowanie przepławki wzdłuż krzywizn lub zakosów utworzonych przez zmiany kierunku poszczególnych odcinków przepławki, zakręcających względem siebie (raz lub wielokrotnie) nawet o 180°. Rozwiązanie to pozwala na instalacje przepławki w miejscach o ograniczonej przestrzeni (il. 5.2). Jeżeli tylko jest to możliwe, wypływ wody (czyli wejście do przepławki po stronie wody dolnej) poniżej jazu lub wylotu z turbiny musi być usytuowany w taki sposób, żeby uniknąć powstania „martwego kąta” lub „martwej strefy”. Aby oszacować odległości wejścia do przepławki w stosunku do strumienia wody wypływającej z turbiny lub przepustu, należy zastosować podstawowe zasady, podobne do tych przedstawionych w rozdziale 3.

Alternatywne możliwości projektu i umiejscowienia komór przepławki przedstawiono na il. 5.3.

5.1.2.2. Profil podłużny

Maksymalna prędkość przepływu zależy od różnicy poziomu wody między poszczególnymi komorami. Są one zatem czynnikiem ograniczającym swobodę, z jaką ryby mogą przemieszczać się poprzez poszczególne elementy przepławki. W skrajnym przypadku, różnica poziomów wody (Δh) nie powinna przekraczać 0,2 m. Jednakże przy normalnym poziomie napętnienia przepławki, najbardziej odpowiednie są różnice poziomów rzędu $\Delta h = 0,15$ m. Idealny spadek dna przepławki jest obliczany na podstawie różnicy poziomu wody i długości komór (l_b):

gdzie l_b przedstawiono na il. 5.4.

Zatem, jeśli wartość l_b mieści się w zakresie od 1 m do 2,25 m, wartości nachylenia wynoszą od $J = 1:7$ do $J = 1:15$. Większą wartość nachylenia można osiągnąć jedynie przez zmniejszenie długości komór, jednak pod warunkiem, że zachowane będą dopuszczalne różnice poziomów wody pomiędzy komorami. Niemniej jednak, należy unikać zbyt wielkich turbulencji w komorach.

Liczba niezbędnych komór (n) obliczana jest na podstawie całkowitej różnicy poziomów wody, jaką muszą pokonać ryby (h_c) oraz dopuszczalnej różnicy poziomów wody pomiędzy sąsiednimi komorami Δh (il. 5.4):

$$n = \frac{h_c}{\Delta h} - 1 [-] \quad (5.2)$$

gdzie całkowita wysokość h_c jest obliczana na podstawie różnicy między maksymalnym poziomem napętnienia zbiornika (maksymalna wysokość) i poziomem najniższej wody dolnej. To podstawowe dane wejściowe dla projektu przepławki.



Ilustracja 5.3.

Przepławka komorowa z cegły klinkierowej, z naprzemiennie usytuowanymi komorami, przy młynie Hude w Bremie (Dolna Saksonia). Konstrukcja dobrze wpisuje się w układ zabytkowego obiektu

krawędzi ścianki – tzw. przelewy. Otwory umiejscowione są naprzemiennie po lewej i po prawej stronie ścianki (wymiary takie jak w tabeli 5.1). Przesmykami ryby przedostają się do następnych, położonych wyżej, komór. Otwory sięgające do dna w dolnej części ścianki, pozwalają na zachowanie ciągłości szorstkiej powierzchni dna. Znaczenie otworów umiejscowionych w górnej części ścianki działowej (przelewów) jest zazwyczaj przeceniane, jako że płynąc w górę rzeki, ryby pokonują przepławkę przede wszystkim przepływając przez przesmyki, a tylko w wyjątkowych sytuacjach przeszkody pokonywane są skokami przez przelew. Zwiększone turbulencje przy powierzchni wody mogą negatywnie wpływać na warunki przepływu w komorach. Ponadto, przy zmiennych poziomach wody górnej, zanurzone ścianki działowe stwarzają problem przy optymalizacji przepływów. Niemniej jednak, jeśli zastosowane będą przelewy, ich dolna krawędź powinna pozostać zanurzona w celu uniknięcia prądów wody ukierunkowanych pionowo w dół komory. Umożliwi to rybom przepłynięcie przez przepławkę.

Zalecane wymiary przesmyków i przelewów przedstawiono w tabeli 5.1.

5.1.2.4.2. Przepławka romboidalna

Przepławki romboidalne różnią się od konwencjonalnych tym, że ścianki działowe są umocowane pod kątem w stosunku do osi komory i skierowane w dół biegu rzeki (il. 5.6 i 5.7).

Ścianki działowe kolejnych komór umocowane są naprzemiennie, w taki sposób, że każda komora ma jeden bok raz dłuższy, raz krótszy. Długość krótszego boku powinna wynosić co najmniej 0,3 m, a dłuższego – co najmniej 1,8 m. Przesmyki są zawsze umiejscowione w najwyższej położonej części ściany, a przelewy – zawsze w narożniku położonym najniżej względem biegu rzeki (Jens, 1982).

Kąt, pod jakim zamocowane są ścianki działowe w stosunku do dna, powinien wynosić ok. 60°, zaś kąt między ściankami działowymi a osią komory – od 45° do 60°. Dzięki temu ścianki działowe nadają komorom nieregularny, romboidalny kształt – stąd nazwa tego rodzaju przepławki. Lewoskrętne i prawoskrętne ścianki przepławki nie są odbiciami lustrzanymi i są zamocowane pod różnymi kątami, zatem należy je sporządzić według osobnych projektów. Zalecenia dotyczące

Tabela 5.1. Zalecane wymiary komór przepławek romboidalnych

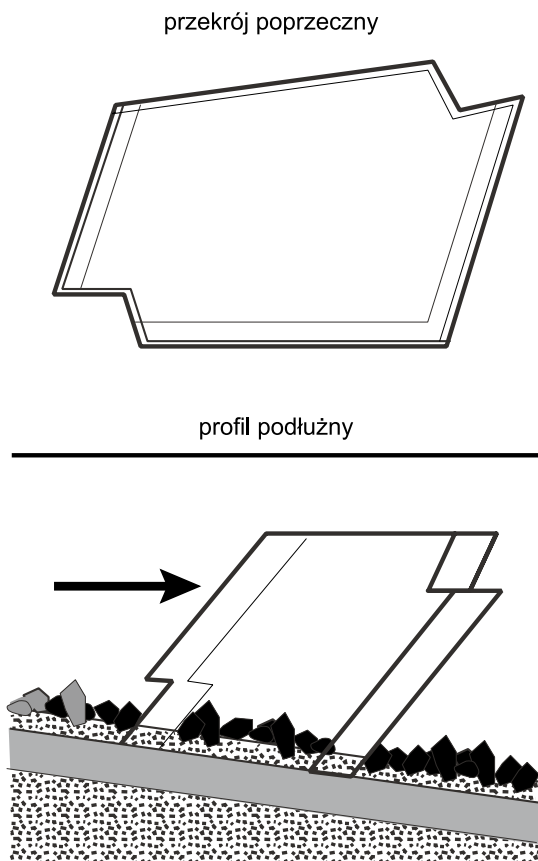
Spodziewane gatunki ryb	Wymiary komór ¹⁾ [m]			Wymiary przesmyków [m]		Wymiary przelewów ³⁾ [m]		Przepływ ⁴⁾ przez przepławkę [m ³ /s]	Maksymalna różnica poziomów wody ⁶⁾ Δh [m]
	Długość l _b	Szerokość b	Głębokość wody h	Szerokość b _s	Wysokość h _s ²⁾	Szerokość b _a	Wysokość h _a		
Jesiotr	5-6	2,5-3	1,5-2	1,5	1	-	-	2,5	0,20
Łosoś, troć wędrowną, głowacica	2,5-3	1,6-2	0,8-1,0	0,4-0,5	0,3-0,4	0,3	0,3	0,2-0,5	0,20
Lipień, kleń, leszcz, inne	1,4-2	1,0-1,5	0,6-0,8	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25	0,25	0,08-0,2	0,20
Górna kraina pstrąga	>1,0	>0,8	>0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05-0,1	0,20

Objaśnienia:

- 1) większe wymiary przepławki należy skojarzyć z większymi wymiarami przesmyków;
- 2) h_s – wysokość światła przesmyku ponad poziomem dna;
- 3) jeśli planuje się wykonanie zarówno przesmyków, jak i przelewów, należy zaprojektować większą komorę;
- 4) dla Δh = 0,2 m określono współczynniki przepływów, przy czym obliczenia przeprowadzono na podstawie równań przedstawionych w podrozdziale 5.1.3. Niższe wartości odpowiadają mniejszym przesmykom w komorach pozbawionych przelewów, większe przepływy otrzymano dla większych przesmyków i przelewów (współczynnik przepływu ψ = 0,65);
- 5) ze względu na brak innych źródeł poświęconych jesiotrowatym, wymiary komór przewidzianych dla jesiotra zaczerpnięto ze SNiP (1987); różnice poziomów wody dotyczą różnicy poziomów wody między komorami;
- 6) różnice poziomów wody dotyczą różnicy poziomów wody między komorami.

Generalnie, należy unikać całkowitego zanurzenia ścianek działowych, tak aby woda przepływała wyłącznie przez otwory. Całkowicie zanurzone ścianki przy wejściu do przepławki (czyli przy wylocie wody) mają szczególnie negatywny wpływ, ponieważ rzadko pozwalają na poprawne poprowadzenie prądu wabiącego.

Średnich wymiarów komór, przesmyków, przelewów i głębokości wody są, podobne jak w przypadku konwencjonalnych przepławek komorowych, przedstawiono w tabeli 5.1.



Ilustracja 5.6. Przegroda w przepławce romboidalnej
Źródło: Jens, 1982.

Zaletą przepławk romboldalnych są korzystniejsze charakterystyki przepływów w komorach i poprawa samooczyszczenia komory. Ukośne ścianki działowe kierują ryby do kolejnych przesmyków.

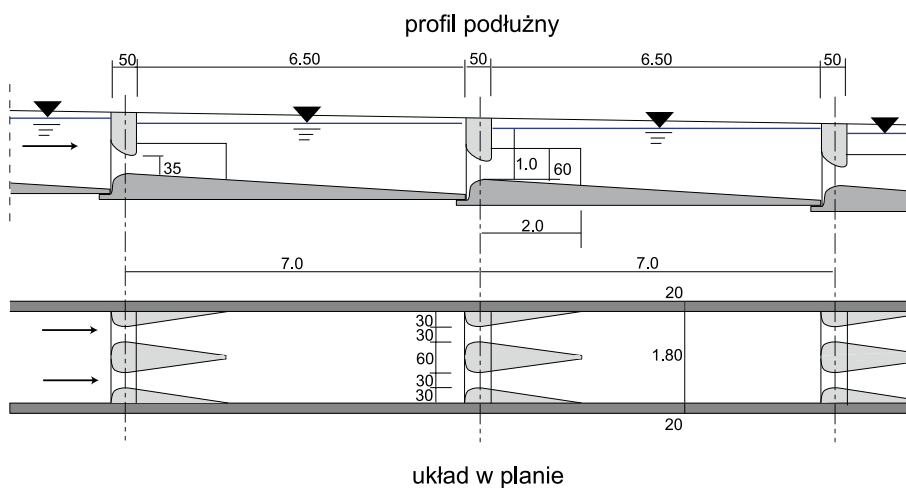
5.1.2.4.3. Przepławka progowa

Przepławki „progowe”, zaprojektowane przez Schiemenza, są specyficzną formą przepławki komorowej, gdzie otwory są zaprojektowane jako rozszerzające się,



Ilustracja 5.7. Przykład przepławki romboidalnej. Jaz Lehmen na Mozeli. Widok od strony wody dolnej

opływowe w kształtach, kanały (patrz: il. 5.8, Hensen & Schiemenz, 1960). W przeciwieństwie do innych przepławk komorowych, otwory w przepławkach progowych są usytuowane w jednej linii. Na podstawie badań hydraulicznych zoptymalizowano kształt kanału przepławki tak, aby w komorach nie pojawiały się wiry i odsoki hydrauliczne. W rezultacie woda przepływa przez komory przepławki wzdłużnie, co ułatwia rybom pokonanie przeszkody.



Ilustracja 5.8. Projekt i wymiary komór w przepławkach progowych przy zaporze Geesthacht na Łabie; wymiary odpowiednio w cm i m
Źródło: HENSEN & SCHIEMENZ, 1960.

Przeplawkę progową można znaleźć w Gifhorn na rzece Aller (niem. Oberaller). Jest ona jednak mniejsza, szerokości 0,75 m i wyposażona w jeden, centralnie położony, przesmyk o wymiarach 25×25 cm.

Komory w przeplawkach progowych muszą być długie, a dopuszczalna różnica poziomów wody między kolejnymi komorami nie powinna przekraczać $\Delta h = 0,14$ m. Przeplawki progowe można zastosować, jeśli spełnione są następujące warunki:

- przeplawka umożliwi pokonanie niewielkiej różnicy poziomów między wodą górną i dolną;
- zapewnione jest dostatecznie dużo miejsca dla zaprojektowania i skonstruowania tak długiej budowli.

Wyniki doświadczeń przeprowadzonych z przeplawkami progowymi wskazują, że są one szczególnie dogodne dla gatunków charakteryzujących się słabymi zdolnościami pływania. Jeśli dno przeplawki zostanie wyłożone materiałem o dużej szorstkości, przeplawka będzie zarazem umożliwiała pokonanie przeszkody przez zoobentos. Największą wadą przeplawek tego typu są: znaczne zapotrzebowanie na przestrzeń i wysokie wymagania techniczne, które trzeba spełnić przy kształtowaniu progów i przesmyków.

5.1.3. Obliczenia hydrauliczne

Poniższe parametry są kluczowe dla poprawnego funkcjonowania przeplawek komorowych:

- prędkość przepływu w przesmykach i przelewach nie może przekraczać wartości granicznej, czyli $v_{\max} = 2,0$ m/s;
- przepływ w przeplawce oraz rozproszenie objętościowej energii (dyssypacja objętościowej energii) nie powinny przekraczać, w większości przypadków, $E = 150$ W/m³ lub $E = 200$ W/m³ w krainie łososiowatych – aby zapewnić niską turbulencję w komorach.

Maksymalne prędkości przepływu występują w zwężeniach i można je obliczyć na podstawie następującego wzoru:

$$v_s = \sqrt{2 g \Delta h} \quad [\text{m/s}] \quad (5.3)$$

Równanie (5.3) ilustruje dopuszczalną różnicę poziomów przy ściankach działowych dla $\Delta h = 0,2$ m w przypadku, gdy zachowana jest górna granica prędkości przepływu $v_{\max} = 2,0$ m/s. Dla określenia przepływu w otworach (przesmykach i przelewach), należy wykonać poniższe równanie:

$$Q_s = \psi A_s \sqrt{2g \Delta h} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (5.4)$$

gdzie: $A_s = h_s \cdot b_s$ (patrz: il. 5.5) (5.4a)

Na współczynnik przepływu wpływa sposób zaprojektowania (a konkretnie: kształt) przesmyków i materiał wykorzystany do pokrycia dna. Współczynnik ten zazwyczaj zawiera się w przedziale $\psi = 0,65$ do $0,85$. Przepływ ponad przelewem można obliczyć na podstawie wzoru:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sigma b_a \sqrt{2g} H^{3/2} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (5.5)$$

gdzie:

- H – jest różnicą między poziomem wody górnej i wody dolnej, jak przedstawiono na il. 5.5,
- μ – współczynnik wydatku przelewu ($\mu \approx 0,6$),
- σ – współczynnik zatopienia.

Według Larniera (1992a), współczynnik zatopienia σ , który wyraża wpływ wody dolnej kolejnych zbiorników, może być określony na podstawie następującego wzoru:

$$\sigma = \left(1 - \left(1 - \frac{\Delta h}{H} \right)^{1,5} \right)^{0,385} \quad [-] \quad (5.6)$$

Wzór ten sprawdza się w przedziale $0 \leq \frac{\Delta h}{H} \leq 1$, natomiast dla $\Delta h > H$ przyjmować można $\sigma = 1$.

Współczynniki wydatku przesmyku i przelewu przedstawione w równaniach (5.4) i (5.5) mogą mieć wartości przybliżone i zależą, między innymi, od kształtu otworów. Jeżeli jest to konieczne, należy je określić w bardziej precyzyjny sposób. Maksymalne prędkości strumieni przepływających przez przelewy mogą być, z pewnym przybliżeniem, obliczone na podstawie równania (5.3).

Aby zapewnić przepływ charakteryzujący się minimalnymi turbulencjami i odpowiednią przemianą energii w komorach, jej dyssypacja nie powinna przekraczać wartości $E = 150$ do 200 W/m³. Ilość energii można oszacować na podstawie równania:

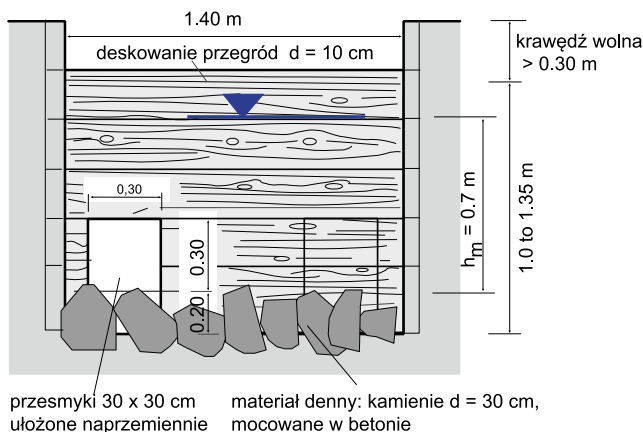
$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m (l_b - d)} \quad [\text{W/m}^3] \quad (5.7)$$

w którym całkowity przepływ Q należy obliczyć z równania $Q = Q_s + Q_a$.

W przypadku przeplawek progowych, należy uwzględnić specyficzne obliczenia hydrauliczne. Przemiana niecałkowita energii w komorach powinna być zweryfikowana na podstawie literatury fachowej (Hensen & Schiemenz, 1960).

Przykłady obliczeń dla konwencjonalnych przeplawek komorowych

Poniżej przedstawiono przykładowe obliczenia dla przeplawki konwencjonalnej, zlokalizowanej przy zaprze. Różnica poziomów między wodą górną a wodą dolną waha się w zakresie od $h_c = 1,6$ m do $h_c = 1,2$ m dla przepływów stanowiących podstawę obliczeń projektowych (il. 5.10). Rzekę zaklasyfikowano jako pota-



Ilustracja 5.9. Przekrój poprzeczny przez przepławkę

mon z typową ichtiofauną (kleń, leszcz i inne). Większe ryby łososiowate, takie jak troć wędrownia i łosoś nie są w przepławce spodziewane.

Wymiary komór wybrano na podstawie tabeli 5.1:

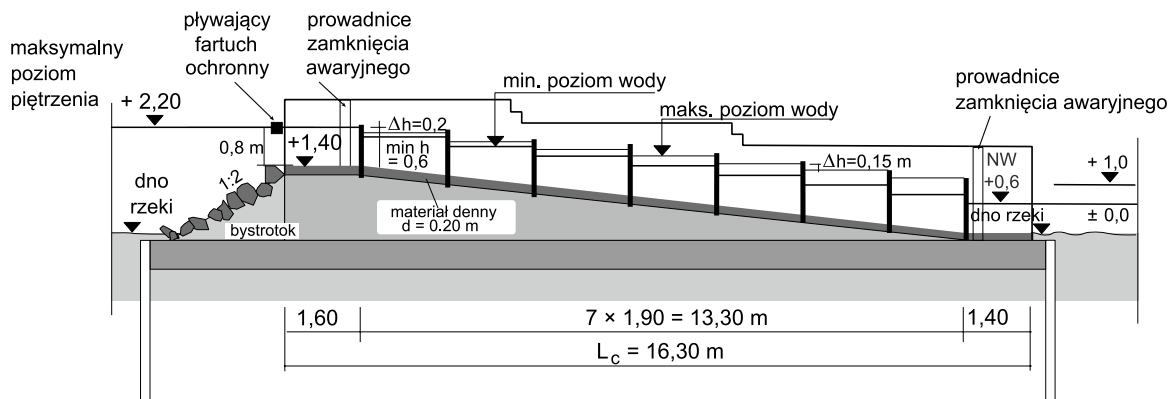
- szerokość komory $b = 1,4$ m,
- minimalna głębokość wody $h = 0,6$ m.
- szorstkość dna komory zwiększono za pomocą substratu pochodzącego z dna rzeki, jak pokazano na il. 5.9,
- ścianki działowe mają tylko otwory przy dnie – przesmyki o świetle $b_s = h_s = 0,3$ m (patrz: il. 5.9). Przelewów nie zaplanowano.

Maksymalne różnice poziomu wody nie powinny przekraczać $\Delta h_{\max} = 0,2$ m, tak więc – zgodnie z równaniem (5.2) – liczba wymaganych komór wynosi:

$$n = \frac{h_c}{\Delta h} - 1 = \frac{1,6}{0,2} - 1 = 7 \text{ komór}$$

W przypadku, gdy poziom wody dolnej jest wyższy, różnica poziomów wody będzie wynosić:

$$\Delta h_{\min} = \frac{1,2}{8} = 0,15 \text{ m}$$



Ilustracja 5.10. Profil podłużny przepławki komorowej (schemat ilustrujący przykładowe obliczenia)

Zgodnie z równaniem (5.3), prędkość przepływu w przesmykach obliczona jest przy założeniu, że różnica poziomów wody wynosi $\Delta h = 0,2$ m (niżówki). Można ją obliczyć w sposób następujący:

$$v_s = \sqrt{19,62 \cdot 0,2} = 1,98 \text{ m/s}$$

natomiast dla $\Delta h = 0,15$ m:

$$v_s = \sqrt{19,62 \cdot 0,15} = 1,71 \text{ m/s}$$

Prędkość przepływu jest zatem zawsze niższa niż dopuszczalne maksimum, czyli $v_{\max} = 2$ m/s.

Zgodnie z równaniem (5.4.), przy uwzględnieniu współczynnika $\psi = 0,75$, przepływ w okresie niżówek wynosi:

$$Q_{s,\max} = \psi A_s \sqrt{2g\Delta h} = 0,75 \cdot 0,3^2 \cdot 1,98 = 0,134 \text{ m}^3/\text{s}$$

natomiast, kiedy poziom wody dolnej jest wyższy:

$$Q_{s,\min} = 0,75 \cdot 0,3^2 \cdot 1,71 = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$$

W myśl równania (5.7), dopuszczalna wartość parametru $E = 150$ W/m³ przy minimalnej średniej głębokości równej:

$$h_m = h + \frac{\Delta h}{2} = 0,6 + \frac{0,2}{2} = 0,7 \text{ m}$$

Ponieważ grubość ścian działowych jest równa $d = 0,1$ m, to długość komory powinna wynosić:

$$(l_b - d) = \frac{\rho g \Delta h Q}{E b h_m} = \frac{9,81 \cdot 1000 \cdot 0,134 \cdot 0,2}{150 \cdot 1,40 \cdot 0,7}$$

$$\rightarrow l_b = 1,89 \approx 1,90 \text{ m}$$

Jest to wymiar pozwalający na zachowanie w komorze przepływu wody o niskiej turbulencji. Przekrój podłużny przepławki przedstawiono na il. 5.10. Przy głębokości wody wynoszącej 1,0 m oraz warstwie substratu pokrywającego dno komory wynoszącej 20 cm oraz $\Delta h = 0,15$ m, wysokość najniższej, względem biegu rzeki ściany działowej wynosić będzie:

$$h_w = 1,0 + 0,2 + 0,15 = 1,35 \text{ m}$$

natomiast najwyższej:

$$h_w = 0,8 + 0,2 = 1,0 \text{ m.}$$

Wysokość ścianek działowych, położonych pomiędzy nimi, powinna rosnać skokowo o 5 cm, w miarę posuwania się w górę biegu rzeki.

5.1.4. Ocena ogólna

Przepławki komorowe należą do przepławk starszego typu, lecz z całą pewnością dowiodły swojej użyteczności, o ile wykonane zostały zgodnie z projektem oraz założeniami teoretycznymi dla tych budowli. Przepławki

komorowe są najodpowiedniejsze, gdy projektuje się je dla zachowania możliwości migracji przy zaporach – zarówno dla ryb charakteryzujących się dobrymi zdolnościami pływackimi, jak i małych ryb i organizmów bytujących w strefie dennej. W przepławce komorowej dno ciągłe, o dużej szorstkości, zapewnia możliwość pokonania przeszkody również przez faunę bentoniczną.

Zaletą przepławk tego typu są relatywnie niskie wymagania w zakresie zaopatrzenia w wodę: przepływ może wahać się w granicach 0,05 i 0,5 m³/s – dla otworów o normalnej wielkości i zmieniać się w zależności od zmian poziomu wody.

Z drugiej strony, przepławki komorowe wymagają dużych nakładów na utrzymanie oraz charakteryzują się wysokim ryzykiem zablokowania otworów (przesmyków i przelewów) materiałem unoszonym lub wleczonym przez wodę. Doświadczenie wskazuje, że wiele spośród przepławk komorowych nie funkcjonuje poprawnie właśnie z powodu zablokowania otworów. Jak wspomniano, przepławki tego typu wymagają regularnej kontroli i konserwacji oraz oczyszczenia przynajmniej raz w tygodniu.

5.1.5. Przykłady



PRZEPLAWKA KOMOROWA W KOBLENCJI			
Szczegóły dotyczące zaporę		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Mozela, Nadrenia-Palatynat	Szerokość komory:	$b=1,80$ m
Wykorzystanie:	Źródło energii, żegluga	Długość komory:	$L_b \approx 2,60$ m
Przepływy:	$NQ_{1971/80} = 20$ m ³ /s	Liczba komór:	$n = 24$
	$SQ_{1931/90} = 313$ m ³ /s	Głębokość wody:	$h = 1,0$ m
	$WQ_{1993} = 4165$ m ³ /s	Całkowita długość:	$L_c = 102$ m
Wysokość piętrzenia:	$h_F = 5,30$ m	Nachylenie:	$J \approx 1:12$
Okres budowy:	1945-54	Ścianki działowe:	ściany betonowe z przelewami i przesmykami o wymiarach 30x30 cm
Administrator:	Federal Waterway Authorities/Moselle Hydroelectric Company		



Ilustracja 5.11. Przepławka komorowa Koblenca/Mozela widok od strony wody dolnej

Opis konstrukcji

Przepławka zlokalizowana przy tej zaporze zaczęła funkcjonować od 1951 roku. Położona jest z boku elektrowni, przy prawym brzegu Mozeli. Funkcjonowanie przepławki sprawdzane było m.in. przez Gennericha (1957) i Pelza (1985). Spośród ryb zwabionych przez strumień wody wypływający z turbin, tylko część mogła skorzystać z przejścia. Najwyraźniej ryby nie mogły odnaleźć wejścia do przepławki. Testy wykazały, że przyczyną takiego stanu rzeczy jest długość przepławki (102 m) i znaczna, wynosząca ok. 45 m, odległość między wejściem do przepławki i wylotem strumienia wody z elektrowni.

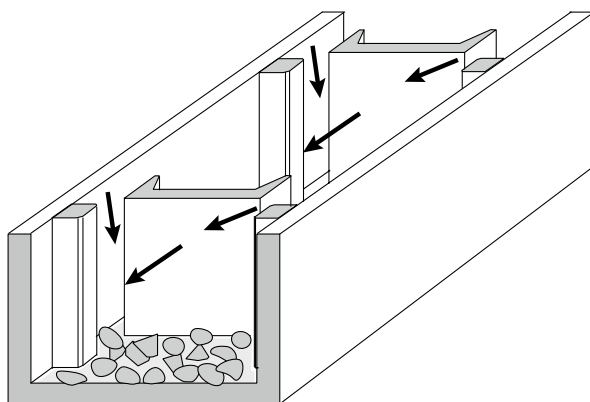
PRZEPLAWKA W DAHL			
Szczegóły dotyczące zapory		Szczegóły dotyczące przeplawki	
Rzeka:	Lippe, km 99,00, Nadrenia-Północna Westfalia	Szerokość:	$b = 1,0$ m
Przepływy:	SNQ = 12,3 m ³ /s SQ = 32,3 m ³ /s SWQ = 179 m ³ /s	Całkowita długość:	$L_c = 46,0$ m
Rodzaj:	Rampa narzutowa	Nachylenie:	$J = 1:11$ do $1:24$
Wysokość stopnia:	$h_c = 2,6$ m	Charakterystyki obiektu:	Prefabrykaty betonowe z przelewami i przesmykami
Administrator:	Lippeverband, Dortmund	Rok budowy:	1985
Opis konstrukcji			
Próg kamienny został zastąpiony narzutem kamiennym, z nasypem od strony wody górnej i dolnej. Przeplawka została wkomponowana w rampę, która została zbudowana wzdłuż lewego brzegu; w betonowych prefabrykatach zamocowano ścianki działowe. W ścianach działowych, naprzemiennie umieszczono przelewy i przesmyki o wymiarach 25x25 cm.			
Dane o funkcjonowaniu			
Monitoring i liczenie ryb przeprowadzone przez Rupperta i Späh (1992) wykazały, że ryby mogą pokonać tę przeszkodę. Niemniej jednak, gładkie, betonowe dno utrudnia bezkręgowcom (zoobentosowi) przejście przez przeplawkę.			
			
<p>Ilustracja 5.12. Przeplawka w Dahl krótko przed uruchomieniem obiektu (fotografia z lewej)</p>		<p>Ilustracja 5.13. Przeplawka w Dahl w okresie funkcjonowania, widok od strony wody dolnej (z prawej)</p>	

5.2. Przeławka szczelinowa

5.2.1. Zasada funkcjonowania

Przeławki szczelinowe zostały wykonane po raz pierwszy w Stanach Zjednoczonych, a ich największa popularność przypada na połowę dwudziestego wieku (Clay, 1961; Bell, 1973; Rajaratnam i in., 1986). Ten typ konstrukcji był również często wykorzystywany w Niemczech.

Przeławka szczelinowa jest odmianą przeławki komorowej, gdzie ściany działowe są „przerwane” pionową szczeliną przechodzącą przez całą wysokość ścianki (patrz: il. 5.14). Ściany działowe mogą być wyposażone w jedną lub więcej szczelin, w zależności od wielkości cieku i możliwych wielkości przepływów. W projekcie jednoszczelinowym, szczeliny są zawsze po tej samej stronie przeławki (w przeciwieństwie do typowej przeławki komorowej, gdzie przelewy i przesmyki znajdują się naprzemiennie).



Ilustracja 5.14. Przeławka szczelinowa z dwiema szczelinami (schemat)



Ilustracja 5.15. Przeławka szczelinowa przy jazie Bergerac na rzece Dordogne (Francja)

Objaśnienia:

$h_c = 4,0$ m, $b = 6,0$ m, $L_b = 4,5$ m, $L_c = 73$ m,
 $Q = 2,2$ do 7 m³/s i dodatkowo do 6 m³/s
 przez kanał obiegowy; rok budowy 1984.

Ten typ konstrukcji okazał się idealny zarówno dla dużych ryb łososiowatych, jak i dla innych ryb o znaczeniu ekonomicznym: ałozy (*Alosa alosa*) i karpio-watych.

5.2.2. Konstrukcja i wymiary

5.2.2.1. Układ w planie

Przy planowaniu lokalizacji i wejścia do przeławek szczelinowych, stosuje się podobne zasady, jak przy projektowaniu przeławek konwencjonalnych (patrz: rozdział 5.1).

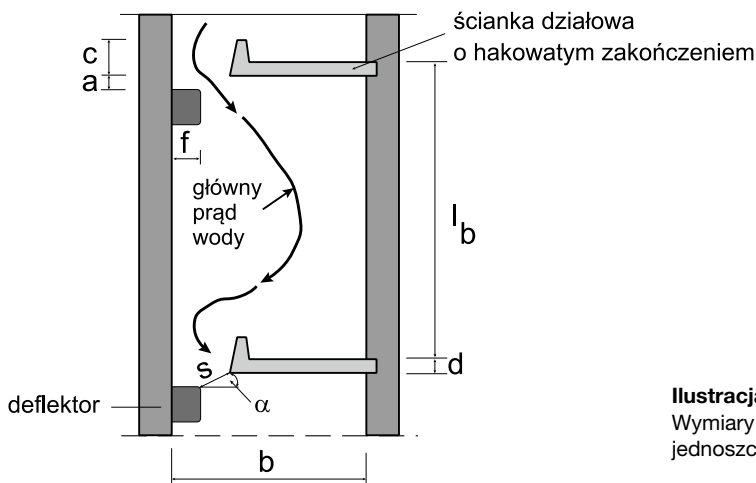
5.2.2.2. Przekrój podłużny

Przekrój podłużny przeławki szczelinowej odpowiada przekrojowi klasycznej przeławki komorowej, opisanemu w rozdziale 5.1; patrz również: il. 5.18 i 5.23.

Przy projektowaniu i eksploatacji przeławek szczelinowych należy także przywrzeć się charakterystycznym poziomom dna przy wejściu i wyjściu z przeławki oraz głębokości wody, przedstawionym w rozdziale 5.2.3.

5.2.2.3. Wymiary komór

Szerokość szczelin i ich liczba (jedna lub dwie w zależności od konstrukcji i przeznaczenia), a w konsekwencji wielkość przepływu – determinują liczbę i rozmiary komór. W przeławkach komorowych ograniczenie turbulencji możliwe jest jedynie dzięki właściwemu rozproszeniu energii płynącej wody (objętościowa dyssypacja energii $E < 200$ W/m³) (Larinier, 1992a). Wyniki testów laboratoryjnych oraz obserwacje przeprowadzone w terenie wykazały, że wymiary komór przedstawione w tabeli 5.2 są jak najbardziej odpowiednie dla tego typu obiektów (Katopodis, 1990; Gebler, 1991; Larinier, 1992a). Ilustracje i wyjaśnienie terminologii zilustrowano na il. 5.16. Proponowane wymiary odpowiadają przeławce jednoszczelinowej. W przypadku przeławek dwuszczelinowych, szerokość komór powinna być zwiększona dwukrotnie, tak aby ściana boczna na przeciwko szczeliny stanowiła oś symetrii.

**Ilustracja 5.16.**

Wymiary i oznaczenia dla przepławek jednoszczelinowych (układ w planie)

Gebler (1991) wskazuje, iż minimalna szerokość szczeliny (s) powinna wynosić od 0,15 do 0,17 m dla komory o długości $l_b = 1,9$ m i szerokości $b = 1,2$ m.

5.2.2.4. Charakterystyka konstrukcji

Najważniejszym parametrem przepławek szczelinowych jest szerokość szczeliny (s), która powinna być dobrana na podstawie danych o spodziewanych gatunkach ryb oraz wielkości możliwych przepływów (patrz: tabela 5.2). Dla pstrąga potokowego, lipienia, karpio-watych i mniejszych ryb, odpowiednia będzie szczelina o wymiarach $s = 0,15$ do $0,17$ m. Natomiast dla dużych łososiowatych (np. łosoś, troć wędrowna, głowacica) i w większych rzekach, z odpowiednio większymi przepływami, zaleca się szersze szczeliny: $s = 0,3$ do $0,6$ m oraz odpowiednio większe komory – zgodnie ze wskazaniami przedstawionymi w tabeli 5.2. Niemniej jednak, w wybranych przypadkach, jeśli ilość wody jest niewystarczająca, można rozważyć ograniczenie szerokości szczeliny do $s = 0,2$ m. Jeśli projektowane szerokości szczelin są inne niż wartości przedstawione w tabeli 5.2, należy uwzględnić potencjalny wpływ zmian gabarytów na reżim przepływów wód w przepławce.

Kształt ścian działowych należy dobrać tak, aby nie dopuścić do powstawania drobnych prądów wirowych przechodzących w linii prostej bezpośrednio ze szczeliny do szczeliny. Należy raczej stworzyć główny nurt, który samoistnie zawracając w komorze wykorzystuje jej objętość i rozprasza energię przy niskiej turbulencji.

Taki układ prądów można stworzyć poprzez zastosowanie hakowatych zwieńczeń ścian działowych, które będą odchylać nurt przy wejściach do kolejnych komór. Natomiast na krawędzi szczeliny, po stronie ściany bocznej, mocuje się deflektory odchylające nurt. Odległość „ a ” (patrz: il. 5.16), w jakiej znajduje się deflektor, odniesiona do ściany działowej wpływa na kąt, pod jakim prąd wody w szczelinie odchyła się w kierunku centralnej części komory. Według Geblera (1991), w mniejszych przepławkach odległość „ a ” powinna być dobrana w taki sposób, aby utworzony kąt wynosił co najmniej 20° . W przepławkach z większą szczeliną, kąt powinien być odpowiednio większy: $\alpha = 30-45$ (Larinier, 1992a; Rajaratnam, 1986).

Tabela 5.2 przedstawia zalecane wymiary projektowanych ścian działowych. Ilustracja 5.16 prezentuje zastosowane terminy.

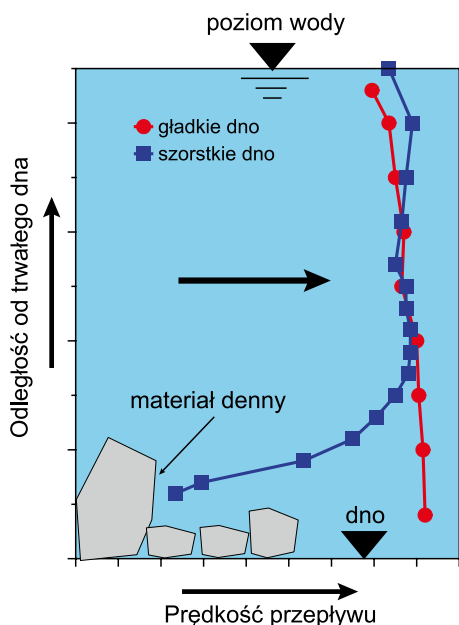
Tabela 5.2. Minimalne rozmiary dla przepławek jednoszczelinowych (wymiary w [m])

Spodziewane gatunki ryb		Lipień, leszcz, kleń, inne		Jesiotr
		Pstrąg potokowy	Łosoś, troć wędrowna, głowacica	
Szerokość szczeliny	s	0,15-0,17	0,30	0,60
Szerokość komory	b	1,20	1,80	3,00
Długość komory	l_b	1,90	2,75-3,00	5,00
Długość „haka”	c	0,16	0,18	0,40
Przesunięcie deflektora	a	0,06-0,10	0,14	0,30
Szerokość deflektora	f	0,16	0,40	0,84
Maks. różnica poziomów wody	h	0,20	0,20	0,20
Min. głębokość wody	h_{min}	0,50	0,75	1,30
Wymagany przepływ ^{a)}	Q [m ³ /s]	0,14-0,16	0,14	1,40

^{a)} Obliczony dla $\Delta h = 0,20$ i h_{min} .

Źródło: Gebler, 1991 i Larinier, 1992a.

Badania przeprowadzone w terenie oraz symulacje z wykorzystaniem modeli dowiodły, że reżim prądów wodnych w komorach nie może być zapewniony, jeśli projektowane przepławki nie spełniają zalecanych parametrów.



Ilustracja 5.17. Pionowy rozkład prędkości przepływu w szczelinie, porównanie między gładkim i szorstkim dnem
Źródło: Gebler, 1991.

Ściany działowe można sporządzić z drewna lub prefabrykatów betonowych. W przypadku zastosowania drewna, zaleca się zabezpieczenie krawędzi drewna stalową ramą lub prowadnicą wbetonowaną w dno przepławki. Blok rozpraszający energię można sporządzić z belki (o przekroju kwadratowym lub prostokątnym) przymocowanej do ścianki bocznej komory. W zależności od wybranej konstrukcji, pionowe ściany działowe mogą być umocowane prostopadle pod kątem prostym lub nieco pochylone w stosunku do dna przepławki.

Ściany działowe powinny być na tyle wysokie, aby podczas średnich stanów woda nie przelewała się ponad nimi.

5.2.2.5. Substrat denny

Przepławki szczelinowe umożliwiają zapewnienie ciągłości szorstkiego dna na całej długości przepławki. Średnica materiału wykorzystanego do pokrycia dna powinna wynosić co najmniej $d_{50} = 60$ mm. Jeśli to możliwe, materiał wykorzystany do pokrycia dna przepławki powinien być taki sam, jak materiał pokrywający naturalne dno cieku. Minimalna grubość warstwy substratu w przepławce wynosi ok. 0,2 m. Zaleca się wbetonowanie w komory kilku większych ziaren ponadwymiarowych z kamienia łamanego, które będą wspierać

strukturę, a po zaschnięciu betonu, pokrycie dna drobniejszym materiałem.

Jak już wcześniej opisano, materiał pokrywający dno znacząco redukuje prędkości przepływu w warstwie wody w strefie przydennej oraz w szczelinach, ułatwiając pokonanie przeszkody faunie bentonicznej. Jak przedstawiono na il. 5.17, dzięki wprowadzeniu większych ziaren, można osiągnąć znaczące zmniejszenie prędkości przepływu. Dzięki spokojniejszym strefom, przeszkodę pokonać mogą gatunki charakteryzujące się słabszymi zdolnościami pływackimi, takie jak piskorz, kielb, głowacz.

Istotnym jest, aby substrat pokrywający dno przepławki był połączony z dnem cieku. Jeśli dno przepławki jest położone wyżej niż dno rzeki, należy połączyć je z dnem rzeki za pomocą narzutu kamiennego.

5.2.3. Obliczenia hydrauliczne

Podczas projektowania, budowy i eksploatacji przepławki należy monitorować następujące elementy:

- głębokość wody,
- prędkości wody w szczelinie (wartości graniczne),
- przepływy,
- ilość energii dla objętościowego rozproszenia energii w komorach.

Głębokość wody bezpośrednio poniżej ściany działowej, określona na podstawie uśrednionego poziomu substratu dna, powinna być na tyle duża, by zapobiec wymywaniu materiału pokrywającego dno przepławki.

Warunek ten może być spełniony w przypadku, gdy:

$$h_u > h_{gr} \text{ lub} \quad (5.8)$$

$$v_{max} > v_{gr} \quad (5.8a)$$

gdzie:

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g s^2}} \text{ [m]} \quad (5.8b)$$

$$v_{max} = \sqrt{2g \Delta h} \text{ [m/s]} \quad (5.8c)$$

$$v_{gr} = \sqrt{g h_{gr}} \text{ [m/s]} \quad (5.8d)$$

Minimalna głębokość wody (mierzona bezpośrednio poniżej szczeliny) dla $\Delta h = 0,2$ m, wynosi ok. $h_u = h_{min} = 0,5$ m. Aby zagwarantować odpowiednią głębokość wody, zaleca się następujące procedury (patrz: il. 5.18):

- najniższy poziom wody górnej jest decydującym czynnikiem określającym poziom dna przy wlocie do przepławki (wyjściu z przepławki). Poziom powierzchni dna przed pierwszą komorą (od strony górnej wody) jest określony przez poziom wody pomniejszony o ($h_{min} + \Delta h$);

- poziom wody niskiej (NW), będący najniższym poziomem wody w okresie roku, określa poziom wody dolnej (z wyjątkiem kilku dni). Natomiast dno w ostatniej względem biegu rzeki komorze na wylocie wody z przepławki (wejściu do niej) powinno znajdować się na poziomie $NW - h_{\min}$.

W przypadku wspomnianych poziomów wody górnej i dolnej, głębokość wody jest jednakowa we wszystkich komorach przepławki, a w całej przepławce różnice poziomów wody między następującymi po sobie komorami są takie same. Założenie to przyjmuje się jako najgorszy scenariusz dla piętrzeń, w których maksymalny poziom wody górnej jest stały. Liczba komór „n” jest obliczana na podstawie równania:

$$n = \frac{h_c}{\Delta h} - 1 [-] \quad (5.2)$$

gdzie: wartość graniczna dla różnicy poziomów wody powinna wynosić $\Delta h \leq 0,20$ m. Maksymalna prędkość przepływu v_{\max} w szczelinach jest związana z maksymalną różnicą poziomów wody Δh poprzez zależność:

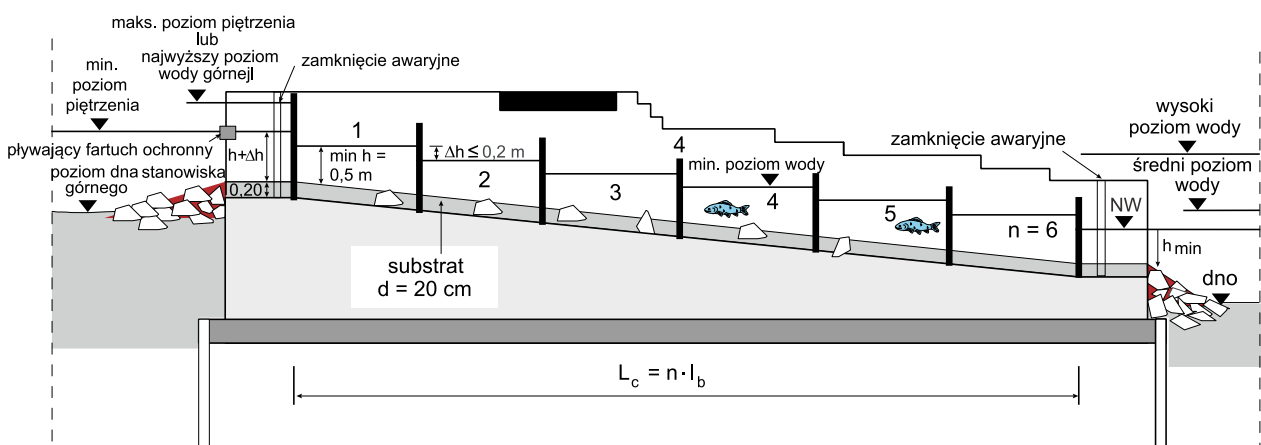
$$v_s = \sqrt{2 g \Delta h} \text{ [m/s]} \quad (5.3)$$

Wielkość przepływu w przepławkach szczelinowych jest zdeterminowana przez warunki hydrauliczne w szczelinach i może być oszacowana na podstawie równania (5.9):

$$Q = \frac{2}{3} \mu_r s \sqrt{2 g h_0}^{3/2} \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (5.9)$$

gdzie: $\mu_r = f(h_u/h_0)$, co przedstawiono na il. 5.22.

Współczynnik wydatku μ_r obliczono na podstawie wyników testów laboratoryjnych (Rajaratnam, 1986 i Gebler, 1991) oraz badań terenowych (Krüger 1993). Współczynnik ten można określić na podstawie il. 5.22. Wartości współczynnika μ_r dotyczą przedziałów $s = 0,12$ do $0,30$ m, $h_u = 0,35$ do $3,0$ m oraz $\Delta h = 0,01$ do $0,30$ m. Jeśli zaprojektowano większe szczeliny, zaleca się przeprowadzenie symulacji na modelu fizycznym w laboratorium, skonstruowanym w odpowiedniej skali hydraulicznej.



Ilustracja 5.18. Profil podłużny przepławki szczelinowej (schemat)

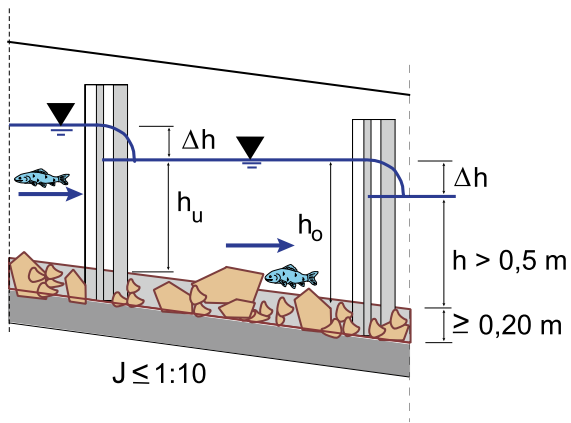
Równanie 5.9 wykorzystano jako podstawę ilustracji 5.21 dla $s = 17$ cm i dla $\Delta h = 0,20$ m oraz $\Delta h = 0,15$ m.

Obliczenie przepływu jest bardziej skomplikowane jeśli uwzględnia się zmienne poziomy wody górnej i wody dolnej, na przykład gdy głębokość wody w niższej położonych komorach jest większa z powodu specyficznych warunków poniżej piętrzenia (np. wpływ cofki piętrzenia zlokalizowanego poniżej przeszkody) lub jeśli poziom wody górnej jest zmienny (np. przy zaporach lub jazach stałych). Pojawiają się wówczas różne głębokości wody przy ścianach działowych, powodując wystąpienie różnic poziomów wody. Zatem, wartości przepływu można obliczyć na podstawie iteracji (powtórzeń) następującej procedury: najpierw należy oszacować przepływ na podstawie średniej różnicy poziomów wody przy najwyższej położonej względem biegu rzeki (pierwszej) ścianie działowej.

Opierając się na oszacowanym w ten sposób przepływie, można oszacować również głębokość wody górnej h_0 dla kolejnych ścian działowych, rozpoczynając obliczenia od najniższej położonej ściany działowej. Obliczenia można przeprowadzić tylko dzięki iteracji, ponieważ μ_r jest funkcją h_u/h_0 . Jeśli szacowana wartość przepływu jest poprawna, obliczona wartość h_0 dla pierwszej (najwyższej położonej) ściany działowej musi odpowiadać poziomowi wody górnej. W przeciwnym wypadku należy powtórzyć obliczenia, opierając się na innym oszacowanym przepływie.

Celem zapewnienia niskiej turbulencji w komorach przepławki, ilość rozpraszanej energii strumienia, przypadająca na jednostkę objętości komory nie powinna być większa niż $E = 200$ W/m³ (według Lariniera, 1992a). Objętościowe rozproszenie energii (dyssypację objętościową) E można obliczyć z następującego wzoru:

$$E \approx \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m (l_b - d)} \text{ [W/m}^3\text{]} \quad (5.7)$$



Ilustracja 5.19. Przełupka szczelinowa – schemat szczegółowy

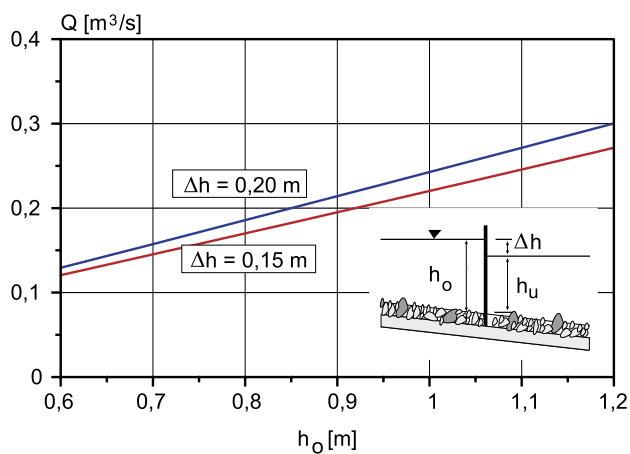
Strumień wody musi przejść przez szczelinę pod kątem prostym, tak aby zapobiegać powstawaniu drobnych prądów wirowych w komorze. Jaz Unterer Puhlstrom/Unterspreewald.

Przykład obliczeń dla przełupki szczelinowej

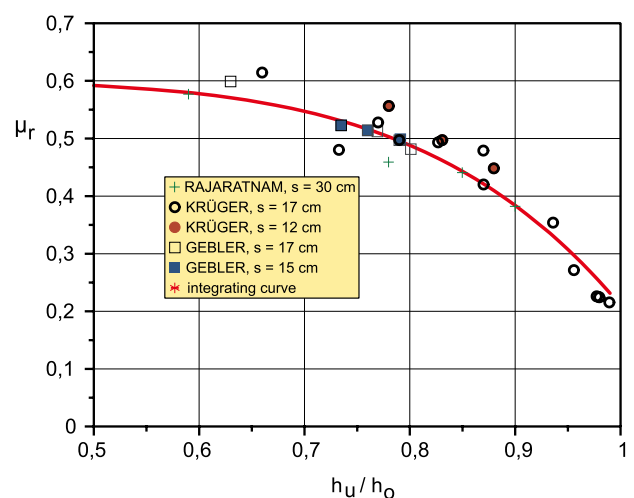
Jaz zostanie wyposażony w przełupkę szczelinową. Poziom wody górnej waha się między 61,95 m n.p.m. (rzędna zwierciadła w okresie letnim) a 62,10 m n.p.m. (rzędna w okresie zimowym). Poziom wody dolnej jest na rzędnej 60,60 m n.p.m., zaś poziom dna cieku ma rzędna 60,00 m n.p.m. Dno przełupki po stronie wody dolnej powinno się znaleźć na tej samej wysokości. Przy projektowaniu przełupki można pominąć obliczenia wynikające z potencjalnego występowania dużych ryb łososiowatych.



Ilustracja 5.20. Prąd wody w przełupce szczelinowej



Ilustracja 5.21. Przepływ wody w przełupce szczelinowej o szerokości szczeliny równej $s = 17$ cm



Ilustracja 5.22. Współczynnik wydatku μ_r w równaniu 5.9. dla szczeliny o ostrych krawędziach

Wielkość przepływu, prędkość przepływu i warunki turbulencji powinny być określone dla minimalnego i maksymalnego poziomu wody górnej.

Wymiary zostały określone na podstawie tabeli 5.2:

- szerokość szczeliny: $s = 0,17$ m,
- długość komory: $l_b = 1,90$ m,
- szerokość komory: $b = 1,40$ m.

Ilustracja 5.24 przedstawia przykładowe wymiary obiektu (np. ściany działowe).

Maksymalna różnica (tu: spad) między wodą górną i dolną wynosi $h_c = 62,1 - 60,6 = 1,50$ m, natomiast dopuszczalna różnica poziomów wody⁴¹ $\Delta h = 0,2$ m (tab. 5.2). Liczbę komór obliczono na podstawie równania (5.2):

$$n = \frac{h_c}{\Delta h} - 1 = \frac{1,5}{0,2} - 1 = 6,5 \approx 7 \text{ komór}$$

Niemniej jednak dalsze obliczenia wskazują, że należy zbudować przynajmniej 8 komór (9 ścian działowych) tak, aby nie przekroczyć dopuszczalnej różnicy poziomów wody pomiędzy maksymalnym poziomem wody górnej (w okresie zimowym).

Zatem, całkowita długość przepławki, włącznie z komorą wejściową i wyjściową (każda o długości 1 m) wynosi:

$$l_c = 8 \cdot 1,90 + 2 \cdot 1,0 = 17,20 \text{ m}$$

W komorach znajduje się warstwa materiału dennego o grubości 0,2 m. Aby osiągnąć jednakowe warunki przepływu we wszystkich komorach, także przy niższych poziomach wody górnej, minimalną głębokość wody w przepławce określono na poziomie 0,6 m. Natomiast różnicę poziomów wody górnej i dolnej dzieli się przez ilość przegród. Z równania:

$$h_{(c \text{ min})} = 61,95 - 60,6 = 1,35 \text{ m}$$

oraz

$$\Delta h = \frac{1,35}{9} = 0,15 \text{ m}$$

poziom wody w strefie wlotu wody do przepławki (wyjścia z przepławki) po stronie wody górnej, odniesiony do górnej krawędzi warstwy materiału dennego, wynosi:

$$z_{(e \text{ substrat})} = 61,95 - (0,6 + 0,15) = 61,2 \text{ m n.p.m.}$$

Natomiast poziom trwałego dna przepławki w strefie wlotu wody do przepławki (wyjścia z przepławki) można obliczyć z równania:

$$z_{(e,d)} = 61,2 - 0,2 = 61,0 \text{ m n.p.m.}$$

Przy niskich stanach wody górnej, przy każdej ścianie działowej pojawiają się te same różnice poziomów wody i głębokości. Maksymalna prędkość przepływu w szczelinie wynosi więc:

$$v_s = \sqrt{2 g \Delta h} = \sqrt{19,62 \cdot 0,15} = 1,72 \text{ m/s}$$

i jest ona mniejsza od wartości dopuszczalnej

$$v_{s,dop} = 2,0 \text{ m/s.}$$

Z il. 5.21 można odczytać przybliżoną wartość $Q = 0,16$ m³/s dla wartości $h_o = 0,75$ m oraz $\Delta h = 0,15$ m, co można potwierdzić następującymi obliczeniami:

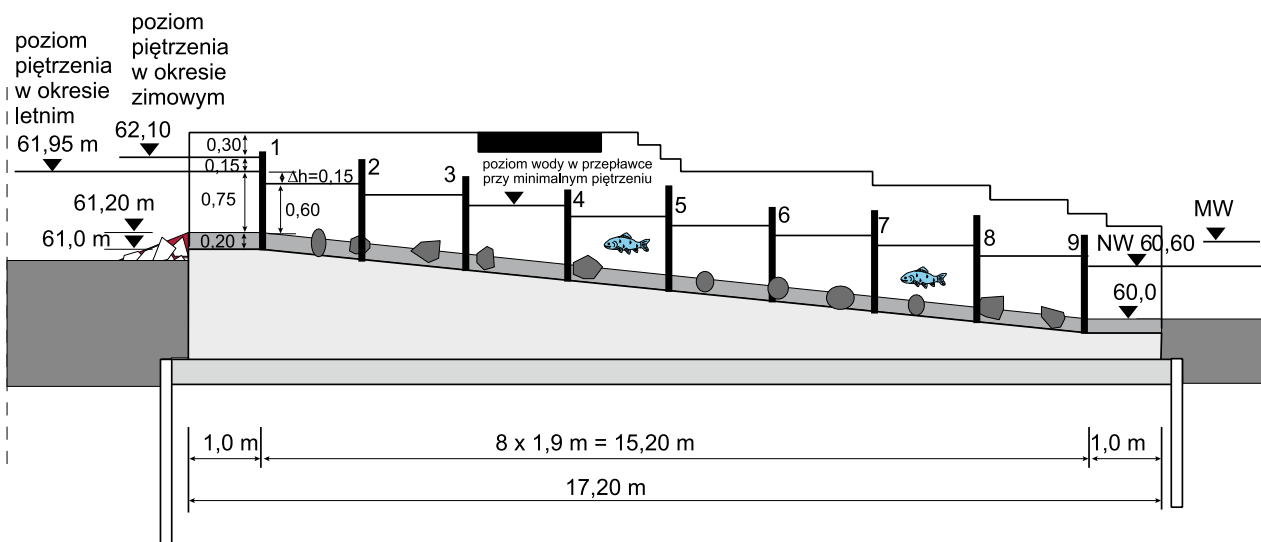
$$h_o = 0,75 \text{ m, } h_u = 0,6 \text{ m,}$$

$$h_u/h_o = 0,6 / 0,75 = 0,80$$

Z il. 5.22 odczytujemy wartość współczynnika wydatku $\mu_r = 0,49$, zatem:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_r s \sqrt{2gh_o}^{3/2} = \frac{2}{3} 0,49 \cdot 0,17 \sqrt{19,62 \cdot 0,75^2}^{3/2} = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

⁴¹ Pomiędzy komorami – przyp. tłum.



Ilustracja 5.23. Schemat ilustrujący przykładowe obliczenia (profil podłużny przez przepławkę szczelinową)

Tabela 5.3. Wyniki obliczeń głębokości i prędkości przepływu w przepławce przy wysokich stanach wody górnej

Numer ściany działowej	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Rzędna dna [m n.p.m.]	61,20	64,05	60,90	60,75	60,60	60,45	60,30	60,15	60,00	
h_u [m]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,73	0,72	0,70	0,66	0,60	
h_o [m]	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85	0,81	
Δh [m]	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,19	0,21	
v_s [m/s]	1,72	1,72	1,72	1,77	1,77	1,77	1,83	1,93	2,03 > v_{dop} !	
Rzędna zwierciadła wody w komorze	HW ^{a)} = 62,10	61,95	61,80	61,65	61,49	61,33	61,17	61,00	60,81	TW ^{a)} = 60,60

^{a)} HW – woda górna; TW – woda dolna – *przyp. tłum.*

Obliczenie objętościowego rozproszenia energii (dyssypacji objętościowej) E pozwala na sprawdzenie wielkości turbulencji w komorach. Jak wynika z kalkulacji, wartość graniczna $E_{dop} = 200 \text{ W/m}^3$ nie jest przekroczona, gdy $h_m = h_u + \Delta h/2 = 0,6 + 0,15/2 = 0,675$ oraz:

$$E \approx \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m (l_b - d)} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,15 \cdot 0,16}{1,40 \cdot 0,675 \cdot (1,90 - 0,7)} = 138 \text{ W/m}^3$$

Obliczenie przepływu należy dokonać metodą kolejnych przybliżeń, dla wysokiego stanu wody górnej, zgodnie z podanym algorytmem.

Wstępne obliczenia pokazują, że dla wysokiego stanu wody górnej $\Delta h_1 = 0,15 \text{ m}$ przy pierwszej ścianie działowej, zatem dla:

$$h_{(o,1)} = 0,90 \text{ m i } h_{(u,1)} = 0,75 \text{ m}$$

można obliczyć przepływ:

$$\frac{h_{u,1}}{h_{o,1}} = \frac{0,75}{0,9} = 0,833 \text{ wtedy } \mu_r = 0,46$$

$$Q = \frac{2}{3} 0,46 \cdot 0,17 \sqrt{19,62} \cdot 0,9^2 = 0,197 \text{ m}^3/\text{s}$$

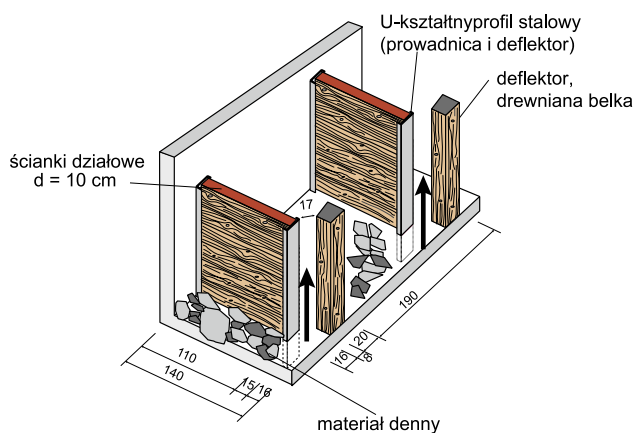
Ponieważ przepływ zależy od h_o , współczynnik μ , zależy z kolei od stosunku h_u/h_o , nie można wskazać jednoznacznego rozwiązania, zaś poziomy wody odpowiadający obliczonemu przepływowi można określić jedynie poprzez metodę kolejnych przybliżeń. W tym celu Δh jest określana przy każdej ścianie działowej, pozwalając zarazem na określenie μ_r . Następnie, celem określenia głębokości wody górnej h_o dla przepływu Q , należy skorzystać z równania 5.9. Rezultaty kolejnych przybliżeń przedstawiono w tabeli 5.3.

Wielkość turbulencji określa się jedynie dla najniższej położonej komory (tu: nr 8), gdyż jest to komora, w której obserwuje się największe różnice poziomów wody. Mając dane $h_m = (0,81 + 0,66)/2 = 0,735$, moc rozproszonej energii w ósmej komorze wynosi:

$$E = \frac{\rho g \Delta h_s Q}{b h_m (l_b - d)} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,19 \cdot 0,17}{1,40 \cdot 0,735 \cdot (1,90 - 0,1)} = 198 \text{ W/m}^3 < E_{dop} = 200 \text{ W/m}^3$$

co odpowiada wartości granicznej $E = 200 \text{ W/m}^3$.

Obliczenia pokazują, że dla wysokiego stanu wody górnej, maksymalna prędkość przepływu wynosi $v \approx 2 \text{ m/s}$ (tab. 5.3) przy najniższej położonej ścianie, co jest powodem zalecenia raczej ośmiu niż siedmiu komór. Jeśli przyjmie się, że projekt zakłada budowę tylko siedmiu komór, maksymalna prędkość przepływu w najniższej położonej komorze wyniesie aż $v_s = 2,17 \text{ m/s}$. Przykład ilustruje, że szczególnie w przypadku zmiennego poziomu wody górnej, niezbędne jest szczegółowe zbadanie warunków hydraulicznych w szczelinach, tak aby ograniczyć ryzyko niewłaściwego zwymiarowania przepławki.



Ilustracja 5.24. Propozycja projektu ścian działowych w przepławce szczelinowej

Ściany działowe są umocowane z obu stron ceownikiem 160 mm, z których środkowy⁴² jednocześnie pełni funkcję deflektora. Szerokość centralnego, stalowego profilu powinna zatem być większa ($b = 16 \text{ cm}$), co zaleca Krüger i in., 1994b.

5.2.4. Ocena ogólna

Przepławki szczelinowe (o szczelinach pionowych) pozwalają zagwarantować możliwość wędrówki w górę cieku, zarówno gatunkom charakteryzującym się mniejszymi umiejętnościami pływackimi, jak i małym rybom.


⁴² Wewnętrzny – *przyp. tłum.*

Pozostałe korzyści zastosowania przepławek szczelinowych:

- pionowe szczeliny rozciągające się na całej wysokości ścianki działowej, spełniają wymagania behawioralne ryb żyjących w toni, jak i w strefie przydennej;
- zmniejszenie prędkości przepływu w strefie przydennej szczeliny pozwala na pokonanie przeszkody nawet rybom charakteryzującym się mniejszymi zdolnościami pływackimi, jednak warunkiem jest zastosowanie substratu dennego, zawierającego również głązy i gruby żwir;
- obiekty te sprawdzają się nawet w warunkach zmiennego poziomu wody górnej;
- budowle te są niewrażliwe na zmiany poziomu wody dolnej;
- jeśli materiał denny zachowuje ciągłość w szczelinach, z przepławki może skorzystać również zoobentos;
- ponieważ szczeliny rozciągają się na całej wysokości ścian działowych, przepławka szczelinowa jest mniej podatna na zamulenie niż tradycyjnie projektowane przepławki komorowe. Częściowe zamulenie i zmniejszenie przepływu przez ścianę działową nie powoduje całkowitej utraty funkcjonalności;
- obiekty tego typu spełniają swoją funkcję zarówno na niewielkich strumieniach o małym przepływie, jak i na dużych rzekach;
- przepławki szczelinowe mogą funkcjonować w szerokim spektrum przepływów: od zaledwie 100 l/s do wielu m³/s.

Wobec powyższych zalet, przepławki szczelinowe powinny być preferowane w stosunku do konwencjonalnych przepławek komorowych. Współczesna wiedza wskazuje, że przepławki szczelinowe – spośród wszystkich przepławek o charakterze technicznym – powinny być stosowane najczęściej.

5.2.5. Przykład

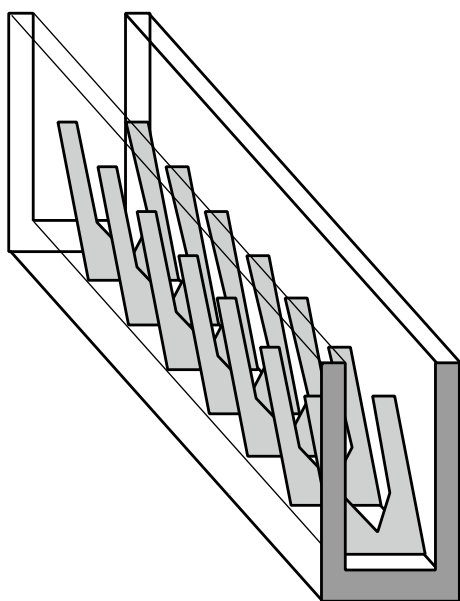
PRZEPLAWKA SZCZELINOWA NEU LÜBBENAU			
Szczegóły dotyczące stopnia wodnego		Szczegóły dotyczące przepławki	
Rzeka:	Spree, km 165,3, Unterspreewald, Brandenburgia	Wysokość zaporę:	$h_c = 1,2$ do $1,4$ m
Przepływ:	SQ = $5,5$ m ³ /s SNQ = $1,5$ m ³ /s	Szerokość szczeliny:	$s = 0,17$ m
Rok budowy:	1992	Liczba komór:	$n = 9$
Funkcja:	jaz	Szerokość komór:	$b = 1,0$ i $1,4$ m
		Długość komór:	$l_b = 1,6$ do $1,9$ m
		Długość całkowita:	$L_c = 19,2$ m
Opis konstrukcji			
<p>Wymiary komór są stosunkowo duże ($b = 1,4$ m i $l_b = 1,9$ m) z wyjątkiem najwyższych trzech komór, których szerokość została zmniejszona, ze względów konstrukcyjnych ($b = 1,0$ m). Analogicznie do il. 5.24, ściany dzielące poszczególne sekcje wykonano z szandorów o grubości 10 cm, mocowanych do obu ścian w pionowych U-kształtnych profilach stalowych. Deflektory sporządzono z legarów, pionowo mocowanych kołkami do ścian bocznych. Przepławka położona jest między jazem i śluzą, niemal w samym środku rzeki, co generalnie jest uważane za niekorzystne. Początkowe obawy, że ryby mogą mieć trudności w znalezieniu wejścia do przepławki, nie były uzasadnione. Wąskie (15 m) koryto Szprewy ograniczyło ryzyko nieodnalezienia wejścia do przepławki przez migrujące ryby. Z drugiej strony, położenie przepławki przy lewym brzegu rzeki z całą pewnością byłoby korzystniejsze. Niestety, w dniu przepławki zainstalowano tylko kilka większych kamieni zwiększających turbulencję przepływu. Kamienie te nie mogą zastąpić ciągłego substratu dennego o dużej szorstkości. Liczenie ryb potwierdziło, że przepławka funkcjonuje poprawnie. Liczba pokonujących ją ryb jest znacząca: to przykładowo ponad 10 tys. osobników wstępujących w latach 1993 i 1994 (w okresie kwiecień-maj), z dziennymi maksymalnymi liczbami wynoszącymi ponad 1,8 tys. ryb na dobę (Krüger i in., 1994b).</p>			
			
<p>Ilustracja 5.25. Przepławka szczelinowa przy zaporze w Neu Lübbenau/Szprewa (widok od strony wody dolnej)</p>			

5.3. Przeplawka Denila

5.3.1. Zasady

W XIX w. belgijski inżynier G. Denil zaprojektował przepławkę, którą ze względu na sposób funkcjonowania, nazwał wówczas „przepławką o prądzie wstecznym”. Dzisiaj przepławki tego typu nazywa się, na pamiątkę ich wynalazcy, „przepławkami systemu Denila” lub po prostu przepławkami Denila (Denil, 1909).

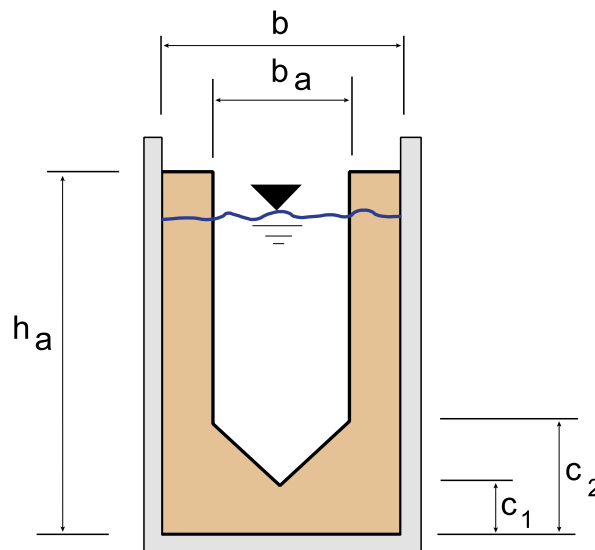
Przepławka tego typu składa się z prostego koryta, w którym w równych i stosunkowo niewielkich odległościach mocuje się przegrody. Przegrody te są pochylone pod pewnym kątem w stosunku do kierunku napływającej wody (il. 5.26.). Pomiedzy przegrodami tworzą się prądy wsteczne, rozpraszające znaczne ilości energii. Dzięki interakcji, dopuszczane są stosunkowo niewielkie prędkości przepływu w strefie poniżej wcięcia w przegrodzie (il. 5.28.). Dzięki temu przepławki systemu Denila mogą, w porównaniu z przepławkami innych typów, charakteryzować się znacznym spadkiem, pozwalając zarazem na pokonanie małych i średnich różnic poziomów wody na stosunkowo niewielkich odległościach.



Ilustracja 5.26. Schemat przepławki systemu Denila

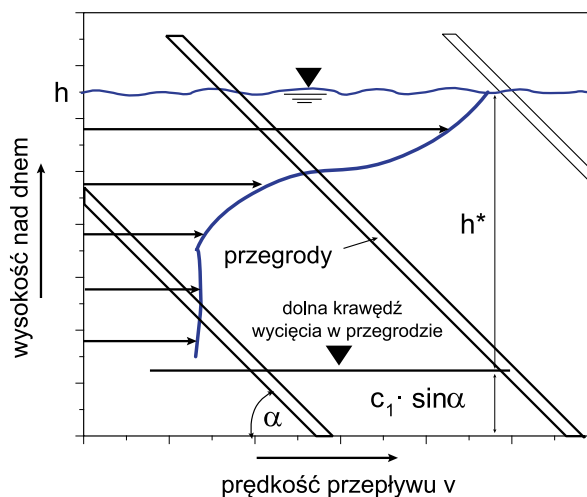
Źródło: Lonnebjerg, 1980; zmienione.

Kompaktowa konstrukcja przepławek systemu Denila, możliwość przygotowania prefabrykatów w suchych warunkach oraz rozruch przepławki właściwie bezpośrednio po montażu sprawia, że jest to typ konstrukcji szczególnie przydatny przy modernizacji istniejących zapór pozbawionych przepławki, przy których nie ma zbyt dużo przestrzeni.



Ilustracja 5.27. Przegroda przepławki systemu Denila (oznaczenia typowe)

Źródło: Lonnebjerg, 1980; zmienione.



Ilustracja 5.28. Typowy rozkład prędkości przepływu w przepławce systemu Denila

Źródło: Krüger, 1994a; zmienione.

Przepławki zaprojektowane przez Denila miały wklęsłe przegrody. Na bazie prototypów rozwinięto wiele rodzajów przegród (porównaj: Larinier, 1992b). Najskuteczniejsze okazały się przegrody o wycięciu U-kształtnym, co pokazano na il. 5.27. Obecnie, niemal wszystkie przepławki systemu Denila wyposażone są w przegrody U-kształtne. Zatem poniższy opis będzie odnosił się przede wszystkim do tych ustandaryzowanych przepławek systemu Denila.



Ilustracja 5.29.

Przeławka systemu Denila z przejściową komorą odpoczynku. Widok od strony wody górnej, młyn Gollmitzer na rzece Strom w Prenzlau (Brandenburgia)



Ilustracja 5.30.

Drewniana przeławka systemu Denila w Gifhorn/ Ise (Dolna Saksonia)

5.3.2. Konstrukcja i wymiary

5.3.2.1. Układ w planie

Kanał przeławki (koryto) zawsze jest prosty. Załamania są niedozwolone, ponieważ negatywnie oddziałują na charakterystyki rozkładu prądów; jakiegokolwiek zmiany kierunku mogą być osiągnięte jedynie poprzez zastosowanie komór odpoczynku.

Ponieważ ryby nie mogą odpoczywać w komorach między przegrodami, muszą przejść przeławkę systemu Denila „za jednym razem”. Zbyt długa przeławka będzie zatem służyć tylko silnym i dobrze pływającym rybom. Dlatego też długość kanału musi być dobrana w taki sposób, aby mogły ją pokonać gatunki o mniejszych zdolnościach pływackich lub mniejszej wytrzymałości. Komorę odpoczynku (patrz ilustracja: 5.29) powinno się zaplanować co 6-8 m dla ryb karpio-watych i co 10-12 m dla ryb łososiowatych. Wymiary komór odpoczynku należy dobrać w taki sposób, aby energia wpływającej do niej wody rozpraszala się, nie

tworząc zawirowań. Komory odpoczynku mogą być zaprojektowane w sposób bliski naturze, na przykład jako imitacja niewielkich, porośniętych roślinnością oczek wodnych. Rozproszenie objętościowe energii (ilość energii przypadającej na jednostkę objętości) w komorach odpoczynku powinno być mniejsze niż $E = 25-50 \text{ W/m}^3$.

Lokalizacja wejścia do przeławki systemu Denila podlega takim samym zasadom, jak lokalizacja wejścia do przeławek komorowych.

5.3.2.2. Profil podłużny

Zazwyczaj nachylenie koryta w przeławkach systemu Denila mieści się w zakresie $J = 1:5$ (20%) i $1:10$ (10%). Szerokość i dopuszczalne nachylenie koryta są wzajemnie zależne, aby zagwarantować warunki hydrauliczne odpowiednie dla migracji wstępującej ryb. Rekomendowane wartości tych współczynników podaje Larinier (1983). Przedstawiono je w tabeli 5.4.

Tabela 5.4. Zalecane wymiary szerokości i nachylenia koryta w przepławkach systemu Denila

Potencjalne gatunki ryb	Szerokość koryta b [m]	Zalecane: spadek/nachylenie		Przepływ wody ^{a)} Q [m ³ /s] dla h*/b _a = 1,5
		%	1:n	
Pstrąg potokowy, karpiołate i inne	0,6	20,0	1:5	0,26
	0,7	17,0	1:5,88	0,35
	0,8	15,0	1:6,67	0,46
	0,9	13,5	1:7,4	0,58
Łosoś, Troć wędrowna, Głowacica	0,8	20,0	1:5	0,53
	0,9	17,5	1:5,7	0,66
	1,0	16,0	1:6,25	0,82
	1,2	13,0	1:7,7	1,17

^{a)} Obliczone zgodnie z równaniem 5.10 dla zalecanych rozmiarów ścian działowych z tabeli 5.5.

Źródło: Larinier, 1983.

Tabela 5.5. Zalecane wartości dla projektu przegród w przepławkach systemu Denila, w zależności od przyjętej szerokości koryta

		Zakres tolerancji (odchylenia)	Zalecane wartości
Szerokość przegrody	b _a /b	0,5-0,6	0,58
Odległości między przegrodami	a/b	0,5-0,9	0,66
Odległość między najniższym punktem wycięcia w przegrodzie a dnem	c ₁ /b	0,23-0,32	0,25
Głębokość trójkątnej sekcji (trójkątnej części wycięcia)	c ₂ /c ₁	2	2

Źródło: Lonnebjerg, 1980 i Larinier, 1992b.

5.3.2.3. Koryto

Koryto (kanał) przepławki systemu Denila wykonane jest z betonu lub z drewna (il. 5.30). Naturalnie, jego szerokość powinna być określona jako funkcja dostępnego przepływu oraz spodziewanych gatunków ryb.

Jeśli w skład ichtiofauny wchodzi gatunki dużych ryb łososiowatych, szerokość koryta powinna zawierać się między b = 0,8 m i 1,2 m. Koryto o szerokości w zakresie b = 0,6 do 0,9 m będzie odpowiednie dla pstrąga potokowego i ryb karpiołatych. Jeśli tylko warunki przepływu są odpowiednie, możliwe jest połączenie dwóch lub więcej równoległych, sąsiadujących ze sobą koryt.

5.3.2.4. Przegrody

Zaleca się, aby przegrody były wykonane z drewna lub, w wyjątkowych przypadkach, ze stali. Wszystkie krawędzie powinny być dobrze zaokrąglone, tak aby nie raniły ryb pokonujących przepławkę.

Przegrody są nachylone w kierunku płynącej wody pod kątem $\alpha = 45^\circ$ w stosunku do dna przepławki. W przegrodach znajdują się U-kształtne wycięcia, których najniższa część przypomina trójkąt. Wymiary b_a, c₁ i c₂, które określają kształt wycięcia w przegrodzie i parametr „a”, określający odległości między przegrodami, zależą od szerokości koryta. Ponieważ mają one znaczący wpływ na warunki kształtowania się prądów wody w komorach, mogą się zmieniać jedynie w wąskim zakresie. Przepławki systemu Denila są bardzo wrażliwe

na zmiany wymiarów, stąd ważne jest ściśle przestrzeganie zalecanej geometrii przepławki. Prawdziwość obliczeń modelowych przedstawionych w rozdziale 5.3.3 jest całkowicie zastrzeżona dla wymiarów przepławki systemu Denila, opisanych poniżej. Wartości przedstawione w tabeli 5.5 mogą być wykorzystane jako wytyczne do zaprojektowania przegród.

5.3.2.5. Strefa wpływu i wypływu wody

Strumień wody powinien zawsze docierać do ujęcia wody do przepławki⁴³ z kierunku, który odpowiada przedłużeniu osi koryta przepławki powyżej przeszkody. Zwężenia i łuki przed wlotem wody zawsze negatywnie oddziałują na warunki przepływu. Wskazane jest zastosowanie rozwiązań umożliwiających zamknięcie koryta przy wlocie wody do przepławki, aby umożliwić prace konserwacyjne i utrzymaniowe.

Koryto przepławki systemu Denila musi znacząco „wchodzić” w strefę wody dolnej, tak aby wylot wody⁴⁴ znajdował się co najmniej na poziomie wody w korycie przy niskich stanach wody dolnej. Podczas wysokich stanów wody dolnej, wpływ cofki oddziałuje dalej na koryto przepławki, jednak nie wywiera znaczących efektów na warunki przepływu w przepławce.

Wylot wody z przepławki systemu Denila powinien, jeśli to możliwe, być połączony z dnem cieku, tak aby ułatwić rybom znalezienie wejścia do przepławki. W płyt-

⁴³ Wyjścia z przepławki – przyp. red.

⁴⁴ Wejście do przepławki – przyp. red.

kich ciekach dno powinno być zabezpieczone żwirem lub narzutem kamiennym, co jest w zasadzie zalecane, a nawet wymagane przy projektowaniu niecki wypadkowej lub ubezpieczenia dna poniżej przeszkody.

5.3.3. Obliczenia hydrauliczne

Obliczenia hydrauliczne dla przepławek Denila możliwe są jedynie z pomocą metod empirycznych. Indywidualne testy wskazują, że poprawny zakres prawdziwości wyników musi być rzetelnie zbadany, a ekstrapolacje dla warunków innego nachylenia i geometrii mogą być obciążone wysokim błędem. Stąd, ponownie należy podkreślić, że przykładowe obliczenia umieszczone poniżej są prawdziwe wyłącznie dla standardowych przepławek systemu Denila o ściśle wskazanych wymiarach.

Głębokość wody w przepławkach systemu Denila jest zależna od poziomu wody przy wlocie do przepławki i od wysokości strat na wlocie do przepławki. W praktyce, diagram (il. 5.32) podany przez Lonnebjerga (1980) jest wystarczająco dokładny. Na schemacie, h_0 odpowiada poziomowi dolnej krawędzi pierwszej przegrody (liczonej od strony wody górnej), natomiast h^* opisuje głębokość wody prostopadłe do dna koryta przepławki, mierzoną od powierzchni wody do dolnej krawędzi przegrody (patrz: il. 5.31). Wartość h^* powinna być nie mniejsza niż 0,35 m i powinna być tak dobrana, aby $h^*/b_a = 1,5$ do 1,8 m, dla maksymalnego przepływu, jako że rozkład prędkości, zgodny z ilustracją 5.28, nie może być zagwarantowany dla większych głębokości wody.

Charakterystyki przepływów w przepławkach systemu Denila były badane przez, m.in.: Lariniera (1978), Lonnebjerga (1980), Rajaratnama (1984) i Krügera (1994). Wyniki ich analiz ponownie pokazują wrażliwość przepławek systemu Denila na zmiany geometrii (patrz również: Katopodis 1990). Wielkość przepływu przez typową przepławkę systemu Denila o wymiarach koryta i przegród zalecanych według tabel 5.4. i 5.5., może być określony na podstawie równania Krügera (1994):

$$Q = 1,35 b_a^{2,5} \sqrt{g J} \left(\frac{h^*}{b_a} \right)^{1,584} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (5.10)$$

Przepływ wymagany dla przepławek systemu Denila przedstawiono w tabeli 5.4, jako funkcję szerokości i nachylenia koryta.

Aby wskazać optymalny projekt, zaleca się przeprowadzenie badań laboratoryjnych na modelach hydraulicznych, w których podstawową różnicą między testowanym modelem a typową przepławką, będą ich różne charakterystyki geometryczne.

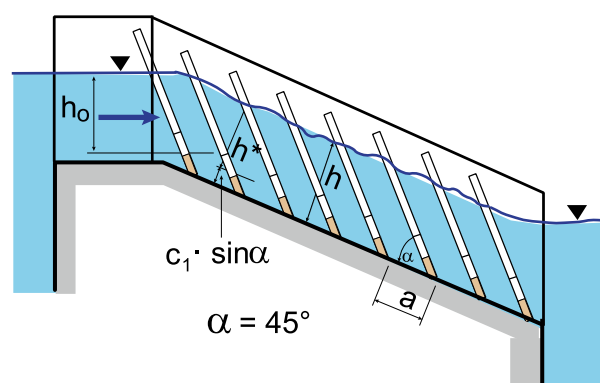
Jak wspomniano wcześniej, w przypadku konieczności pokonania dużych różnic wysokości, należy zaplanować komory odpoczynku dla ryb, które powinny się znajdować w odległości nie większej niż 6-8 m od sie-

bie (w przypadku dużych łososiowatych odległość tę można zwiększyć do ok. 10 m). Objętość komory musi być dostatecznie duża, aby zapewnić rozproszenie energii przy niskiej turbulencji płynącej wody. Rozmiary komory odpoczynku powinny być tak dobrane, aby spełnić poniższy warunek:

$$E = \frac{\rho}{2} \frac{Q v^2}{b_m h_m l_b} < 25 \text{ do } 50 \text{ W/m}^3 \quad (5.11)$$

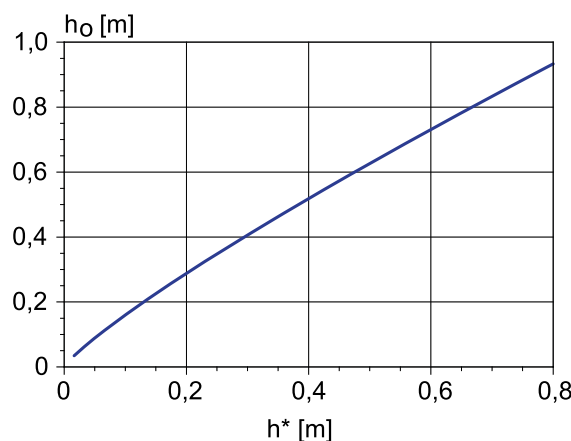
gdzie:

b_m, h_m, l_b – to średnie: szerokość, głębokość wody i długość komory odpoczynku, natomiast prędkość określa wzór $v = Q/(h^* \cdot b_a)$.



Ilustracja 5.31. Przepławka Denila (przekrój podłużny, schemat ilustrujący budowę i oznaczenia)

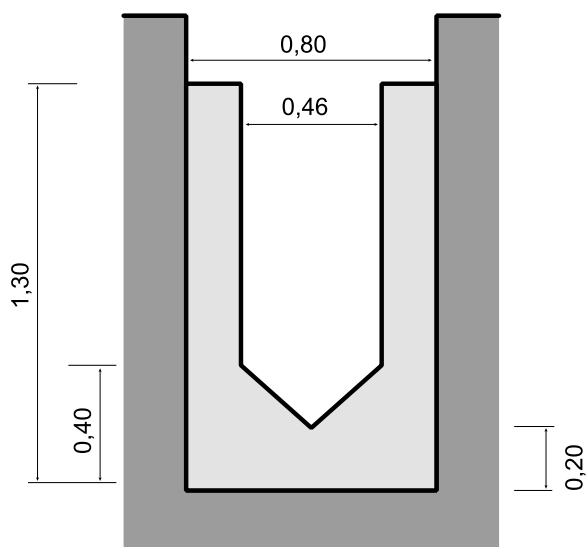
Źródło: Larinier, 1992b; zmienione.



Ilustracja 5.32. Zależność $h^* = f(h_0)$

Źródło: Lonnebjerg, 1980; zmienione.

Trudno wskazać dopuszczalne prędkości przepływu w przepławkach Denila. Rozkład prędkości podany na il. 5.28. powinien być zagwarantowany przez odpowiednie zaprojektowanie przegród.



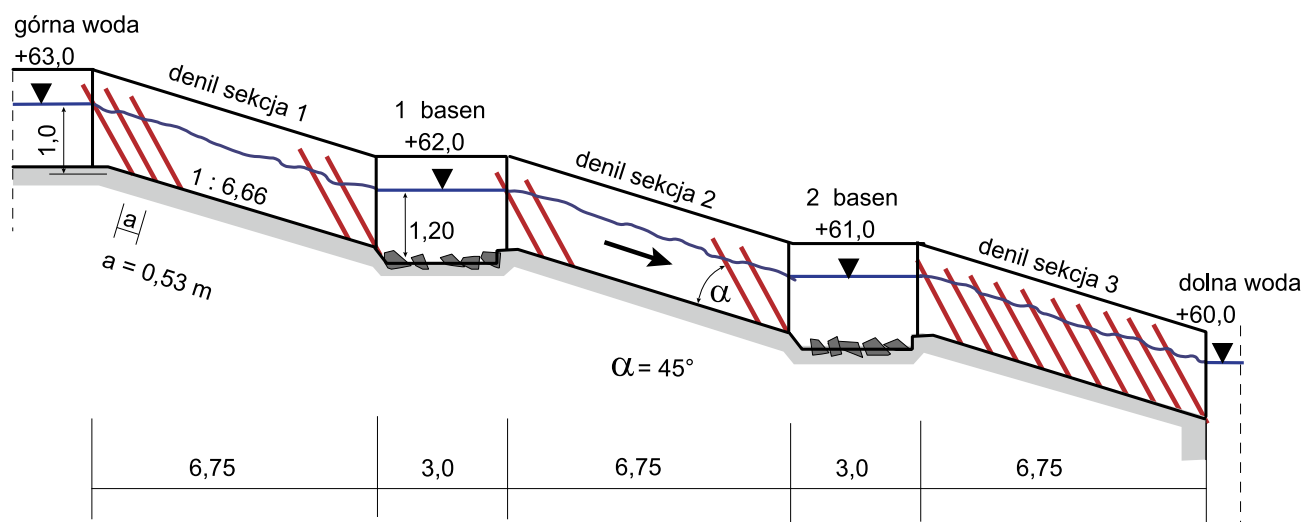
Ilustracja 5.33. Wymiary przegród

Przykład obliczeń

Zapora o maksymalnej różnicy poziomów wody górnej i dolnej wynoszącej 3 m będzie uzupełniona o przepławkę systemu Denila. Przepławka powinna być tak zaprojektowana, aby umożliwić pokonanie przeszkody, zarówno rybnom karpioyatym, jak i głowacicy. Woda górna może być utrzymana na stałym poziomie, tj. +63,0 m n.p.m. Najniższa woda dolna znajduje się na poziomie +60,0 m n.p.m.

Zgodnie z zaleceniami przedstawionymi w tabeli 5.4., szerokość koryta przepławki powinna wnosić $b = 0,8$ m, natomiast nachylenie dna: $J = 1:6,66$ stąd spadek $i = 15\%$.

Odległości między przegradami (a) obliczono na podstawie wzoru: $a = 0,66 \cdot b = 0,66 \cdot 0,8 = 0,53$ [m].



Ilustracja 5.34. Profil podłużny przepławki

Aby pokonać różnicę wysokości, wynoszącą 3 m, konieczne jest zaprojektowanie dwóch komór pośrednich. Koryto przepławki będzie więc podzielone na trzy odcinki, każdy o długości $L = 6,75$ m (patrz: il. 5.34). Głębokość wody w komorach pośrednich powinna wynosić około $h_m = 1,2$ m.

Wymiary przegród dobrano na podstawie tabeli 5.5 i przedstawiono na il. 5.33.

Wartość h^* jest określona przez:

$$h^* = 1,5 \cdot b_a = 1,5 \cdot 0,46 = 0,7 \text{ m}$$

Obliczając wysokość przegrody, przyjmuje się dodatkowo 0,1 m jako „zapas” (ponad zwierciadło wody), bez udziału w przepływie. Stąd, wysokość przegrody wynosi:

$$h_a = 0,7 / \sin 45^\circ + 0,2 + 0,1 \text{ (zapas)} = 1,29 \approx 1,3 \text{ m}$$

Z zależności przedstawionych na il. 5.32 wynika wymagana głębokość wody przy wlocie do przepławki (woda górna), która wynosi:

$$h_0 = 0,83 \text{ m}$$

wtedy wysokość poziomu dna przy pierwszej przegradzie może być obliczona z równania:

$$h_1 = h_0 + c_1 \cdot \sin(\alpha + \arctan i) \text{ [m]} \quad (5.12)$$

$$h_1 = 0,83 + 0,2 \cdot \sin(45^\circ + 8,53^\circ) = 0,99 \approx 1,0 \text{ m}$$

Przepływ jest obliczony na podstawie równania (5.10):

$$Q = 1,35 b_a^{2,5} \sqrt{g J} \left(\frac{h^*}{b_a} \right)^{1,584}$$

$$= 1,35 \cdot 0,46^{2,5} \sqrt{9,81 \cdot 0,15} \left(\frac{0,7}{0,46} \right)^{1,584}$$

$$Q = 0,457 \text{ m}^3/\text{s}$$

Wymiary komór pośrednich (komór odpoczynku) mogą być określone na podstawie równania (5.11). Dla dysypacji energii $E = 35 \text{ W/m}^3$ oraz prędkości przepływu:

$$v = \frac{Q}{A} \approx \frac{Q}{b_a \cdot h^*} = 1,42 \text{ m/s}$$

niezbędna powierzchnia A_{KO} komory odpoczynku wynosić będzie:

$$A_{\text{KO}} = l_b \cdot b_m = \frac{\rho}{2} \frac{Qv^2}{h_m \cdot E} = \frac{1000}{2} \cdot \frac{0,457 \cdot 1,42^2}{35 \cdot 1,2} = 10,97 \text{ m}^2$$

Szerokość komory wynosi $b_m = 4,0 \text{ m}$, co przy zakładanej długości $l_b = 3,0 \text{ m}$ daje dno o powierzchni $12,0 \text{ m}^2$. Schemat przedstawiony na il. 5.34 przedstawia profil podłużny przez przepławkę.

5.3.4. Ocena ogólna

Przeplawki systemu Denila charakteryzują się następującymi zaletami:

- do budowy koryta istnieje możliwość wykorzystania prefabrykatów;
- umożliwiają pokonanie stromego nachylenia przy stosunkowo małych wymaganiach przestrzennych;
- mogą być łatwo wykorzystane jako uzupełnienie konstrukcji istniejących budowli piętrzących;
- są niewrażliwe na wahania poziomu wody dolnej;
- zazwyczaj kształtuje się w nich dobry prąd wabiący.

Natomiast, jako wady konstrukcji tego typu wskazuje się:

- wysoką wrażliwość na zmiany poziomu wody górnej; w praktyce, dopuszczalne są wahania poziomu wody górnej poniżej ok. 20 cm;
- w porównaniu do innych typów przepławek, potrzebują stosunkowo dużych przepływów;
- zamulenie może łatwo zaburzyć funkcjonowanie przepławki; przepławki systemu Denila wymagają regularnej kontroli stanu i konserwacji.

Sukces przepławek systemu Denila został odpowiednio dowiedziony poprzez liczenie pokonujących przepławkę ryb, w szczególności łososiowatych i karpio-watych o lepszych zdolnościach pływackich. Z drugiej strony, wyniki monitoringu wskazują, że małe ryby oraz gatunki ryb o słabych zdolnościach pływackich, miały ograniczoną możliwość pokonania przepławki, szczególnie wtedy, gdy obiekt był długi. Zatem, przepławki systemu Denila sprawdzają się w przypadku ryb dużych, silnych i dobrze pływających.

Prawdopodobnie, mikroorganizmy i zoobentos nie mogą pokonać przepławki. Stąd, obiekty tego typu należy budować jedynie w przypadku braku możliwości zastosowania innych rozwiązań, na przykład z powodu braku przestrzeni.

5.3.5. Przykłady

PRZEŁAWKA DENILA W UNKELMÜHLE			
Szczegóły dotyczące piętrzenia		Szczegóły dotyczące przejścia dla ryb	
Rzeka:	Sieg, Nadrenia Północna-Westfalia	Szerokość:	b = 0,64 i 0,74 m
Przepływy:	SNQ = 1,5 m ³ /s	Długość:	L = 6,60 i 9,50 m
	SQ = 22 m ³ /s	Nachylenie:	J = 1:4,5
	WWQ = 700 m ³ /s	Spad:	h _c = 3,2 m
Użytkowanie	Elektrownia wodna	Przepływ:	Q = 0,3 do 0,38 m ³ /s
Rok budowy:	1930	Administrator:	StAWA Bonn
Użytkownik	RWE-Energie AG		

Opis konstrukcji

Istniejąca wcześniej przy elektrowni w Unkelmühle tradycyjna przeławka komorowa, zbudowana w 1930 roku, została zastąpiona przeławką Denila, którą administruje STAWA z siedzibą w Bonn. Ze względu na zbyt mały rozmiar komór oraz duże nachylenie, przeławka komorowa nie funkcjonowała efektywnie. Nowa przeławka Denila składa się z dwóch kanałów połączonych ze sobą komorą odpoczynku, która ma postać niecki wykonanej ze szczelnego żelbetu, obłożonej narzutem z kamienia łamanego i obsadzonej roślinami wodnymi. Górny kanał przeławki ma długość 6,6 m, a kanał dolny – 9,5 m; oba o nachyleniu 1:4,5. Kanały są wykonane z żelbetu wyłożonego drewnianą otuliną, do której przytwierdzone są drewniane przegrody. Przeławka jest zasilana wodą w ilości 300 do 80 l/s.

Migrujące ryby mogą być obserwowane przez podwodne okno w komorze obserwacyjnej, usytuowanej w brzegu komory odpoczynku. Przy wlocie wody, do górnego kanału przeławki⁹ zainstalowano stelaż, w którym może być umieszczona pułapka na ryby służąca potrzebom monitoringu.

Ilustracja 5.35. Przeławka przy hydroelektrowni Unkelmühle na rzece Sieg (Nadrenia Północna-Westfalia)



Ilustracja 5.36.

Dolny kanał przepławki systemu Denila i komory odpoczynku

Prąd wabiący, który oddziałuje na znaczny obszar wody dolnej, jest łatwy do zauważenia; prąd ten wpływa na łatwość, z jaką ryby odnajdują wejście do przepławki.



Ilustracja 5.37.

Dolny kanał przepławki systemu Denila

Betonowe koryto jest pokryte drewnem, w którym umocowane są U-kształtne przegrody. Wysoka turbulencja natlenionej wody (widoczna przy zwierciadle), może zmylić obserwatora, gdyż w warstwie przydennej koryta, prędkość wody jest znacznie mniejsza.



Ilustracja 5.38.

Minóg morski (*Petromyzon marinus*) z rzeki Sieg

Informacje o efektywności: Lubieniecki et al. (1993) zbadał skuteczność przepławki w okresie od maja 1991 roku do maja 1992 roku za pomocą pułapki służącej do monitorowania migracji ryb. Ilość migrujących w górę rzeki ryb była zaskakująca. Kilkakrotnie w ciągu 200 dni obserwacyjnych stwierdzono wstępujące do przepławki brzany w liczbie ponad 1000 sztuk. Monitoring wykazał także, że inne gatunki ryb wstępują do przepławki jedynie w bardzo małych ilościach. Szczególnym sukcesem było zaobserwowanie w roku 1993 wędrującego w górę rzeki minoga morskiego. Gatunek ten wymarł w rzece Sieg ok. 40 lat temu, jednak nowe przejścia dla ryb stwarzają możliwość rekolonizacji rzeki Sieg.

5.4. Przeplawka węgorzowa

5.4.1. Specyfika migracji węgorzy

Węgorz jest rybą katadromiczną, zamieszkującą niemal wszystkie wody płynące i stojące, połączone z morzem. Młode osobniki dorastają w wodach słodkich, a po osiągnięciu dojrzałości płciowej, migrują na tarło do Morza Sargassowego.

Rozwojowe stadium postlarwalne węgorzy (narybek szklisty) dociera z Prądem Zatokowym do wybrzeży Europy. Długość ciała występujących w rzekach węgorzy mieści się w przedziale 7-25 cm. Młode węgorze są w stanie pokonać niewielkie, szorstkie, spękane lub pełne szczelin przeszkody. Niemniej jednak, opinie o możliwościach pokonywania przeszkód przez narybek szklisty, są często przesadzone; wiele „cudownych” ułatwień (takich jak pionowo umocowane wiązki chrustu), okazało się być nieskuteczne. Zatem, aby ułatwić narybkowi szklistemu pokonanie przeszkody, można uzupełnić istniejące przepławki o urządzenia specjalnie dostosowane do potrzeb węgorzy. Jest to szczególnie istotne w ujściowej strefie rzek, gdzie wstępujące węgorze są nadal bardzo małe. Większe węgorze mogą korzystać z bardziej popularnych typów przepławk, tak więc oddzielne przepławki węgorzowe nie wszędzie są wymagane.



5.4.2. Projekt

Istnieją dwa podstawowe rozwiązania konstrukcyjne przepławk węgorzowych:

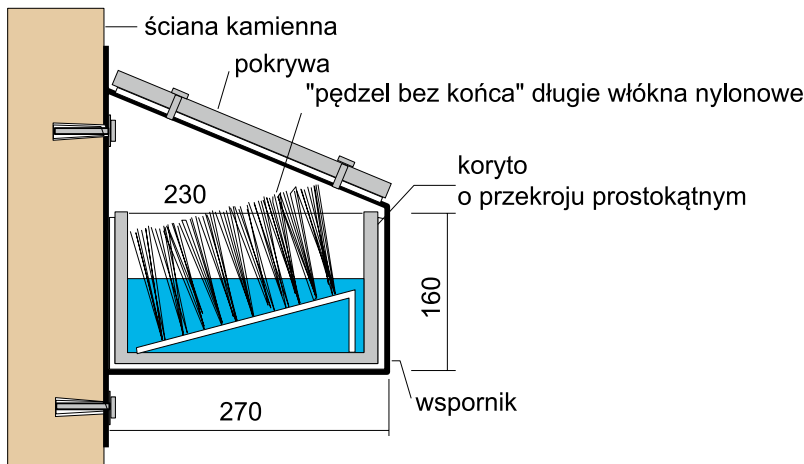
1. Rurociąg poprowadzony przez korpus jazu/zapory, często blisko dna rzeki. Przy takim rozwiązaniu, rury wypełnione są wiązkami chrustu, faszyną lub przegrodami spowalniającymi prędkość przepływu wody. Przegrody często przymocowane są do łańcucha, tak żeby można było łatwo je wyciągnąć i wymienić. Węgorze przepływają przez rurociąg, dzięki umieszczonym w nim elementom. Rurociąg okazuje się jednak mało praktyczny, ponieważ łatwo blokuje się materiałem unoszonym przez wodę, co jest trudne do stwierdzenia (rura jest całkowicie zanurzona); podobnie trudno jest usunąć powstałą blokadę.
2. Stosunkowo wąskie, płaskie, otwarte kanały betonowe, plastikowe lub stalowe, łączące wodę dolną i górną. W kanałach takich mocuje się różnorodne elementy ułatwiające węgorzom wędrówkę w górę rzeki. Według Jensa (1982), najbardziej odpowiednie okazały się szczotki. Gałęzie, żwir i siatki mogą być stosowane w urządzeniach obudowanych. Kanały te powinny być jednak osłonięte dla ochrony przed drapieżnikami, takimi jak szczyry i mewy.



Ilustracja 5.39.
Węgorz (*Anguilla anguilla*)

Ilustracja 5.40.
Przepławka romboidalna i przepławka dla węgorzy przy zaporze Sauer w Rosport (Nadrenia-Palatynat) – widok od strony wody górnej

Przepławka węgorzowa, w której umocowano pęczki chrustu, jest równoległa do bocznej ściany przepławki romboidalnej.



Ilustracja 5.41.

Przepławka węgorzowa przy zaporze w Zeltingen na rzece Mozeli (Nadrenia-Palatynat) zaadaptowana do specyficznych wymagań behawioralnych węgorzy

Przepławka składa się z koryta, w którym umocowano plastikowe szczotki z długim włosiem. Dzięki nim węgorze przemieszczają się w górę rzeki. Ponadto, przepławka ta była zbudowana w kombinacji z równolegle położoną przepławką konwencjonalną.

Źródło: Jens, 1982.

Sposób poprowadzenia przepławek węgorzowych sprawia, że woda jedynie sączy się po ich powierzchni. Z tego względu nie mogą z nich korzystać inne gatunki ryb.

Wyjście z przepławki węgorzowej zawsze musi być ulokowane przy brzegu. Połączenie przepławki z dnem nie jest wymagane, ponieważ narybek szklisty przemieszcza się w przypowierzchniowej warstwie wody. Należy podkreślić, że niewielki przepływ wody przez przepławkę jest ledwo wystarczający dla stworzenia odpowiedniego prądu wabiącego. Dlatego, jeśli zachodzi taka potrzeba, należy zaprojektować dodatkowe źródło wody, na przykład w formie kanału obiegowego, który zapewni odpowiedni przepływ. Ponieważ młode węgorze charakteryzują się słabymi umiejętnościami pływackimi, należy dołożyć wszelkich starań, aby wyjście z przepławki znajdowało się w strefie słabego prądu wody. W żadnym wypadku wyjście z przepławki nie może znajdować się w pobliżu wlotu wody do turbiny.

5.4.3. Ocena ogólna

Przepławki węgorzowe są odpowiednie dla zapewnienia węgorzom możliwości wędrówki w górę cieku. Z powodu wybiórczego działania, samodzielnie funkcjonująca przepławka węgorzowa jest niewystarczająca dla zapewnienia możliwości pokonania przeszkody przez pozostałe gatunki ryb.

Przepławki węgorzowe sprawdzają się jedynie w przypadku wstępowania węgorzy. Z powodu selektywnego działania, samodzielna przepławka węgorzowa jest niewystarczająca, jeśli przeszkodę mają pokonać również inne gatunki ryb.

Przepławki węgorzowe są szczególnie zalecane w strefach ujściowych rzek, jako uzupełnienie innych przepławek o charakterze technicznym (przepławek komorowych, przepławek systemu Denila itp.), jako urządzenie przewidziane dla umożliwienia młodym węgorzom migracji w górne partie rzek.

5.5. Śluza dla ryb

Zastosowanie śluz dla ryb, jako środka łagodzącego skutki przegrodzenia rzeki, znane jest od pewnego czasu, szczególnie w Holandii, Szkocji, Irlandii i Rosji (Van Drimmelen, 1966; Jens, 1982). Kilka śluz dla ryb funkcjonuje w Niemczech na rzekach Saar i Sieg.

Konstrukcja śluzy dla ryb jest zbliżona do konstrukcji śluzy żeglugowej (patrz: il. 5.42 i 5.43). Obie, generalnie, składają się z komory śluzy, upustu górnego i dolnego wody oraz wrót. Istnieją jednak pewne różnice, dotyczące przede wszystkim funkcjonowania obiektów. Śluza żeglowna nie jest urządzeniem wystarczającym dla podtrzymania migracji ryb i nie może zastąpić przepławki. W szczególności problemy dotyczą: braku stałego prądu wabiącego, krótkiego okresu otwarcia wrót, dużych turbulencji w komorze podczas jej napełniania oraz lokalizacji śluzy względem zapory. Z tego powodu, ryby przepływają przez śluzę żeglowną tylko wyjątkowo.

Niemniej jednak, w wyjątkowych przypadkach należy rozważyć, czy możliwe jest okresowe dostosowanie trybu pracy śluzy żeglownej (na przykład w okresie głównej migracji narybku szklistego lub ryb łososiowatych), by ułatwić rybom migrację w górę rzeki.

5.5.1. Zasada działania

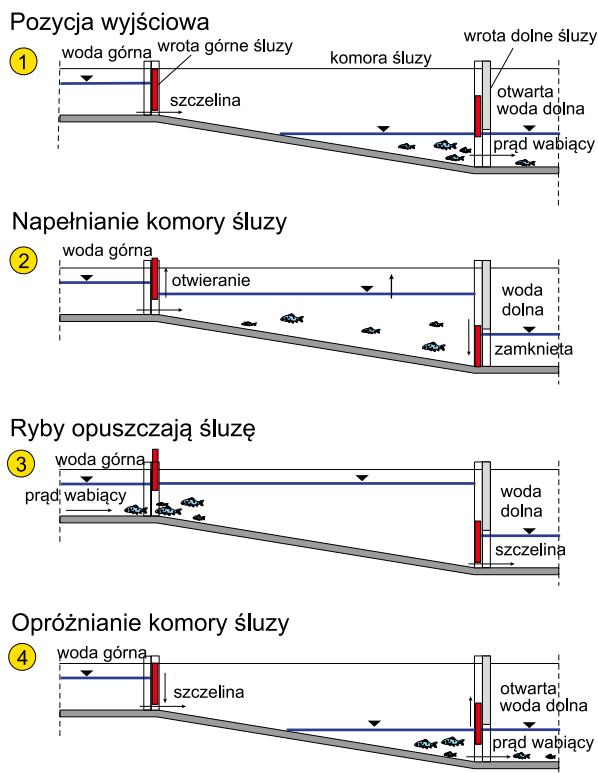
Zasada funkcjonowania śluz dla ryb przedstawiona została na il. 5.42. Cykl pracy śluzy składa się z czterech etapów:

1. Śluza nie pracuje. Dolne wrota są otwarte, a poziom wody w komorze jest równy poziomowi wody dolnej. Ryby należy zwabić do komory śluzy, tworząc prąd wabiący. W tym celu można delikatnie uchylić wrota górne lub poprowadzić wodę kanałem obiegowym (np. rurociągiem) kończącym się przy wejściu do komory śluzy. Ryby gromadzą się w komorze.
2. Komora śluzy jest napełniana. Wrota dolne śluzy są zamknięte, górne powoli otwierają się. Strumień wody płynącej ze strony wody górnej pro-

wadzi ryby zgromadzone w komorze w kierunku wyjścia z komory od strony wody górnej.

3. *Poziom wody w komorze śluzy jest równy poziomowi wody górnej.* Woda jest odprowadzana w komory przez szczelinę we wrotach dolnych lub specjalnym rurociągiem, co powoduje powstanie prądu wabiącego ryby do wyjścia ze strony wody górnej. Ryby opuszczają komorę.
4. *Wrota górne zamykają się.* Po otwarciu wrot dolnych, komora opróżnia się. Śluza ponownie nie pracuje.

Czas funkcjonowania śluzy zwykle sterowany jest automatycznie. Zazwyczaj między kolejnymi cyklami pojawiają się półgodzinne lub godzinne przerwy. Najbardziej efektywny cykl pracy i, jeśli jest to uzasadnione, jego sezonowe modyfikacje mogą być określone wyłącznie na podstawie danych monitoringu.



Ilustracja 5.42. Sposób funkcjonowania śluzy dla ryb (profil podłużny – schemat)

5.5.2. Projektowanie

Projekt komory i wrót śluzy w znacznym stopniu zależy od specyfiki miejscowych warunków. Dno komory śluzy należy tak zaprojektować, aby ryby nie utknęły w miejscach, które będą suche przy opróżnianiu komory śluzy. W tym celu, dno komory może mieć kształt stopni (il. 5.43) lub być pochyłe (il. 5.42). Ponieważ znacznie więcej ryb przebywa w komorze śluzy, niż w komorze przepławki konwencjonalnej, a czas ich przebywania jest dłuższy, wymiary komory śluzy powinny być odpowiednio większe niż wymiary komór przepławk konwencjonalnych. Zasadniczo wskazane jest zastosowanie konstrukcji o szorstkim dnie. Zaleca się również pozostawienie komory śluzy odsłoniętej.

Prąd wabiący można stworzyć lub wzmocnić przerywając wodę kanałem obiegowym (patrz: il. 5.43). Przekrój poprzeczny wylotu wody wejścia powinien być tak zwymiarowany, aby powstawał efektywny prąd wabiący o prędkości mieszczącej się w przedziale od $v = 0,9$ m/s do maksymalnie $v = 2,0$ m/s (średnia prędkość przepływu $v = 1,2$ m/s). Podczas projektowania dopływu i odpływu wody, dla fazy napełniania i opróżniania komory śluzy należy zadbać, aby średnia prędkość przepływu nigdy i nigdzie nie przekraczała 1,5 m/s oraz aby poziom wody w komorze zmieniał się z prędkością mniejszą niż 2,5 m/min (SNiP, 1987).

Zasady dotyczące umiejscowienia śluzy dla ryb przy zaporze oraz lokalizacji wejścia i wyjścia z obiektu, są podobne jak w przypadku innych typów przepławk. Dzięki kompaktowej strukturze, śluzy dla ryb mogą na przykład być umiejscowione w filarach.

5.5.3. Ocena ogólna

Śluzy dla ryb mają pewne zalety jako rozwiązanie alternatywne wobec tradycyjnych przepławk o charakterze technicznym, gdy:

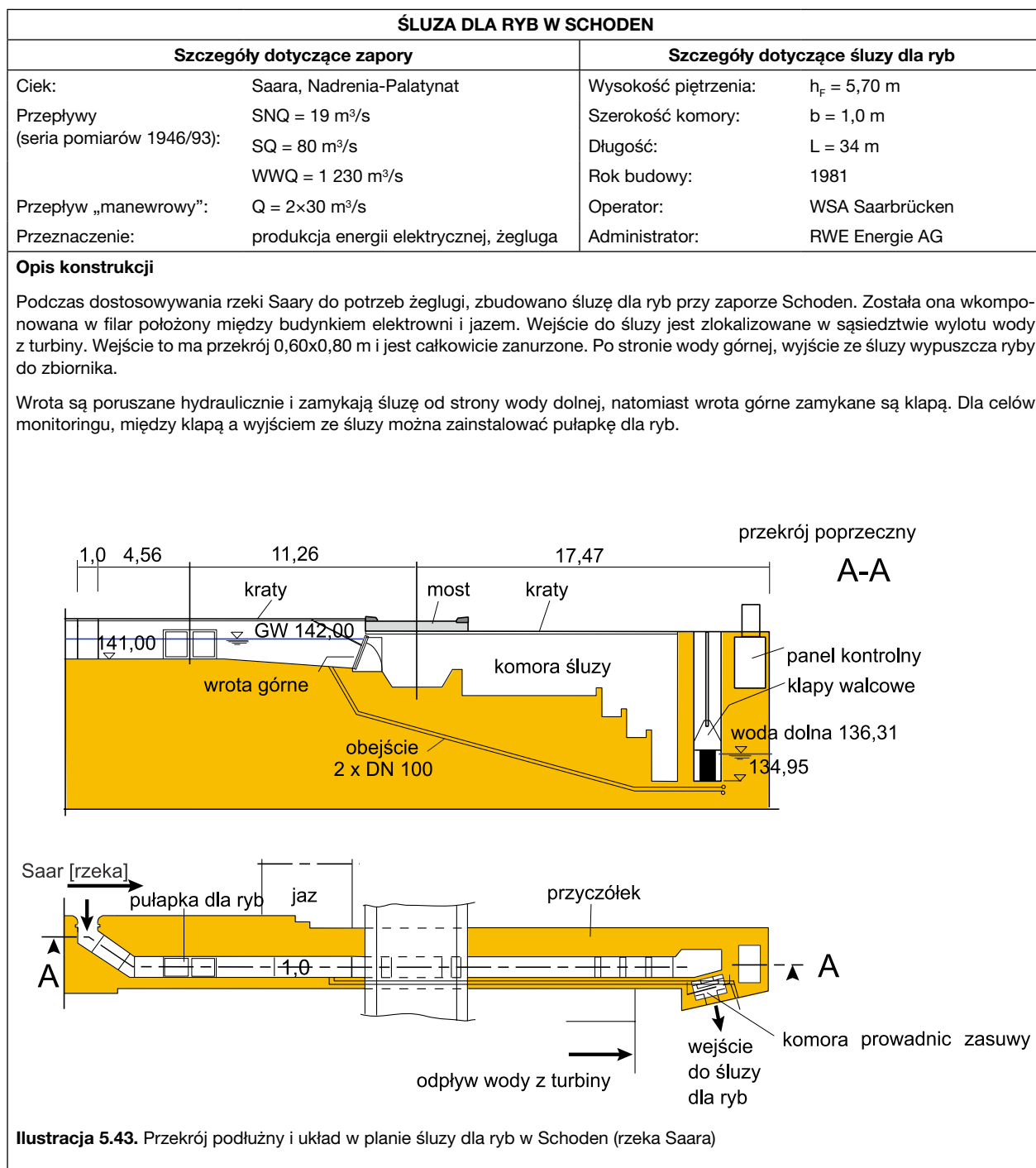
- brakuje przestrzeni, oraz
- istnieje duża różnica poziomów wody górnej i dolnej.

Śluza dla ryb charakteryzuje się jednocześnie pewnymi korzyściami strukturalnymi, jeśli w rzece potencjalnie występują gatunki bardzo dużych ryb (np. jesiotr) lub gatunki ryb o słabych umiejętnościach pływackich.

Obecnie nie jest możliwe wyeliminowanie wybiórczego działania śluzy dla ryb tak, aby umożliwić korzystanie z niej bezkręgowcom, rybom przydennym lub małym rybom.

W porównaniu z przepławkami tradycyjnymi, części ruchome śluzy dla ryb, prowadnice i system sterowania wymagają znacznych nakładów na ich eksploatację.

5.5.4. Przykład



Informacje o skuteczności

Monitoring ryb w śluzie w Schoden, prowadzony przez władze regionalne w Treves, potwierdza skuteczność obiektu. W okresie od 15 kwietnia do 18 lipca 1992 roku przez śluzę przedostało się ponad 50 tys. ryb (Kroll, 1992, wystąpienie podczas sympozjum* pt.: „Długodystansowe ryby wędrowne w rzekach uregulowanych zaporami”, Koblenca, 16-17.11.1992). Badania dotyczące wpływu różnych trybów pracy turbin na efektywność śluzy, nie wykazały znaczącej zmiany liczby ryb wchodzących do śluzy, bez względu na to, czy pracowała turbina położona bezpośrednio w sąsiedztwie śluzy, czy turbina od strony brzegu, czy też obie turbiny łącznie.



Ilustracja 5.44. Śluza dla ryb Schoden/Saar (widok od strony jaz). Śluza zainstalowana jest w filarze pomiędzy jazem i elektrownią (patrz: strzałka)

* Angielska nazwa sympozjum: “Long distance migratory fish in rivers regulated by dams” – *przyp. tłum.*

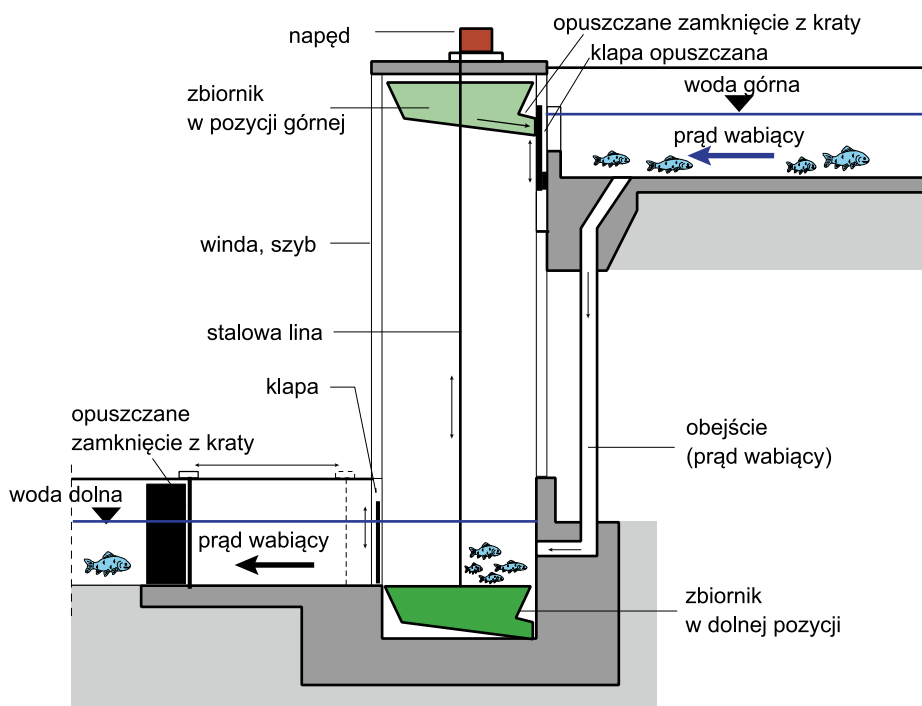
5.6. Winda dla ryb

5.6.1. Zasada funkcjonowania

W przypadku przeszkód o dużej wysokości piętrzenia (> 6-10 m) i małej dostępności wody, zastosowanie konwencjonalnych przepławek może być praktycznie niemożliwe, zazwyczaj ze względu na wysokie koszty budowy, brak przestrzeni czy też fizycznych możliwości pokonania przepławki przez ryby. Gdy zachodzi potrzeba pokonania dużych różnic wysokości, rozwiązaniem może być przeniesienie ryb z dolnej wody do wody górnej za pomocą windy dla ryb.

Ryby transportowane są w zbiorniku wyposażonym w ruchome wrota lub mającym postać uchylną. W dolnej pozycji, zbiornik ten jest zagłębiony w dnie. Ryby muszą zostać zwabione do windy za pomocą prądu wabiącego. Dodatkowo, ruchome, składane wrota wykonane na przykład z siatki, umiejscowione przy wejściu do windy, mogą zagarniać ryby do windy. Wrota dolne windy zamykają się w stałym cyklu. Ryby zgromadzone w zbiorniku nie mogą uciec z windy, ponieważ są zamknięte w podnoszącym się zbiorniku i podnoszone do góry. Może się okazać konieczne zaprojektowanie wodoszczelnego połączenia między zbiornikiem a wodą górną. W przeciwnym wypadku, zbiornik po prostu przechyla się ponad lejem prowadzącym do wody górnej. Razem z wodą ze zbiornika ryby przedostają się do koryta rzeki od strony wody górnej, gdzie ponownie musi być zapewniony odpowiedni prąd wabiący.

Cykl pracy windy dostosowuje się do bieżącej aktywności migracyjnej ryb. Urządzenia te zwykle są sterowane automatycznie.



5.6.2. Konstrukcja

Ilustracja 5.45 przedstawia schemat konstrukcji windy dla ryb, jaka została zbudowana na wschodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych i we Francji (Larinier, 1992c).

Zasady planowania lokalizacji windy dla ryb są podobne jak w przypadku konwencjonalnych przepławek dla ryb.

5.6.3. Ocena ogólna

Spośród cech charakterystycznych windy dla ryb należy wyróżnić w szczególności:

- małe zapotrzebowanie na przestrzeń przy możliwości pokonania dużych różnic poziomów wody (np. przy wielkich zaporach), co przekłada się na znaczne koszty budowy obiektu;
- ryby są „biernie” przenoszone w górę rzeki, dlatego windy dla ryb są odpowiednie dla gatunków o małych zdolnościach pływackich oraz ryb dużych;
- windy dla ryb nie nadają się do zapewnienia migracji zoobentosu w górę rzeki oraz migracji ryb w dół rzeki;
- duża zmienność poziomu wody dolnej zawsze oznacza problemy projektowe, związane z zapewnieniem odpowiedniego prądu wabiącego;
- koszty utrzymania wind dla ryb są wyższe niż koszty utrzymania konwencjonalnych przepławek.

Ilustracja 5.45.
Konstrukcja windy dla ryb i zasada funkcjonowania – rysunek schematyczny
Źródło: Larinier, 1992c; zmienione.

5.6.4. Przykłady

WINDA DLA RYB W TUILIÈRES			
Szczegóły dotyczące zapory		Szczegóły dotyczące śluzy dla ryb	
Ciek:	Dordogne, Francja	Wysokość windy:	$h = 10 \text{ m}$
Przeznaczenie:	Produkcja energii elektrycznej	Transportowana objętość wody:	$V = 3,5 \text{ m}^3$
Przepływ:	$Q = 285 \text{ m}^3/\text{s}$	Prąd wabiący:	$Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$
Spad wody:	$h_f = 12 \text{ m}$	Połączenie z wodą górną:	Przeplawka szczelinowa, $L_c = 70 \text{ m}$, $h = 2,0 \text{ m}$, $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Operator elektrowni:	EDF	Rok budowy:	1990

Monitoring sprawności urządzenia

Badanie efektywności windy, wykonane w okresie od 11 maja do 28 lipca, przy pomocy nagrań wideo wykazało, iż przeszło 100 tys. ryb wykorzystało windę do migracji. Wśród migrujących ryb występowały nie tylko ryby łososiowate i ałoży, ale także ryby karpowate, minogi itd. Przeplawka szczelinowa, stanowiąca połączenie windy z wodą górną, jest wyposażona w okno służące do obserwowania ryb migrujących w górę rzeki.



Ilustracja 5.46. Winda dla ryb w Tuilières

Winda znajduje się po prawej stronie, bezpośrednio przylegając do kanałów odprowadzających wodę z turbin, i przenosi ryby na wysokość 10 m do komory pośredniej, z której ryby pokonują ostatnie 2 m różnicy poziomów, przepływając przez przeplawkę szczelinową.



Ilustracja 5.47. Wejście do windy dla ryb w Tuilières

Zdjęcie przedstawia jak opuszczane wrota, sporządzone z kraty, zamykają się i zagarniają ryby, które zgromadziły się w przedsionku, w stronę zbiornika transportowego – zanim ten się podniesie. Wrota znacząco podnoszą efektywność obiektu. Wyjście z kanału przeplawki szczelinowej, przez który przepływa woda niezbędna dla jej funkcjonowania ($Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$), jest widoczny w prawym górnym rogu fotografii. Jednocześnie, dodatkowy przepływ wody kształtuje prąd wabiący.

6. Monitoring przepławek

Wszystkie nowe obiekty, które muszą spełniać obowiązujące wymagania prawne⁴⁵, powinny być zaprojektowane w sposób zapewniający warunki do przeprowadzenia monitoringu funkcjonowania przepławek. W szczególności w przypadku zaistnienia dużych odstępstw od wytycznych zawartych w niniejszym opracowaniu, organa uzgadniające powinny mieć możliwość zlecenia monitoringu funkcjonowania urządzeń. Poniżej przedstawiono metodologię oceny monitoringu migracji w górę rzeki; migracja w dół rzeki nie jest brana pod uwagę.

6.1. Cel monitoringu

Celem monitoringu jest potwierdzenie, że ryby mogą odnaleźć wejście do przepławki, a sama przepławka może być przez nie pokonana. Monitoring wychodzi poza sprawdzenie konstrukcji pod względem wytycznych zawartych w projekcie i odbiorze technicznym, jak i poza obowiązkowy rozruch próbny (rozdział 4.4.5), który jest wymagany szczególnie dla konstrukcji o charakterze naturopodobnym. Wychodzi również poza rutynowe utrzymanie i konserwację (rozdział 3.8). Nowe przepławki, które zostały zbudowane zgodnie z wytycznymi zawartymi w niniejszym opracowaniu, z założenia powinny funkcjonować w odpowiedni sposób.

Doświadczenie wskazuje, że ze względu na uwarunkowania lokalne, obecnie stosowane konstrukcje często różnią się od konstrukcji zalecanych w niniejszym podręczniku. Często trudno jest ocenić efekty możliwego pogorszenia funkcjonowania przepławki. W takich przypadkach możliwości monitoringu i strukturalnego udoskonalenia przepławki powinny być włączone w projekt, już na etapie jego uzgadniania. Zaleca się również prowadzenie monitoringu nowo wybudowanych przepławek, szczególnie jeśli brak jest doświadczenia w zakresie obsługi lub projektowania tego (nowego) typu konstrukcji, na przykład gdy przepławka jest wyjątkowa ze względu na jej wymiary (np. bardzo duże przepływy lub wysokości piętrzeń). Metody opisane poniżej mogą być również stosowane do monitoringu istniejących obiektów.

O ile istnieją skutecznie sprawdzone metody monitoringu migracji ryb w górę rzeki, o tyle bardzo trudno jest udowodnić skuteczność zastosowania przepławek w przypadku migracji w górę rzeki zoobentosu. Różnice w strategii kolonizacji bezkręgowców wskazują, że dowód migracji musi być zazwyczaj ograniczony do stwierdzenia kolonizacji wnętrza przepławki przez te organizmy. Zgodnie ze współczesną wiedzą, już zapew-

nienie ciągłości materiału dennego można uznać za wskaźnik możliwości migracji bezkręgowców w górę rzeki.

Większość przepisów prawnych z zakresu rybactwa zabrania odłowów ryb w przepławkach. Jeśli ze względów badawczych istnieje konieczność odłowów ryb w przepławce, należy uzyskać na to specjalne pozwolenie. Uzyskanie takiego pozwolenia jest możliwe tylko wtedy, gdy właściciel łowiska zgodzi się na odłów przed rozpoczęciem jakichkolwiek działań związanych z odłowem. Zazwyczaj zarządzanie monitoringiem powinno być powierzone specjalistom z zakresu rybactwa.

6.2. Metody

Czas i długość przeprowadzenia obserwacji odgrywają kluczową rolę w rzetelnym sprawdzeniu funkcjonowania przepławki. Testy powinny być przeprowadzone podczas głównych okresów migracji organizmów, których terminy, ze względu na uwarunkowania lokalne i warunki pogodowe, mogą być różne w zależności od regionu.

Podczas planowania strategii monitoringu przepławek oraz podczas oceny ich funkcjonowania, powinny być brane pod uwagę następujące uwarunkowania biologiczne i techniczne:

- potencjalna naturalna fauna rzeki oraz aktualny jakościowy i ilościowy skład rybostanu w wodzie górnej i dolnej każdej zapory; dodatkowo podobna ocena powinna być wykonana dla zoobentosu;
- nieograniczona możliwość wędrówki w górę przepławki wszystkich stadiów rozwojowych danego gatunku ryb;
- obecny stan ciągłości systemu wodnego;
- ogólne wymagania dotyczące planowania i budowy przepławki, zgodnie z zaleceniami przedstawionymi w niniejszym podręczniku;
- jeśli jest to konieczne, należy przedstawić propozycję optymalizacji przepławki.

Kontrola funkcjonowania przepławki wymaga nie tylko obowiązkowego policzenia wszystkich ryb, które pokonały przepławkę, ale również oceny innych parametrów i wskazania warunków referencyjnych. Powyższe dane są wykorzystane do oceny efektywności funkcjonowania przepławki poprzez porównanie wyników monitoringu z naturalną aktywnością migracyjną ryb w podlegającym obserwacji odcinku rzeki. Dane dodatkowe obejmują:

- policzenie migrujących w górę rzeki ryb, sklasyfikowanych na podstawie gatunku i rozmiaru, dane na temat stopnia dojrzałości płciowej;
- dane na temat poziomu wody i trendów dotyczących przepływów (spadające lub wzrastające), warunków pogodowych, poziomu zawiesin i stopnia przejrzystości;

⁴⁵ Dotyczy wymogów prawa obowiązującego w Niemczech. Polskie uwarunkowania prawne dotyczące budowy i utrzymania przepławek przedstawia *Dodatek* do niniejszej publikacji – *przyp. tłum.*

- dane dotyczące fazy księżyca w odniesieniu do aktywności migracyjnej ryb, szczególnie w przypadku migracji węgorza;
- pomiary aktualnych prędkości i przepływów wody w przepławce;
- pomiary zawartości tlenu i temperatury wody;
- określenie rybostanu w wodzie górnej i dolnej, biorąc pod uwagę pomiary w każdym odcinku rzeki;
- dane dotyczące innych istotnych szczegółów dotyczących ryb, takich jak choroby czy obrażenia zewnętrzne;
- ocenę stanu przepławki i stopnia jej utrzymania;
- listy modyfikacji warunków środowiska naturalnego rzeki i szczególnych zdarzeń, takich jak prace utrzymaniowe, śmiertelność wśród ryb itp., które mogą mieć związek z aktywnością migracyjną w przepławce.

Zaleca się, by już podczas budowy przepławki instalować komory pułapkowe lub przynajmniej urządzenia podnoszące, umożliwiające instalację mobilnych narzędzi do połowu ryb bezpośrednio na wyjściu z przepławki. Jest to szczególnie ważne w przypadku obiektów o charakterze technicznym, gdyż umożliwia sprawdzenie możliwości wędrówki ryb w górę przepławki. Metody kontrolowania funkcjonalności powinny być dobrane odpowiednio do typu przepławki. Może się pojawić konieczność połączenia kilku różnych metod, by zbalansować wady zastosowania każdej z nich, stosowanej samodzielnie. Poniżej przedstawiono różne tradycyjne metody, które, jeśli są stosowane w odpowiedni sposób, mogą dostarczyć rzetelnych danych na temat funkcjonowania przepławki.

6.2.1. Narzędzia pułapkowe do połowu ryb

Standardową metodą sprawdzania przepławek, zarówno naturalnych, jak i technicznych jest odłów ryb z wykorzystaniem pułapek na ryby. Pułapki mogą być używane pod warunkiem, że przekrój poprzeczny przepławki może być całkowicie zablokowany przez pułapkę oraz, jeśli możliwe jest zapewnienie mocnego połączenia z dnem. Pułapka powinna być zainstalowana bezpośrednio przy wlocie wody do przepławki⁴⁶ (il. 6.1). W zależności od warunków lokalnych, pułapka może być zbudowana jako klatka, stojak lub specjalnie dostosowana do specyfiki lokalnej konstrukcja. Klatki są najbardziej skuteczne w przypadku przepławek komorowych lub szczelinowych, a ich wielkość jest uzależniona od wymiarów komór. Klatki powinny być zainstalowane w najwyższej położonej komorze. Pułapki kontrolne, zainstalowane na przykład w komorach odpoczynku lub w pewnej odległości od wlotu wody, nie dają pewności, że ryby mogą pokonać całkowitą długość przepławki.

⁴⁶ Wyjściu z przepławki – *przyp. red.*

Narzędzie pułapkowe powinno być wykonane z mocnego, ciemnego plastikowego włókna o maksymalnej wielkości siatki 10-12 mm, co umożliwi zatrzymanie podczas kontroli nawet narybku. Narzędzia pułapkowe, tzw. samołówki składają się z lekkiej aluminiowej ramy, której boki są zabudowane plastikową siatką lub wykonane z drutu ocynkowanego.

Monitoring, przy użyciu narzędzi pułapkowych, wymaga szczególnego nadzoru ze strony wykwalifikowanego personelu. W wyniku dużego zagęszczenia ryb w pułapce, szczególnie podczas zwiększonej aktywności migracyjnej, ryby mogą ulec zranieniu. Częste opróżnianie narzędzia pułapkowego może temu zapobiec. Ryby są usuwane z pułapki i mierzone. Ich parametry są zapisywane zgodnie z określonym schematem, a następnie ryby wypuszcza się do wody górnej. Ze względu na fakt, że sposób zainstalowania narzędzia pułapkowego zapobiega migracji w dół rzeki (z wody górnej do przepławki), metoda ta dostarcza rzetelnych danych na temat ruchu w górę rzeki.

6.2.2. Metoda przegrodzenia

Metoda ta polega na zablokowaniu siecią lub kratą wlotu wody do przepławki⁴⁷, w celu uniemożliwienia rybom wpływu do przepławki od strony wody górnej. Wszystkie ryby są następnie usuwane z przepławki z wykorzystaniem prądu elektrycznego lub jej odwodnienie. Odłów kontrolny, którego dokonuje się po pewnym czasie, umożliwia złapanie ryb, które wpłynęły od strony wody dolnej.

Metoda ta może być stosowana w przypadku wszystkich przepławek wyposażonych w komory odpoczynku. Nie jest to zatem metoda odpowiednia w przypadku przepławek Denila. Korzystanie z tej metody może się wiązać z problemami spowodowanymi zapychaniem się kraty blokującej rumoszem lub unoszącymi się w wodzie przedmiotami.

Odłowy próbne, przeprowadzane w przepławce przy użyciu konwencjonalnych metod lub prądu elektrycznego, nie są odpowiednie jako kontrola funkcjonowania przepławki, chyba że wlot wody do przepławki jest uprzednio zablokowany. W innym przypadku nie ma możliwości określenia kierunku, z którego ryba pokonała przepławkę, np. czy z kierunku wody górnej czy z dolnej.

6.2.3. Znakowanie

Znakowanie ryb może być używane jako metoda kontroli funkcjonowania przepławek o charakterze naturalnym i jest często używana w celu badania migracji w systemach wodnych.

Znakowanie ryb musi być zgłoszone lub zatwierdzone przez odpowiednie urzędy.

⁴⁷ Wyjścia z przepławki – *przyp. red.*



Ilustracja 6.1.
Monitoring przepławki z wykorzystaniem narzędzia pułapkowego do połowu ryb, stosowany w celu monitorowania funkcjonowania przepławki rampy. Młyn Pritzhagen na rzece Stöbber (Brandenburgia)



Ilustracja 6.2.
Łosoś* oznakowany na czerwono i wypuszczony do rzeki Mühlbach (dopływ Lahnu/ Nadrenia-Palatynat) w ramach programu reintrodukcji gatunku

* Stadium parr – *przyp. tłum.*



Ilustracja 6.3.
Elektropułowy dla celów monitoringu rampy przy jazie Unkelmühle na rzece Sieg (Nadrenia Północna-Westfalia)

Istnieje wiele metod znakowania ryb, takich jak użycie znaczników kodowanych, przywieszek lub wskaźników barwnych (il. 6.2), z których każdy ma swoje wady i zalety.

W przypadku tej metody, ryba autochtoniczna, która została złowiona w danym akwenu, jest znakowana i wypuszczana do wody poniżej monitorowanej przeszkody. Kontrola funkcjonowania przepławki polega więc na udowodnieniu obecności oznakowanej ryby w obszarze wlotu wody do przepławki (wyjścia z przepławki) lub w wodzie górnej. Informacje na temat ponownego złowienia oznakowanej ryby mogą być uzyskane bezpośrednio przy użyciu metod konwencjonalnych, takich jak pułapki lub połów za pomocą prądu elektrycznego, bądź poprzez raportowanie wędkarzy informujących o złowieniu znakowanej ryby. Ze względu na fakt, że prawdopodobieństwo ponownego złowienia oznakowanego osobnika jest niewielkie, należy oznakować i wpuścić do wody dolnej znaczącą liczbę osobników różnych gatunków i rozmiarów. Podczas oceny wyników należy uwzględnić zależność pomiędzy całkowitą liczbą oznakowanych ryb a liczbą ryb ponownie złowionych.

6.2.4. Elektropołowy

Dla celów oceny rybostanu, często wykorzystuje się odłow przy użyciu prądu elektrycznego. Pod wpływem pola elektrycznego, ryby płyną w kierunku anody (elektrotaksja), gdzie na krótki okres podlegają elektronarkozie, co umożliwia ich złowienie. Następnie ryby mogą być przebadane pod względem ich przynależności gatunkowej, rozmiarów, itp. (il. 6.3). Prawidłowe stosowanie urządzeń do połowu z wykorzystaniem prądu elektrycznego sprawi, że badane ryby nie odniosą obrażeń. W Niemczech⁴⁸ połów z wykorzystaniem prądu elektrycznego może być prowadzony jedynie przez specjalnie wyszkolone osoby i wymaga zgody odpowiedniego urzędu oraz posiadania pozwolenia od użytkownika rybackiego danego akwenu.

Pół z wykorzystaniem prądu elektrycznego umożliwia zgromadzenie szacunkowych informacji dotyczących rybostanu w wodzie górnej i dolnej. Określenie liczebności ryb może być użyte dla oceny aktywności gatunków pod względem migracji w górę cieku, w okresie prowadzenia monitoringu. Może ono zarazem stanowić podstawy do oceny funkcjonowania przepławki (rozdział 6.3). W połączeniu z innymi metodami, takimi jak blokowanie dopływu wody do przepławki czy znakowanie, połów z wykorzystaniem prądu elektrycznego daje możliwość udowodnienia, że ryba pokonała przepławkę.

6.2.5. Liczniki automatyczne

Wykorzystanie do prowadzenia monitoringu automatycznych liczników umożliwia obserwację migrujących ryb bez ich niepokojenia. Poszczególne metody bazują

na różnych zasadach, takich jak sensory ruchu, bariery świetlne lub kontrola video, choć wiele z nich jest jeszcze w fazie badawczej. Systemy optyczne mogą być stosowane jedynie w przypadku, gdy stopień przejrzystości wody jest odpowiedni. Bariery świetlne i sensory ruchu pozwalają jedynie na policzenie ryb, bez rozróżnienia ich gatunków, bądź rozmiarów. Bardziej skomplikowane połączenie videomonitoringu z systemami przetwarzania obrazu, pozwalają na zróżnicowaną ocenę funkcjonowania przepławki (Travade & Larinier, 1992).

W większości przypadków zastosowanie sprzętu do automatycznego liczenia zakłada zaprojektowanie komór obserwacyjnych, urządzeń lub instalacji, głównie przy wlocie wody (wyjściu z przepławki). Jeśli planuje się zastosowanie tej grupy metod, już we wstępnej fazie planowania przepławki, jeszcze przed jej budową, należy uwzględnić możliwość instalacji odpowiedniego wyposażenia. Wydatki ponoszone na regularną kontrolę oraz utrzymanie liczników są wysokie⁴⁹.

6.3. Ocena wyników

Ocena wyników monitoringu funkcjonowania przepławki zakłada dokładną analizę danych. W celu dokonania poprawnej oceny wyników, oprócz danych specyficznych dla lokalizacji odcinka rzeki i innych czynników, które mogą wpływać na wyniki testu, konieczne jest uwzględnienie danych dotyczących zastosowanej metody badań, włącznie z czasem przebywania ryb w pułapce lub częstotliwością opróżniania pułapek.

Zarówno nieograniczone funkcjonowanie, jak i całkowita niewydolność przepławki są łatwe do wykazania, ale udowodnienie ograniczonego lub selektywnego działania dla niektórych gatunków lub wielkości ryb może być trudne. Udowodnienie pełnego funkcjonowania przepławki, w wyniku analizy i oceny liczby ryb wędrujących w górę cieku, powinno być przeprowadzone przy użyciu następujących kryteriów:

- wyniki monitoringu powinny się odnosić do głównych okresów migracji, specyficznych dla danego gatunku i danego odcinka rzeki. Należy uwzględnić takie czynniki, jak: warunki przepływu, temperatura, faza księżyca itp.;
- ocena ryb migrujących przez przepławkę powinna odnosić się do liczebności rybostanu w wodzie górnej i wodzie dolnej. Można tego dokonać poprzez porównanie wyników monitoringu przepławki z oceną rybostanu w naturalnych warunkach (dane procentowe) i strukturą wielkościową poszczególnych gatunków aktualnie obecnych w wodzie.

⁴⁸ Także w Polsce – *przyj. tłum.*

⁴⁹ Prawie zerowa inwazyjność tych metod, wraz z dostarczaniem danych w systemie ciągłym, winny przeważać na korzyść zasadności ich stosowania, mimo wysokich kosztów – *przyj. tłum.*

Zgodnie z ogólnymi wymogami określonymi w rozdziale 3, przepławka może być uznana za funkcjonującą, jeśli wszystkie gatunki występujące naturalnie, w różnych stadiach rozwoju i w ilości odpowiadającej ich liczebności w biegu rzeki, mogą znaleźć wejście do przepławki i są w stanie ją pokonać. Jednakże często pojawiają się problemy metodologiczne, ponieważ:

- zazwyczaj nie wszystkie gatunki potencjalnej fauny są reprezentowane w danym odcinku rzeki;
- trudna do udokumentowania jest obecność małych gatunków ryb, szczególnie, przy użyciu tradycyjnych metod, takich jak pułapki;
- wyjątkowo rzadko spotykane gatunki ryb mogą zostać niewykryte podczas monitoringu, mimo że mogą one być zdolne do pokonania przepławki.

W związku z powyższym można założyć, że przepławka funkcjonuje w odpowiedni sposób, jeśli:

- można udowodnić, że wszystkie gatunki ryb obecne w danej chwili w danym odcinku rzeki, w różnych stadiach rozwoju i w odpowiedniej liczebności, mogą znaleźć wejście do przepławki i ją pokonać. Przepławka może być uznana za prawidłowo funkcjonującą, nawet dla bardzo rzadkich gatunków ryb lub takich, które nie zostały zarejestrowane z powodu trudności z ich złowieniem, jeśli są ją w stanie pokonać inne gatunki prezentujące ten sam stosunek rozmiaru ciała do wymiarów przepławki, i mające podobne zdolności pływackie;
- istnieje prawdopodobieństwo, że gatunki ryb, reprezentujące naturalną ichtiofaunę, które nie znajdują się aktualnie w ichtiocenozie rzeki, znajdą wejście do przepławki i ją pokonają.

7. Wymogi prawne

Podczas planowania, budowania i obsługi przepławek należy przestrzegać obowiązujących przepisów prawnych. Zgodnie z art. 79 Konstytucji Republiki Federalnej Niemiec, rybołówstwo śródlądowe jest regulowane przez ustawodawstwo każdego landu (kraju związkowego). Każdy land ma swoją własną ustawę o rybołówstwie, która zazwyczaj znacznie różni się w szeregu zapisów od analogicznych ustaw w innych landach. Wszystkie federalne ustawy o rybołówstwie określają wymagania dotyczące budowy i funkcjonowania przepławek. Wymagania te mogą być stosowane bezpośrednio, niezależnie od innych przepisów prawnych.

Z drugiej strony, w zakresie prawa wodnego obowiązuje nadrzędna ustawa ramowa – *Ustawa o zasobach wodnych* (Wasserhaushaltsgesetz, WHG). W §1a ust. 1 tej ustawy ustanowiono zasadę zarządzania wodami w interesie publicznym, przy uwzględnieniu interesu jednostek w zakresie, w jakim nie jest to sprzeczne z interesem publicznym, oraz w taki sposób, aby zapobiegać możliwym do uniknięcia pogorszeniom stanu środowiska. Zgodnie z §4 i §8, przy wydawaniu zezwoleń i zatwierdzeń na korzystanie z wód, należy, poprzez ich warunki, zapobiegać lub minimalizować negatywne oddziaływanie na wody.

Zasada ta jest zgodna z §8 i §20 *Federalnego prawa o ochronie środowiska* oraz odpowiednich ustaw o ochronie środowiska obowiązujących w poszczególnych landach. Proponowana dyrektywa Rady⁵⁰ w sprawie stanu ekologicznego wód przewiduje, że działania człowieka nie mogą szkodzić gatunkom ryb wędrownych.

7.1. Nowe instalacje

Ustawa o zasobach wodnych (WHG) wymaga, aby przed realizacją budowli wodnych, stanowiących bariery w wodach, przeprowadzić procedurę zatwierdzenia planu lub udzielania zezwolenia przed właściwym urzędem. Realizacja tego rodzaju budowli wodnych może prowadzić do istotnych zmian w wodach, dlatego konieczne jest przeprowadzenie procedur autoryzujących te budowle, zgodnie z §31 WHG i uzupełniającym prawodawstwem landowym. Zgodnie z załącznikiem (zob. punkt 6) §3 UVP⁵¹ (*Ustawa o ocenach oddziaływania na środowisko*), przed przeprowadzeniem autoryzacji, zgodnie z §31 WHG, wymagane jest przeprowadzenie oceny oddziaływania na środowisko (UVP).

Ocena oddziaływania na środowisko obejmuje określenie, opis i ocenę wpływu planowanych działań na ludzi, faunę i florę, glebę, wodę, powietrze, klimat i krajobraz, łącznie z interakcjami między tymi czynnikami, a także wpływu na dobra kultury i inne.

W ramach oceny oddziaływania na środowisko, celem jest zazwyczaj ochrona lub przywrócenie ciągłości morfologicznej rzek, aczkolwiek regulacje dotyczące rybołówstwa w niektórych landach uwzględniają pewne wyjątki przy budowie przepławek.

Jeżeli nie jest przeprowadzana procedura zatwierdzenia planu, a w jej miejsce prowadzone są procedury udzielania zezwolenia, zatwierdzenia lub podpisania umów, przepisy dotyczące rybołówstwa muszą być uwzględnione również w tych procedurach. W ramach tych procedur dokonuje się ważenia interesów rybołówstwa z korzyściami danego projektu stanowiącego przedmiot wniosku.

7.2. Istniejące instalacje

Inna jest sytuacja istniejących instalacji, dla których nie planuje się zmian mogących wymagać zezwolenia. Tutaj obowiązują stare regulacje wraz z przepisami dodatkowymi. W świetle art. 14 *Konstytucji*, zmiana uprawnień wynikających tych regulacji, bez zgody uprawnionego podmiotu, nie jest możliwa. Mogą one jednak zostać cofnięte za odszkodowaniem, zgodnie z §15 WHG, jeśli dalsze korzystanie z tych praw może prowadzić do istotnych szkód w interesie publicznym. Większość ustaw o rybołówstwie, obowiązujących w landach, zawiera możliwość zobligowania właściciela zapory lub progu wodnego do modernizacji takiej konstrukcji – wyposażenia jej w przepławkę, jeśli koszty budowy i wszelkich potencjalnych roszczeń o zadośćuczynienie są pokrywane przez stronę trzecią występującą o taką budowę.

W takich landach, jak: Hesja, Nadrenia Północna-Westfalia, NadreniaPalatynat, Saksonia-Anhalt oraz Turynia, władze landu mogą jedynie nalegać na modernizację przeszkody polegającą na wyposażeniu jej w przepławkę, jeśli takie rozwiązanie wiąże się z uzasadnionym stosunkiem kosztów do możliwości strony odpowiedzialnej. Jeśli strony odpowiedzialnej nie stać na pokrycie kosztów takiego rozwiązania, land jest zobowiązany do częściowego dofinansowania modernizacji.

⁵⁰ *Ramowa Dyrektywa Wodna* – dyrektywa 2000/60/WE (niniejszy opis stanu prawnego w Niemczech dotyczy okresu sprzed wejścia w życie tej dyrektywy) – *przyp. tłum.*

⁵¹ UVP = Umweltverträglichkeitsprüfung (*Ocena wpływu na środowisko*) – *przyp. red.*

8. Bibliografia

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSER-WIRTSCHAFT (1987): Grundzüge der Gewässerpflege – Fließgewässer. – Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 21.
- BELL, M.C. (1973): Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria. – Fisheries Engineering Research Program, Corps of Engineers North Pacific Division, Portland, Oregon.
- BLESS, R. (1982): Untersuchungen zur Substratpräferenz der Groppe, *Cottus gobio* LINNAEUS 1758 (Pisces: Cottidae). – *Senckenbergiana Biol.* 63, 161-165.
- BLESS, R. (1990): Die Bedeutung von gewässerbaulichen Hindernissen im Raum-Zeit-System der Groppe (*Cottus gobio* L.). – *Natur und Landschaft* 65, 581-585.
- BLESS, R., A. LELEK & A. WATERSTRAAT (1994): Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata & Pisces). W: NOWAK, E., J. BLAB & R. BLESS (Red.): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. – Greven (Kilda-Verlag), 137-156.
- BORNE, M.V.D. (1883): Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs. – Berlin (Moeser-Verlag).
- CLAY, C.H. (1961): Design of fishways and other fish facilities. – Department of fisheries and oceans, Ottawa (Queen's Printer), 301 S.
- DENIL, G. (1909): Les Échelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe. – *Annales des travaux publics de Belgique Série II/ XIV*, 66, 253-395.
- DRIMMELEN, D.E. van (1966): Fischtreppen in den Niederlanden. – *Arch. für Fischereiwiss.* 16, 38-54.
- DVWK (1991): Ökologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern – DVWK-Merkblatt 204, Bonn, 188 S.
- DVWK (1991): Hydraulische Berechnung von Fließgewässern. – DVWK-Merkblatt 220, Bonn, 70 S.
- DVWK (1995): Gesichtspunkte zum Abfluß in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen. – Gelbdruck, 155 S.
- GEBLER, R.-J. (1990): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenstufen. – W: Handbuch Wasserbau: Heft 3, Min. f. Umwelt, Stuttgart.
- GEBLER, R.-J. (1991): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenbauwerken und Fischaufstiegen zur Vernetzung der Fließgewässer. – Diss. Univ. Karlsruhe, Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik, Nr. 181.
- GEITNER, V. & U. DREWES (1990): Entwicklung eines neuartigen Pfahlfischpasses. – *Wasser und Boden* 42, 604-607.
- GENNERICH, J. (1957): Fischaufstiegskontrollen am Moselfischpaß Koblenz. – *Z. Fischerei N.F.* 6, 53-60.
- HENSEN, W. & F. SCHIEMENZ (1960): Eine Fischtreppe in Stromlinienform. Versuche mit lebenden Fischen und Modellversuche. – *Mitteilungen des Franzius-Institutes für Grund- und Wasserbau der Technischen Hochschule Hannover* 18, 162-177.
- HUET, M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. – *Schweiz. Z. Hydrol.* 11, 322-351.
- HUET, M. (1959): Profiles and biology of western European streams as related to fish management. – *Trans. Am. Fish. Soc.* 88, 155-163.
- HUGHES, D.A. (1970): Some factors affecting drift and upstream movement of *Gammarus pulex*. – *Ecology* 51, 301-305.
- ILLIES, J. (1958): Die Barbenregion mitteleuropäischer Fließgewässer. – *Verh. int. Verein. theoret. angew. Limnol.* 13, 834-844.
- ILLIES, J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. – *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 46, 205-213.
- JÄGER, P. (1994): Zum Stand der Technik von Fischaufstiegsanlagen. – *Österreichs Fischerei* 47 Jg., 50-61.
- JENS, G. (1982): Der Bau von Fischwegen. – Hamburg, Berlin (Verlag Paul Parey), 93 S.
- JONSSON, N. (1991): Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. – *Nordic J. Freshw. Res.* 66, 20-35.
- KATOPODIS, C. (1990): Advancing the art of engineering fishways for upstream migrants. – *Proc. Intern. Symposium on Fishways '90*, Gifu, Japan, Okt. 1990.
- KINZELBACH, R. (1987): Das ehemalige Vorkommen des Störs, *Acipenser sturio* (Linnaeus, 1758), im Einzugsgebiet des Rheins (Chondrostei: Acipenseridae). – *Z. angew. Zool.* 74, 167-200.
- KLAUSEWITZ, W. (1974a): Die frühere Fischfauna des Untermain. – *Natur und Museum* 104, 1-7.

- KLAUSEWITZ, W. (1974b): Der Strömer, *Leuciscus souffia agassizi*, ein nachträglicher Neunachweis für den Main. – *Natur und Museum* 104, 238-240.
- KLAUSEWITZ, W. (1975): Die Bioindikatorfunktion einer alten Fischesammlung aus dem Main. – *Aus Hessischen Museen* 1, 55-58.
- KNAUSS, J. (1979): Flachgeneigte Abstürze, glatte und rauhe Sohlrampen. – *Versuchsanstalt für Wasserbau TU München, Bericht* 41, 1-55.
- KRAATZ, W. (1989): Flüssigkeitsstrahlen. W: BOLLRICH et al.: *Technische Hydromechanik* Band 2, Kap. 5.
- KRÜGER, F., P. LABATZKI & J. STEIDL (1993): Naturnahe Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen; Beispiele in Brandenburg. – *Wasserwirtschaft/Wassertechnik*, 1/93, 27-33.
- KRÜGER, F. (1994a): Denil-Fischpässe. – *Wasserwirtschaft/Wassertechnik*, 3/94, 24-32.
- KRÜGER, F., LABATZKI, P. & J. GÖRLACH (1994b): Fließgewässer-Biotopverbund in Brandenburg. – ZALF, Institut für Hydrologie, unveröff. Studie im Auftrag des LUA Brandenburg.
- LANGE, G. & K. LECHER (1993): *Gewässerregelung, Gewässerpflege*. – Hamburg (Verlag Paul Parey).
- LARINIER, M. (1978): Etude du fonctionnement d'une passe à poissons à ralentisseurs plans. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 271, 40-54.
- LARINIER, M. (1983): Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrateurs. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* Numéro special 56, 1-39.
- LARINIER, M. (1992a): Passes à bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326/327, 45-72.
- LARINIER, M. (1992b): Les passes à ralentisseurs. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326/327, 73-94.
- LARINIER, M. (1992c): Ecluses et ascenseur à poisson. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326/327, 95-110.
- LARINIER, M. (1992d): Implantation des passes à poissons. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326/327, 30 - 44.
- LARINIER, M. & F. TRAVADE (1992): La conception des dispositifs de franchissement pour les Aloses. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326/327, 125-133.
- LELEK, A. & C. KÖHLER (1990): Restoration of fish communities of the river Rhine two years after a heavy pollution wave. – *Regulated rivers: research and management* 5, 57-66.
- LEUTHNER, F. (1877): *Die mittelhheinische Fischfauna mit besonderer Berücksichtigung des Rheins bei Basel*. – Basel (H. Georg's Verlag).
- LONNEBJERG, N. (1980): *Fiskepas af Modströmstypen*. – *Ingeniørhøjskolen – Horsens Teknikum*.
- LUBIENIECKI, B., L. STEINBERG & W. FETTWEIS (1993): Fischaufstiege an der unteren Sieg in Nordrhein-Westfalen; erste Funktionsüberprüfungen. – 7. SVK-Fischereiseminar in Bad Godesberg.
- LWA (Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein Westfalen) (1992): *Biotopgestaltung an Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken und Flußstauen*. – *Merkblatt* Nr. 9.
- MEIJERING, M.P.D. (1972): Experimentelle Untersuchungen zur Drift und Aufwanderung von Gammariden in Fließgewässern. – *Arch. Hydrobiol.* 70, 133-205.
- MÜLLER, K. (1950): *Fische und Fischregionen der Fulda*. – *Jahresb. limnol. Flußstation Freudenthal* 1, 18-23.
- MÜLLER, K. (1968): Die Tages- und Jahresperiodik der Bachforelle (*Salmo trutta* L.) am Polarkreis. – *Aquilo, Ser. Zool.* 8, 50-62.
- MÜLLER, R. & H.J. MENG (1990): The fate of the fish populations in the river Rhine after the Schweizerhalle accident. – *Limnologie aktuell 1: Biologie des Rheins*, 405-421.
- PATZNER, G. (1982): Kriterien für den zulässigen spezifischen Abfluß über breite Blocksteinrampen. – *Österr. Wasserwirtschaft* 34.
- PAVLOV, D.S. (1989): Structures assisting the migration of non-salmonid fish: USSR. – *FAO Fisheries Techn. Pap.* 308, 98 S.
- PECHLANER, R. (1986): „Driftfallen“ und Hindernisse für die Aufwärtsbewegung von wirbellosen Tieren in rhithralen Fließgewässern. – *Wasser und Abwasser* 30, 431-463.
- PELZ, G.R. (1985): *Fischbewegungen über verschiedenartige Fischpässe am Beispiel der Mosel*. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 76, Frankfurt/M., 190 S.
- PREISSLER, G. & G. BOLLRICH (1992): *Technische Hydromechanik*. – 3. Auflage, Berlin (Verlag für Bauwesen).
- RAJARATNAM, N. & C. KATOPODIS (1984): *Hydraulics of Denil Fishways*. – *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 110, 1219-1233.

9. Zastosowane symbole i skróty

Symbol	Jednostka	Znaczenie / zastosowanie symbolu
a	m	Odległość między przegrodami w przepławkach Denila, przesunięcie deflektora w stosunku do przegród w przepławkach szczelinowych
A	m ²	Powierzchnia, przekrój powierzchni przepływu
A _c	m ²	Całkowite pole przekroju powierzchni przepływu
A _O	m ²	Powierzchnia podstawy
A _S	m ²	Przekrój dolnych wcięć lub otworów przesmykowych w przepławkach komorowych, powierzchnia części zanurzonej obiektu (np. kamieni)
a _x , a _y	m	Odległość pomiędzy kamieniami wymuszającymi turbulencje przepływu, (a _x) wzdłuż przepławki, (a _y) w poprzek przepławki
b	m	Szerokość, szerokość koryta
b _a	m	Szerokość wcięć w przegrodach przepławk Denila, szerokość przelewów w przepławkach komorowych
b _m	m	Średnia szerokość
b _s	m	Średnia szerokość przesmyków w przegrodzie przepławki komorowej, szerokość wolnych przestrzeni pomiędzy kamieniami w ryglach (przepławki typu kaskadowa rampa dla ryb)
b _d	m	Szerokość dna
b _{sp} , b _z	m	Szerokość w zwierciadle wody
c	m	Długość hakowatego zakończenia przegrody w przepławkach szczelinowych
c ₁ , c ₂	m	Wysokość trójkątnej części przegród w przepławkach Denila
c _w	–	Bezwymiarowy współczynnik oporu kształtu przeszkody (głazów)
d	m	Grubość, na przykład grubość warstwy substratu, grubość ścianki w przepławkach komorowych i szczelinowych
d _s	m	Średnica żwiru, narzutu z kamienia łamanego lub głazów
d ₉₀	m	Średnica charakterystyczna materiału dennego d90
E	W/m ³	Objętościowa strata energii (objętościowa dyssypacja energii)
f	m	Szerokość deflektora (pionowego występu) w przepławkach szczelinowych
Fr	–	Liczba Froude'a
g	m/s ²	Przyspieszenie ziemskie, g = 9,81 m/s ²
h	m	Wysokość lub głębokość wody, najczęściej minimalna głębokość wody
h*	m	W przepławkach Denila, odległość między najniższym punktem wcięcia w przegrodzie a dnem kanału, mierzona prostopadle do dna
h _A	m	Wysokość przelewów w przepławkach komorowych, wysokość przegród w przepławkach Denila
h _E	m	Wysokość energii
h _{E,min}	m	Minimalna wysokość energii
h _F	m	Spad budowli lub poszczególnych komór przepławki
h _{kr}	m	Głębokość krytyczna, głębokość wody dla przepływu przy minimalnej wysokości energii
h _m	m	Średnia głębokość wody
h _O	m	Głębokość wody powyżej zapory lub powyżej przegrody lub progu (woda górna)
h _S	m	Wysokość przesmyku w przepławkach komorowych
h _U	m	Głębokość wody poniżej zapory lub poniżej przegrody lub progu (woda dolna)
H	m	Wysokość wody na jazie (progu jazu)
h _V	m	Straty energii wywołane przepływem
h _W	m	Wysokość przegród w przepławkach komorowych
i	–, %, ‰	Spadek dna lub zwierciadła wody (podawany jako liczba niemianowana lub wyrażany w promilach, bądź procentach)
J	–	Nachylenie dna lub zwierciadła wody (wyrażane w postaci proporcji)

Symbol	Jednostka	Znaczenie / zastosowanie symbolu
k	m	Szorstkość bezwzględna
k_s	m	Równoważna szorstkość ziaren żwiru lub piasku
L	m	Długość, odległość
l_b	m	Długość basenu (komory)
l_u	m	Długość obwodu zwilżonego przekroju koryta
n	–	Liczba basenów (komór)
Q	m ³ /s	Przepływ wody; natężenie przepływu
q	m ³ /(s·m)	Przepływ jednostkowy wody, $q = Q/b$
Q_a	m ³ /s	Przepływ przez przelewy przepławki komorowej
Q_s	m ³ /s	Przepływ przez przesmyki przepławki komorowej
r_{hy}	m	Promień hydrauliczny, $r_{hy} = A/l_u$
s	m	Szerokość szczelin w przepławkach szczelinowych
V	m ³	Objętość
v	m ³ /s	Prędkość przepływu wody
v_{kr}	m/s	Prędkość krytyczna – przy głębokości krytycznej (przepływie krytycznym)
v_m	m/s	Średnia prędkość przepływu
v_{max}	m/s	Maksymalna prędkość przepływu
v_s	m/s	Maksymalna prędkość przepływu w szczelinach lub w otworach przesmykowych
w	m	Wysokość jazu, wysokość progu
x,y,z	–	Osie kartezjańskiego układu współrzędnych
α	°	Kąt nachylenia
Δh	m	Różnica poziomów wody, np. między komorami przepławki
ε_v	–	Współczynnik wypełnienia (dławienia) objętości koryta
ε_o	–	Współczynnik przesłonięcia (dławienia) przekroju koryta
λ	–	Współczynnik strat (oporu) według prawa Darcy'ego-Weisbacha
λ_c	–	Całkowity współczynnik strat (oporu)
λ_o	–	Współczynnik strat (oporu) związany z szorstkością dna
λ_s	–	Współczynnik strat (oporu) oporu związany z obecnością głazów lub podobnych obiektów
μ	–	Współczynnik wydatku przelewu
μ_r	–	Współczynnik wydatku przelewu w przepławkach szczelinowych
ρ	kg/m ³	Gęstość wody, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
ρ_s	kg/m ³	Gęstość materiału dennego (np. żwiru), $\rho_s \approx 2450 \div 2700 \text{ kg/m}^3$
σ	–	Współczynnik zatopienia, uwzględnia wpływ poziomu dolnej wody
ψ	–	Współczynnik wypływu
ζ	–	Współczynnik strat (oporów) miejscowych

Skróty terminów hydrologicznych

Skrót	Rozwinięcie
WG	Woda górna, poziom wody powyżej zapory
WD	Woda dolna, poziom wody poniżej zapory
SQ, SW	Przepływ średni, stan średni
SNQ, SNW	Przepływ średni niski, stan wody średni, niski (z wielolecia)
SSQ, SSW	Średni przepływ, stan średni wody (z wielolecia)
SWQ, SWW	Średni wysoki przepływ, średni wysoki stan wody (z wielolecia)
WQ, WW	Największy przepływ, najwyższy stan wody
$\underline{n}W$, $\underline{n}Q$	Poziom wody lub przepływ nieosiągnięty przez n dni w roku
nW , nQ	Poziom wody lub przepływ przekroczony przez n dni w roku
WWW, WWQ	Najwyższy znany stan wody, największy znany przepływ (z wielolecia)

10. Glosariusz

Abiotyczne czynniki: elementy przyrody nieożywionej, czynniki chemiczne i fizyczne, np. budowa geologiczna, temperatura, bilans wodny, oddziałujące na ekosystemy i zespoły organizmów żywych. Patrz: *biotyczne czynniki*.

Allochtoniczny: organizm żywy lub materia nieożywiona – obce dla środowiska, w którym zostały stwierdzone. Patrz: *autochtoniczny*.

Autochtoniczny: organizm żywy lub materia nieożywiona – rodzime dla środowiska, w którym zostały stwierdzone. Patrz: *allochtoniczny*.

Autotroficzny, samożywny: roślina lub mikroorganizm posiadające zdolność fotosyntezy, tj. możliwość przemiany materii nieorganicznej (soli mineralnych, CO₂, NH₄) w materię organiczną.

Bezkręgowce: wspólne określenie dla zwierząt nieposiadających wykształconego kręgosłupa.

Biocenoza: zespół organizmów żywych, roślin i zwierząt, zamieszkujących określoną przestrzeń (biotop). Patrz: *ichtiocenoza*.

Biotop: przestrzeń (siedlisko) zajmowana przez zespół organizmów żywych, roślin i zwierząt (biocenozę).

Biotyczne czynniki: elementy przyrody ożywionej, np. dostępność pokarmu, konkurencja, pasożytnictwo itp., oddziałujące na zespoły organizmów żywych. Patrz: *abiotyczne czynniki*.

Derywacyjna elektrownia: hydroelektrownia zlokalizowana na bocznym kanale (woda z koryta rzeki jest doprowadzana do sztucznego kanału derywacyjnego prowadzącego do elektrowni). Zazwyczaj, dla osiągnięcia większego spadku wody na potrzeby elektrowni, boczny kanał jest krótszy niż naturalny bieg rzeki. Mianem „elektrownia derywacyjna” w języku polskim określa się również hydroelektrownię, której spadek użyteczny uzyskany w wyniku spiętrzenia zaporą wodną został zwiększony przez zastosowanie bocznego kanału prowadzącego spiętrzoną wodę do elektrowni; ten typ hydroelektrowni bywa nazwany także „elektrownią kanałową”⁵².

Drapieżne ryby: ryby odżywiające się rybami oraz innymi kręgowcami.

Eurytypowy: organizm tolerujący bardzo różne warunki środowiskowe i znoszący duże zmiany siedliska (biotopu). Patrz: *stenotypowy*.

Fitoplankton/plankton roślinny: drobne lub bardzo drobne glony unoszące się biernie w wodzie słodkiej lub morskiej, posiadające zdolność fotosyntezy (tj. autotroficzne).

Gabiony: wypełnione kamieniami kosze, wykonane ze stalowego drutu, wykorzystywane głównie do umocnienia brzegów rzek oraz potoków, nad i pod powierzchnią wody.

Ichtiocenoza: zespół dziko żyjących gatunków ryb. Patrz: *biocenoza*.

Interstycjalne przestrzenie: wypełnione wodą przestrzenie znajdujące się w osadach dennych, tworzących dno rzek lub znajdujących się w ich sąsiedztwie.

Kelty: osobniki łososia⁵³ powracające po tarle do morza.

Obiegowy kanał dla ryb (obejście): boczny kanał umożliwiający oprowadzenie wody i organizmów wodnych⁵⁴ obok głównego koryta rzeki. W niniejszym opracowaniu, termin „kanał obiegowy” (obejście) był także używany dla określenia urządzenia zapewniającego dodatkowo, wabiący prąd wody.

Objętościowe rozpraszanie energii/dyssypacja objętościowa: miara skuteczności wytracania energii płynącej wody⁵⁵ w basenach (komorach) przepławki, wyrażana ilością energii przypadającej na jednostkę objętości. Rozpraszanie energii jest miarą turbulencji wody w pojedynczym basenie przepławki i nie ma wpływu na przepływ wody w niżej położonych basenach. Jednostka: [W/m³ objętości komory]. Patrz: *rozpraszanie / dysypacja energii*.

Osobnik dorosły: osobnik po osiągnięciu dojrzałości płciowej.

Owadożerne ryby: gatunki ryb odżywiające się owadami, ale również innymi bezkręgowcami wodnymi, latającymi oraz lądowymi.

Parr: stadium rozwojowe rocznego narybku łososia⁵⁶, żyjące w wodach słodkich.

Planktonożerne ryby: gatunki ryb odżywiające się planktonem⁵⁷.

Populacja: wszystkie osobniki jednego gatunku, zasiedlające określony obszar, krzyżujące się pomiędzy sobą od wielu pokoleń i w związku tym – genetycznie ze sobą powiązane.

Prąd kierunkowy/laminarny: prąd wody pozbawiony prądów poprzecznych⁵⁸.

⁵² W języku angielskim używa się odrębnych określeń dla tych typów elektrowni derywacyjnej: pierwszy z nich nazywany jest „*bypass power station*” lub „*channel power station*”, natomiast drugi typ elektrowni derywacyjnej zwany jest w j. angielskim „*diversional hydropower station*” – *przyp. tłum.*

⁵³ Także troci wędrownej – *przyp. tłum.*

⁵⁴ Zwłaszcza migrujących ryb – *przyp. tłum.*

⁵⁵ Potencjalnej i/lub kinetycznej – *przyp. tłum.*

⁵⁶ Także troci wędrownej – *przyp. tłum.*

⁵⁷ Głównie zwierzęcym, tj. zooplanktonem – *przyp. tłum.*

⁵⁸ Prądów wstecznych lub interferencyjnych – *przyp. tłum.*

Przepływ jednostkowy: przepływ wody przypadający na jednostkę szerokości konstrukcji, np. 1 metr bieżący szerokości przepławki. Jednostka: [$m^3/(s \cdot m)$].

Przepływ miarodajny: objętość wody przepływająca w jednostce czasu, decydująca o rozmiarach urządzenia służącego migracji ryb. Inaczej przepływ, na który projektuje się dane urządzenie. Jednostka: [m^3/s].

Rozpraszanie/dyssypacja energii: wytracanie potencjalnej i/lub kinetycznej energii przepływu wody i przekształcanie jej w ciepło. Patrz: *objętościowe rozpraszanie energii*.

Ruch przejściowy wody: towarzyszy mu zmiana głębokości wody przy przejściu z przepływu turbulentnego do kierunkowego (laminarnego) lub odwrotnie. Przejście pomiędzy ruchem kierunkowym (laminarnym) a turbulentnym jest spokojne, podczas, gdy przejście pomiędzy ruchem turbulentnym a kierunkowym (laminarnym) zawsze powoduje burzliwość na powierzchni wody w postaci odskoku hydraulicznego.

Rura ssąca: lejkowata, rozszerzająca się stopniowo dolna część kanału turbiny poniżej wirnika turbiny, spowalniająca wypływ wody z turbiny i tym samym redukująca prędkość wypływającej wody.

Rybostan: stan populacji wszystkich gatunków ryb (i minogów) występujących w określonym siedlisku (cieku, odcinku cieku, zbiorniku wodnym, części zbiornika wodnego, itp.), oceniany z punktu widzenia ich znaczenia gospodarczego i wędkarskiego.

Siedlisko: przestrzeń zajmowana przez gatunek rośliny lub zwierzęcia w ramach ekosystemu.

Smolty: srebrzycie ubarwione stadium rozwojowe łosia⁵⁹, które po przejściu stadium parr, podejmuje wędrówkę do morza.

Stenotypowy: organizm bardzo wrażliwy na zmiany warunków środowiskowych. Patrz: *eurytypowy*.

Strefa bentosu, bentos: denna strefa wód⁶⁰ zasiedlona przez organizmy żyjące na powierzchni dna lub w osadach dennych. Biocenoza tego siedliska nazywana jest „bentosem”, a zamieszkujące strefę denną gatunki bezkręgowców, określa się mianem „denna fauna bezkręgowca” lub „zoobentos”.

Strumień przelewu: strumień wody, która po przepłynięciu przez przelew, spada swobodnie lub spływa po dolnej części przelewu.

Subpopulacja: genetycznie odrębne zbiorowisko osobników jednego gatunku, zasiedlające określoną przestrzeń życiową.

Urządzenia wodne służące do opróżniania piętrzenia lub odprowadzania nadmiaru wody: odpowiednio: upust i przelew⁶¹.

Węchowa orientacja: orientowanie się ryb w środowisku dzięki wysoko rozwiniętemu zmysłowi powonienia.

Zamknięcie jazu/zasuwa: ruchomy element konstrukcyjny, instalowany przy jazach, zbiornikach i elektrowniach wodnych, służący do sterowania przepływem wody. Zamknięcia jazu są zbudowane zazwyczaj z prostokątnych stalowych płyt, przesuwanych lub opuszczanych w bocznych prowadnicach.

Zmysł chemiczny: bardzo dobrze rozwinięty zmysł powonienia, występujący u wielu gatunków ryb, pozwalający na orientację w środowisku wodnym.

⁵⁹ Także troci wędrowej – *przyp. tłum.*

⁶⁰ Płynących lub stojących – *przyp. tłum.*

⁶¹ W języku angielskim „upust” i „przelew” są określane jednym terminem: „sluice” – *przyp. tłum.*

Autorzy zdjęć

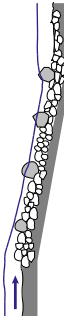
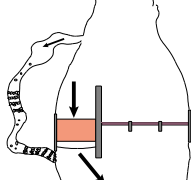
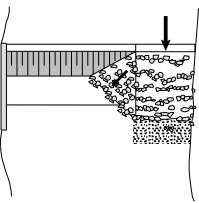
Baumann A.,	Ilustracja 4.2
BAWAG,	Ilustracje: 4.21, 4.26, 4.45
Gebler R.J.,	Ilustracje: 4.33, 4.37, 5.40
Heinrichsmeier G.,	Ilustracje: 4.38, 4.39, 4.40, 4.41
Krüger F.,	Ilustracje: 2.9, 2.11, 3.1, 3.2, 3.14, 4.9, 4.10, 4.11, 4.17, 4.24, 4.28, 5.7, 5.15, 5.20, 5.25, 5.29, 5.30, 5.36, 5.37, 5.38, 5.39, 6.1
Lippeverband,	Ilustracje: 5.12, 5.13
Marmulla G.,	Ilustracje: 4.29, 4.34
Mathis R.,	Ilustracja 2.15
RWE AG:	Ilustracja 3.3, 5.11, 5.44
Schaa W.,	Ilustracja 4.49
Schwevers U.,	Ilustracje: 2.6, 2.7, 2.8, 2.12, 2.13, 5.46, 5.47, 6.2, 6.3
Städtler E.,	Ilustracja 4.35
Steidl J.,	Ilustracja 4.15
Stolzenburg H.,	Ilustracja 2.14
Surhoff P.,	Ilustracje: 4.22, 4.36, 5.3
Touschek A.,	Ilustracja 4.13
Projekt graficzny:	F. Krüger i W. Schaa
Skład:	Agencja Wydawnicza EkoPress / 601 311 838
Korekta:	Urszula Glińska

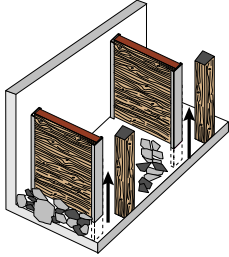
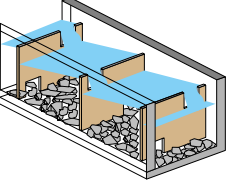
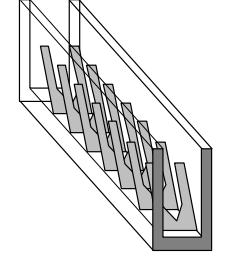
Załącznik: Przegląd najczęściej stosowanych typów przepławek

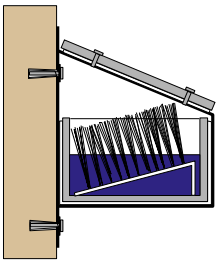
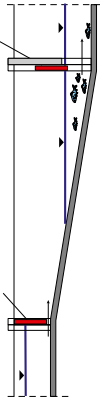
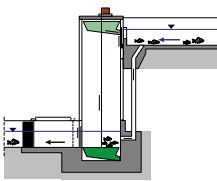
Jako kryteria klasyfikacji przepławek przyjęto zasadę działania oraz aspekt ekologiczny, nie biorąc pod uwagę lokalnych czynników geograficznych, które mogą ograniczać stosowanie niektórych konstrukcji.

* Podane wymiary dotyczą najmniejszych dopuszczalnych wartości.

Oznaczenia w tabeli: b – szerokość przepławki, h – głębokość wody, J – nachylenie dna, q – przepływ jednostkowy.

Przepławki naturopodobne						
Typ	Schemat	Opis	Wymiary geometryczne i wielkość przepływu*	Zastosowanie	Zalety i wady	Efekt działania
Rampy denne i pochylnie (rozd. 4.1)		Konstrukcje o zwiększonej szorstkości dna. Zajmują całą szerokość koryta rzeki. Wykonywane zwykle w formie niezwiązanych z podłożem narzutów kamiennych, rygli lub rozproszonych struktur głazów na podsypce żwirowej. Imitują dno potoków górskich.	Szerokość pochylni (ramp) jest równa szerokości rzeki. Ich typowe nachylenie $J < 1:15$. W przypadku dużych spadków, końcowy odcinek pochylni powinien być mniej stromy. Przepływ jednostkowy $q > 100 \text{ l/(s·m)}$ przy głębokości wody $h > 0,2 \text{ m}$. Konstrukcje te wymagają kilku warstw narzutu kamiennego i zabezpieczenia dna poniżej budowli.	Zalecane tam, gdzie nie ma potrzeby utrzymywania lub regulowania poziomu wody (piętrzenia). Stosowane również przy modernizacji stromych uskoków i jazów stałych jako ochrona przed erozją.	Ze względu na niebezpieczeństwo zaniku przepływu podczas niżówek, może być konieczne uszczelnienie przestrzeni pomiędzy narzutem kamiennym. Relatywnie niskie koszty budowy, dobrze komponują się z krajobrazem, wydają naturalnie, wymagają niewielkich nakładów na utrzymanie. Brak problemów z prądem wabiącym, łatwo odnajdywane przez ryby.	Umożliwiają migrację w obu kierunkach wszystkim organizmom wodnym. W dłuższej perspektywie czasu zamulenie piętrzenia powyżej budowli odtwarza naturalne prędkości przepływu i typowy substrat dennej.
Kanały obiegowe dla ryb (rozd. 4.2)		Omijają budowlę piętrzącą, oferując alternatywną trasę poza głównym korytem rzeki. Mają formę małego cieku naturalnego.	Wymiary podstawowe: $b > 1,2 \text{ m}$; $h > 0,20 \text{ m}$; $J < 1:20$. Obejście dla ryb powinno rozciągać się poza górny zasięg cofki. Wymagany minimalny przepływ jednostkowy wynosi $q = 100 \text{ l/(s·m)}$.	Mogą być stosowane do wszystkich rodzajów przegród i wysokości piętrzeń, lecz wymagają dużej ilości miejsca. Są szczególnie przydatne przy udrażnianiu istniejących stopni. Niezalecane przy piętrzeniach o zmiennym poziomie wody górnej. W takich przypadkach obejścia wymagają dodatkowo urządzeń regulacyjnych.	Niskie koszty budowy. Duże zapotrzebowanie na przestrzeń. Może być konieczne wykonanie głębokich wykopów w terenach przyległych lub połączenie tego typu przepławek z innymi rozwiązaniami technicznymi. Często niezbędne jest zastosowanie mostów lub przepustów.	Zapewniają warunki migracji dla wszystkich organizmów wodnych oraz przestrzeń życiową dla gatunków reofilnych. Są to jedyne konstrukcje, które mogą całkowicie ominąć obszar piętrzenia i zapory. Dobrze wkomponowują się w krajobraz.
Rampy dla ryb		Zintegrowane z konstrukcją jazu rampy z łagodnymi spadkami i szorstką powierzchnią, którą tworzy narzut kamienny z pojedynczymi głazami lub ryglami z głazów, w celu rozpraszania energii wody i zmniejszenia prędkości przepływu.	Wymiary podstawowe: $b > 20 \text{ m}$; $h > 0,3 \div 0,4 \text{ m}$; $J \leq 1:20$ Niezbędny przepływ jednostkowy $q \approx 100 \text{ l/(s·m)}$.	Wykorzystane na jazach stałych do pokonywania różnicy poziomów nie większej niż 3 m. W budowlach wielopręsłowych mogą być wbudowane w jedno z przęsł. Nie mają zastosowania przy piętrzeniach o zmiennym poziomie wody górnej.	Budowle te często muszą spełniać wysokie wymagania techniczne. Konieczne jest zapewnienie dużej stabilności konstrukcji oraz jej uszczelnienie ze względu na niebezpieczeństwo zaniku przepływu podczas niżówek. Zaletą są niewielkie nakłady na utrzymanie, dobre samooczyszczanie, podczas wezbrań wyraźny prąd wabiący.	Umożliwiają migrację wszystkim organizmom wodnym w obu kierunkach, tj. zarówno w górę, jak i w dół rzeki lub potoku.

Przeplawki o charakterze technicznym						
Przeplawki szczelinowe (rozd. 5.2)		Przeplawki szczelinowe to zazwyczaj betonowe kanały z poprzecznymi ściankami działowymi, wykonanymi z betonu lub drewna. W każdej ściance działowej, przy bocznej ścianie kanału przeplawki, znajdują się jedna lub dwie pionowe szczeliny wzdłuż całej wysokości przegrody.	Wymiary komór: $L_b > 1,90$ m; $b > 1,20$ m; $h > 0,5$ m; Szerokość szczelin: $s > 0,17$ m. Przepływ może wynosić od $Q = 140$ l/s do kilku metrów sześciennych na sekundę.	Stosowane przy małych i średnich różnicach poziomów, odpowiednie dla piętrzeń o zmiennym poziomie wody górnej. Mogą być budowane zarówno na małych potokach, jak i na wielkich rzekach. Minimalna głębokość wody dolnej musi wynosić $h > 0,5$ m.	Stosunkowo duże przepływy wody pozwalają wytworzyć dobry prąd wabiący. Są pewniejsze niż konwencjonalne przeplawki komorowe, z powodu mniejszego ryzyka zatkania szczelin.	Obecnie najlepszy typ przeplawek technicznych, odpowiedni dla wszystkich gatunków ryb oraz bezkręgowców dennych, pod warunkiem zapewnienia w przeplawce ciągłości naturalnego substratu dennego.
Przeplawki komorowe (rozd. 5.1)		Zazwyczaj składają się z betonowego kanału z drewnianymi lub betonowymi poprzecznymi ściankami działowymi. W ściankach działowych znajdują się ułożone naprzemiennie denne otwory przesmykowe oraz powierzchniowe przelewy górne.	Wymiary komór zależą od strefy rzeki (krainy rybnej): $L_b > 1,4$ m; $b > 1,0$ m; $h > 0,6$ m. Otwory przesmykowe: $b_s/h_s > 25 \times 25$ cm. Przepływ $Q = 80$ do 500 l/s.	Stosowane przy małych oraz średnich różnicach poziomów, przy jazach melioracyjnych i elektrowniach wodnych.	Przeplawki te działają przy stosunkowo małych przepływach wody, istnieje jednak duże ryzyko zatkania ich rumoszem.	Odpowiednie dla wszystkich gatunków ryb, jeśli parametry komór i otworów przesmykowych są prawidłowo dobrane do rozmiarów migrujących ryb. Podczas niżówek przepływy wody mogą być niewystarczające do wytworzenia wyraźnego prądu wabiącego.
Przeplawki Denila (rozd. 5.3)		Drewniane lub betonowe kanały podzielone U-kształtnymi deflektorami (zazwyczaj drewnianymi), pochylonymi pod kątem 45° w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu.	Wymiary kanałów: $b = 0,6$ do $0,9$ m; $h > 0,5$ m; $J < 1:5$; $Q > 250$ l/s. Długość pojedynczego kanału może się wahać od 6 do 8 metrów, komory odpoczynku są wymagane przy różnicy poziomów większej niż $1,5 \times 2$ m.	Odpowiednie dla niewielkich różnic poziomów wody, szczególnie przy modernizacji starych piętrzeń młyńskich, gdzie ilość miejsca jest niewielka.	Wymagają stosunkowo dużych przepływów, nie powinny być stosowane przy budowłach o zmiennym poziomie wody górnej. Są mało wrażliwe na zmiany poziomu wody dolnej, zajmują mało miejsca, są tanie, wytwarzają silny prąd wabiący.	Zgodnie ze współczesną wiedzą, mniej odpowiednie dla słabo pływających lub małych ryb. Są selektywne (niektóre gatunki ryb nie potrafią ich pokonać) oraz zaporowe dla bezkręgowców dennych.

Przeplawki specjalne						
Przeplawki węgorzowe (rozd. 5.4)		Mają formę małych kanałów (rynien) zabudowanych tzw. szczotkami z gałązek roślin, bądź tworzywa sztucznego lub pokrytych warstwą żwiru, po których sączy się woda. Stosowane są także rurociągi wypełnione szczotkami, prowadzone przez korpus przegrody („rury węgorzowe”).	Wymiary kanału: b = 30 do 50 cm; h = 15 do 25 cm Zazwyczaj nachylenie J wynosi od 1:5 do 1:10, ale może być również bardziej strome.	Często wykorzystywane jako obejścia przy przeplawkach komorowych, ale przydatne są tylko tam, gdzie migrują w górę rzeki młode węgorze i narybek szklisty. Zazwyczaj nie są potrzebne, jeśli przy piętrzeniu funkcjonują inne przeplawki.	Niskie koszty budowy, wymagają niewiele przestrzeni, potrzebują niewielkiego przepływu wody.	Wskazane tylko dla młodych węgorzy migrujących w górę cieku oraz narybku szklistego „Rury węgorzowe” są kłopotliwe w eksploatacji ze względu na tendencję do zatykania się i trudności z utrzymaniem. Same przeplawki węgorzowe nie wystarczają do połączenia siedlisk poniżej i powyżej przeszkody, gdyż nie gwarantują wymaganych warunków migracji dla wszystkich gatunków ryb.
Śluzy dla ryb (rozd. 5.5)		Konstrukcja zbliżona do śluzy żeglugowej, w formie podłużnej komory, z upustami i sterowanymi wrotami (górne i dolne), które na przemian otwierają się, bądź zamykają. Prąd wabiący wytwarzany jest za pomocą specjalnego rurociągu (obejścia) lub poprzez kontrolowane uchYLENIE wrót śluzy (w modernizowanych śluzach żeglugowych poprzez zmodyfikowany system ich napełniania/oprózniczenia).	Wartości podstawowych wymiarów śluzy dla ryb mogą zmieniać się w szerokim zakresie: od minimalnych szerokości i głębokości wody, zbliżonych do wymiarów przeplawki komorowej, do wartości typowych dla dużych śluz żeglugowych. Potrzebna ilość wody zależy od wielkości komory, cyklu pracy śluzy i wymaganej intensywności prądu wabiącego.	Wykorzystywane przy wysokich piętrzeniach, w przypadku braku miejsca lub wówczas, gdy dostępna ilość wody jest limitowana.	Projektowanie i wykonanie jest często skomplikowane technicznie. Duże koszty inwestycyjne. Droga eksploatacja i utrzymanie (naprawy). Dają one jednak możliwość pokonywania dużych różnic poziomów, przy relatywnie małym zapotrzebowaniu na wodę i przestrzeń. Użyteczne w przypadku spodziewanej migracji bardzo dużych ryb (np. jesiotra).	Zgodnie z aktualną wiedzą, odpowiednie dla łososiowatych i słabo pływających gatunków ryb. Mniej przydatne dla małych ryb i gatunków przydennych.
Windy dla ryb (rozd. 5.6)		Urządzenie mechaniczne, które umożliwia transport ryb z dolnego na górne stanowisko w wypełnionym wodą zbiorniku (wannie). Oba stanowiska połączone są specjalnym kanałem (obejściem) w celu wytworzenia prądu wabiącego.	Różne rozmiary urządzeń, objętość basenów transportowych waha się od 2 do 4 m ³ . Wymagany jest stały przepływ wody przez urządzenie (prąd wabiący).	Wykorzystywane w podobnych przypadkach co śluzy dla ryb. Często windy są jedynym typem przeplawek, jaki może być stosowany przy piętrzeniach przekraczających 10 m, np. przy wysokich zaporach wodnych.	Potrzebują niewiele miejsca i umożliwiają pokonywanie dużych różnic poziomów wody. Często ich projektowanie i wykonanie są trudne technicznie. Windy wymagają znacznych nakładów na budowę, eksploatację i naprawy.	Zgodnie z obecną wiedzą, są odpowiednie dla łososiowatych i słabo pływających gatunków ryb. Mniej przydatne dla małych ryb i gatunków przydennych, a nieodpowiednie dla bezkręgowców dennych i ryb migrujących w dół rzeki.

Dodatek: Polskie uwarunkowania prawne w zakresie przywracania ciągłości morfologicznej rzek

1. Uwarunkowania prawne w zakresie przywracania ciągłości morfologicznej rzek

Problematyka przywracania ciągłości morfologicznej rzek jest regulowana na kilku poziomach: międzynarodowym, unijnym i krajowym. Z uwagi na objętość niniejszego opracowania, najszerszej omówione zostaną regulacje krajowe. Studiując normy krajowe, należy jednak mieć na względzie fakt, iż szereg z nich obejmuje również wdrożenie do porządku krajowego przepisów międzynarodowych i unijnych.

Wśród przepisów prawa międzynarodowego, za akty o największym znaczeniu z punktu widzenia przywrócenia ciągłości rzek, należy uznać¹: *Konwencję o ochronie wędrownych gatunków dzikich zwierząt*, sporządzoną w Bonn dnia 23 czerwca 1979 r.², *Konwencję o ochronie gatunków dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedlisk*, sporządzoną w Bernie dnia 19 września 1979 r.³, *Konwencję o różnorodności biologicznej*, sporządzoną w Rio de Janeiro dnia 5 czerwca 1992 r.⁴ oraz *Konwencję sporządzoną w Helsinkach dnia 9 kwietnia 1992 r. o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego*⁵.

Jeżeli chodzi o CMS, jej znaczenie polega przede wszystkim na uznaniu przez państwa-strony wagi gatunków wędrownych i wyrażeniu zgody na podjęcie działań w celu ich ochrony. Strony powinny podejmować starania dla zapewnienia bezpośredniej ochrony gatunków wędrownych wymienionych w załączniku I Konwencji Bońskiej, a także podejmować starania w celu zawarcia porozumień dotyczących ochrony i kontroli gatunków wędrownych wymienionych w załączniku II tego dokumentu. Strony będące tzw. państwami strefy, w stosunku do jakiegokolwiek gatunku wędrownego, wymienionego w załączniku I, podejmować winny starania w celu ochrony oraz, jeżeli jest to możliwe i stosowne, odtworzenia tych siedlisk gatunku, których przywrócenie jest konieczne do zapobieżenia groźbie jego zagłady, oraz do zapobiegania, usuwania, równoważenia lub minimalizowania niekorzystnego wpływu działań lub przeszkód poważnie utrudniających bądź uniemożliwiających wędrówkę gatunków.

¹ Wymienione akty prawne nie wyczerpują problematyki przywracania drożności migracyjnej rzek, mają jednak dla niej najistotniejsze znaczenie.

² Dz. U. z 2003 r. Nr 2, poz. 17; dalej powoływana jako CMS.

³ Dz. U. z 1996 r. Nr 58, poz. 263 z późn. zm.; dalej powoływana jako Konwencja Berneńska.

⁴ Dz. U. z 2002 r. Nr 184, poz. 1532; ang. *Convention on Biological Diversity*, dalej jako CBD.

⁵ Dz. U. z 2000 r. Nr 28 poz. 346; dalej powoływana jako Konwencja Helsińska.

W odniesieniu do Konwencji Berneńskiej, jej celem jest ochrona gatunków dzikiej fauny i flory oraz ich siedlisk naturalnych, zwłaszcza tych, których ochrona wymaga współdziałania kilku państw, oraz wspieranie współdziałania w tym zakresie. Szczególny nacisk położono na ochronę gatunków zagrożonych i ginących, włączając w to gatunki wędrowne. W polityce dotyczącej planowania i rozwoju, państwa muszą mieć na względzie potrzebę ochrony obszarów chronionych w celu uniknięcia bądź zmniejszenia tak dalece, jak jest to możliwe, wszelkiego pogarszania się stanu takich terenów. Szczególną uwagę należy zwrócić na ochronę obszarów ważnych dla gatunków wędrownych, które są odpowiednio usytuowane na szlakach wędrówek i spełniają rolę terenów zimowania, odpoczynku, żerowania, czy rozmnażania. Obszary te wymienione są w załącznikach II i III Konwencji. Ponadto, państwa-strony obowiązane są do zapewnienia, aby okresy ochronne i/lub procedury regulujące eksploatację łownych gatunków zwierząt wędrownych, wymienionych w załączniku III Konwencji, były wystarczające do spełnienia wymagań tych gatunków i właściwie zastosowane.

Analizując *Convention on Biological Diversity (CBD)*, zobowiązuje ona do właściwego zarządzania zasobami biologicznymi, ważnymi dla zachowania różnorodności biologicznej⁶, zarówno na obszarach objętych ochroną, jak i poza ich granicami. Strony powinny wspierać ochronę ekosystemów i naturalnych siedlisk oraz dbać o utrzymanie zdolnych do życia populacji gatunków (wszystkich, nie tylko rzadkich lub zagrożonych wyginięciem) w ich naturalnym otoczeniu, jak również o racjonalny i zrównoważony rozwój na obszarach sąsiadujących z obszarami chronionymi, mając na uwadze wzmocnienie ochrony tych obszarów.

Znaczenie Konwencji Helsińskiej dla przywracania ciągłości morfologicznej rzek opiera się przede wszystkim na jej art. 15, na mocy którego państwa-strony zobowiązują się do podjęcia wszelkich właściwych środków w odniesieniu do obszaru Morza Bałtyckiego i jego przybrzeżnych ekosystemów, na które akwen wywiera wpływ, w celu zachowania środowisk przyrodniczych i różnorodności biologicznej oraz ochrony procesów ekologicznych. W praktyce istotne znaczenie dla realizacji Konwencji mają zalecenia wydawane przez Komisję Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku⁷. W odniesieniu do udrażniania rzek, wskazać należy na

⁶ Zgodnie z art. 2 CBD, różnorodność biologiczna oznacza „różnicowanie wszystkich żywych organizmów pochodzących, między innymi, z ekosystemów lądowych, morskich i innych wodnych ekosystemów oraz zespołów ekologicznych, których są one częścią. Dotyczy to różnorodności w obrębie gatunku, między gatunkami oraz ekosystemami”.

⁷ Dalej jako HELCOM. Jest ona organem wykonawczym Konwencji.

Rekomendację HELCOM 19/2 z dnia 26 marca 1998 r. „*Protection and improvement of the wild salmon*”. Zaleca ona m.in. podjęcie wszelkich niezbędnych środków dla poprawy środowiska obecnych i potencjalnych rzek łososiowych, aby ułatwić przyszlą naturalną reprodukcję łososia. Takie działania polegać mogą na poprawie ilości i jakości wody, odtwarzaniu siedlisk, usuwaniu sztucznych barier migracyjnych lub poprzez podejmowanie innych środków ułatwiających migrację łososia. Ponadto HELCOM zaleca, aby nie budować nowych przeszkód mechanicznych (zarówno czasowych jak i stałych), które mogłyby przeszkadzać migracji łososia w rzekach.

Na poziomie unijnym, podstawowym aktem prawnym odnoszącym się do problematyki przywracania ciągłości morfologicznej rzek, jest Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r., ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej⁸. Obliguje ona do osiągnięcia do 2015 roku dobrego stanu ekologicznego naturalnych części wód, dobrego potencjału ekologicznego sztucznych i silnie zmienionych części wód oraz dobrego stanu chemicznego obu kategorii wód⁹. Ponieważ dla rzek jednym ze wskaźników oceny stanu wód jest ciągłość hydromorfologiczna, jej przywrócenie będzie miało istotne znaczenie z punktu widzenia realizacji obowiązków nałożonych w art. 4 ust. 1 Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW).

Ramowa Dyrektywa Wodna pozostawia państwom członkowskim pewną swobodę w wyborze środków dla osiągnięcia celów sformułowanych w art. 4 ust. 1, określając jednak środki „podstawowe” (minimalne wymogi do spełnienia) oraz środki „dodatkowe”. Do środków podstawowych RDW zalicza m.in.: kontrolę piętrzenia słodkich wód powierzchniowych¹⁰ oraz środki dla każdego z innych zidentyfikowanych szkodliwych wpływów na stan wód, w szczególności dla zapewnienia, że warunki hydromorfologiczne części wód są zgodne z osiągnięciem wymaganego stanu ekologicznego czy dobrego potencjału ekologicznego dla części wód

określonych jako sztuczne lub silnie zmienione¹¹. Biorąc pod uwagę elementy klasyfikacji stanu ekologicznego, kontrola ta powinna obejmować w szczególności kontrolę piętrzenia wód oraz kontrolę warunków hydromorfologicznych pod kątem istnienia ciągłości ekologicznej rzeki (w tym kontrolę funkcjonowania przepławek lub obejść dla ryb). Co do środków dodatkowych, otwarty ich wykaz zawiera załącznik VI część B RDW, wymieniając m.in. instrumenty prawne, administracyjne, wynegocjowane porozumienia dotyczące środowiska, kodeksy dobrej praktyki oraz projekty konstrukcji.

Z punktu widzenia celów niniejszego opracowania, do najistotniejszych aktów prawa unijnego, oprócz RDW zaliczyć należy: Dyrektywę Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory¹², Dyrektywę 2006/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 września 2006 r. w sprawie jakości wód słodkich wymagających ochrony lub poprawy w celu zachowania życia ryb¹³ oraz Rozporządzenie Rady (WE) nr 1100/2007 z dnia 18 września 2007 r. ustanawiające środki służące odbudowie zasobów węgorka europejskiego¹⁴.

Dyrektywa Siedliskowa „*ma na celu przyczynienie się do zapewnienia różnorodności biologicznej poprzez ochronę siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory na europejskim terytorium Państw Członkowskich, do którego stosuje się Traktat*” (art. 2 ust. 1 Dyrektywy Siedliskowej). Dla osiągnięcia tego założenia, Dyrektywa ustanawia dwa komplementarne systemy ochronne: ochrony obszarowej oraz ścisłej ochrony gatunkowej. Ochrona obszarowa prowadzona jest w ramach obszarów należących do sieci Natura 2000. Dyrektywa wprowadza obowiązek zapewnienia tym obszarom ochrony prewencyjnej (art. 6 ust. 2) oraz procedurę udzielania zgody na realizację planów lub przedsięwzięć, które mogą istotnie negatywnie oddziaływać na obszar Natura 2000, a które nie są bezpośrednio związane lub konieczne do zarządzania obszarem (art. 6 ust. 3 i 4 Dyrektywy Siedliskowej). W zakresie obowiązku ochrony prewencyjnej podkreślić trzeba, iż jej zapewnienie może wymagać podjęcia odpowiednich środków ochrony prewencyjnej również wobec terenów położonych poza obszarami wchodzącymi w skład sieci, ale mającymi wpływ na jej spójność, jak np. korytarze migracyjne (w tym rzeki). Co istotne, obowiązek zapewnienia tej ochrony powstaje jeszcze zanim odnotowany zostanie jakikolwiek spadek w populacji chronionego gatunku lub zanim dojdzie do pogorszenia stanu chronionego siedliska lub siedliska chronionego gatunku,

⁸ Dz. Urz. UE L 327 z 22.12.2000, p. 1 ze zm.; dalej jako RDW.

⁹ Art. 4 ust. 1 RDW ustanawia następujące cele środowiskowe: „dla wód powierzchniowych”

i) Państwa Członkowskie wdrażają konieczne środki, aby zapobiec pogorszeniu się stanu wszystkich części wód powierzchniowych, z zastrzeżeniem stosowania ust. 6 i 7 i bez naruszenia ust. 8;

ii) Państwa Członkowskie chronią, poprawiają i przywracają wszystkie części wód powierzchniowych, z zastrzeżeniem stosowania iii) dla sztucznych i silnie zmienionych części wód, mając na celu osiągnięcie dobrego stanu wód powierzchniowych najpóźniej w ciągu 15 lat od dnia wejścia w życie niniejszej dyrektywy, zgodnie z przepisami ustanowionymi w załączniku V, z zastrzeżeniem stosowania przedłużeń czasowych ustalonych

zgodnie z ust. 4 i stosowania ust. 5, 6 i 7 oraz bez uszczerbku dla ust. 8; iii) Państwa Członkowskie chronią i poprawiają wszystkie sztuczne i silnie zmienione części wód w celu osiągnięcia dobrego potencjału ekologicznego i dobrego stanu chemicznego wód powierzchniowych najpóźniej w ciągu 15 lat od dnia wejścia w życie niniejszej dyrektywy, zgodnie z przepisami ustanowionymi w załączniku V, z zastrzeżeniem stosowania przedłużeń czasowych ustalonych zgodnie z ust. 4 i stosowania ust. 5, 6 i 7 oraz bez uszczerbku dla ust. 8 (...).”

¹⁰ Kontrole te są systematycznie poddawane przeglądowi i w miarę potrzeby uaktualniane.

¹¹ Kontrole w tym celu mogą przyjąć formę wymogu uzyskania uprzedniego zezwolenia lub rejestracji opartej na ogólnie wiążących zasadach gdzie taki wymóg nie jest w inny sposób przewidziany przez prawodawstwo wspólnotowe. Kontrole takie są okresowo przeglądane i w miarę potrzeby uaktualniane.

¹² Dz. Urz. UE L 206 z 22.07.1992, s. 7, ze zm.; dalej jako Dyrektywa Siedliskowa.

¹³ Dz. Urz. UE L 264 z 25.09.2006, s. 20 ze zm.; dalej jako Dyrektywa Słodkowodna.

¹⁴ Dz. Urz. UE L 248 z 22.09.2007, s. 17; dalej jako Rozporządzenie nr 1100/2007.

czy też nastąpią jakiegokolwiek zagrożenia w powyższym zakresie¹⁵.

Systemem komplementarnym do ochrony obszarowej jest ochrona gatunkowa, na mocy której zabronione są m.in. jakiegokolwiek formy celowego¹⁶ chwytania lub zabijania okazów dziko występujących gatunków zwierząt z załącznika IV lit. a) Dyrektywy, celowego niepokojenia tych gatunków, w szczególności podczas okresu rozrodu, wychowu młodych, snu zimowego i migracji oraz pogarszania stanu lub niszczenia terenów rozrodu lub odpoczynku. Państwo członkowskie powinno podjąć odpowiednie działania ochronne (w tym o charakterze prewencyjnym) jeszcze zanim nastąpi zmniejszenie liczby osobników gatunku objętego ochroną¹⁷.

Jeżeli chodzi o Dyrektywę 2006/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 września 2006 r. w sprawie jakości wód słodkich wymagających ochrony lub poprawy w celu zachowania życia ryb, jej celem jest ochrona lub poprawa jakości wód słodkich płynących lub stojących, w których możliwe jest życie ryb należących do naturalnie zróżnicowanych gatunków lokalnych. Państwa członkowskie są zobowiązane do wyznaczenia, w oparciu o parametry fizyczne i chemiczne, wód wymagających ochrony lub poprawy ich stanu w celu zachowania życia ryb. Stopień ciągłości morfologicznej rzeki może mieć wpływ na niektóre z tych parametrów.

W końcu, Rozporządzenie Rady (WE) nr 1100/2007 z dnia 18 września 2007 r. ustanawiające środki służące odbudowie zasobów węgorka europejskiego¹⁸ zawiera przepisy służące ochronie i zrównoważonej eksploatacji węgorka europejskiego. Instrumentem wykorzystywanym do realizacji tego celu jest *Plan gospodarowania zasobami węgorka*, sporządzany dla każdego dorzecza, w którym występują węgorki. Celem każdego takiego dokumentu jest zmniejszenie śmiertelności węgorka spowodowanej działalnością człowieka. Każdy plan zawiera środki służące do osiągnięcia tego celu, wśród których wymienia się m.in. środki strukturalne, służące udrożnieniu rzek i poprawie jakości siedlisk rzecznych, oraz inne działania na rzecz środowiska naturalnego.

Przechodząc do prawa krajowego, podstawowym aktem prawnym odnoszącym się do problematyki udrażniania

rzek, jest ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. *Prawo wodne*¹⁹. Jej przepisy są podstawą dla szeregu dokumentów planistycznych takich, jak *Program wodno-środowiskowy kraju*, *Plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy*, *Warunki korzystania z wód regionu wodnego*, *Warunki korzystania z wód zlewni*. Wśród innych dokumentów, istotnych dla udrażniania rzek, należy wskazać na *Wojewódzkie programy udrażniania rzek* oraz *Plan gospodarowania zasobami węgorka w Polsce*.

Jeżeli chodzi o plany gospodarowania wodami na obszarze dorzeczy, określają one cele środowiskowe i wskazują, co należy zrobić w zakresie ogólnym²⁰. Program wodno-środowiskowy kraju ma natomiast określać, w jaki sposób należy to zrobić, podając konkretne działania lub zestawy działań. Działania te podzielone są na podstawowe i uzupełniające. Wśród działań *Program* wymienia m.in.: zapewnienie ciągłości rzek i potoków poprzez udrożnienie obiektów stanowiących przeszkodę dla migracji ryb.

Kolejnym dokumentem planistycznym, którego ustalenia mają istotne znaczenie z punktu widzenia niniejszego opracowania, są warunki korzystania z wód regionu wodnego. Jego zawartość określa art. 115 ust. 1 *Prawa wodnego*, który to przepis ma też odpowiednie zastosowanie do warunków korzystania z wód zlewni (art. 116 ust. 2). Akty te określają zatem m.in.: szczegółowe wymagania w zakresie stanu wód, wynikające z ustalonych celów środowiskowych oraz ograniczenia w korzystaniu z wód na obszarze regionu wodnego lub jego części albo dla wskazanych jednolitych części wód, niezbędne dla osiągnięcia ustalonych celów środowiskowych, w szczególności w zakresie wykonywania nowych urządzeń wodnych.

Przechodząc do dokumentów programowych niższego szczebla, dotyczących problematyki udrażniania rzek, należą do nich *Wojewódzkie programy udrażniania rzek*. Przeważnie zawierają one przedstawienie sieci hydrograficznej na danym obszarze, informację o czystości wód w odniesieniu do możliwości bytowania w nich ryb, charakterystykę składu gatunkowego ichtiofauny oraz szczegółowy opis zabudowy hydrotechnicznej poszczególnych cieków, z podaniem parametrów przegrody, wskazaniem istnienia przepławki oraz analizą oddziaływania piętrzenia na możliwość migracji ryb. W oparciu o te dane w programach tych zwykle analizuje się skalę potrzeby udrożnienia cieków wodnych wraz z określeniem priorytetów w tym zakresie, wskazaniem sposobów działań oraz spodziewanych efektów ich realizacji.

W odniesieniu do *Planu gospodarowania zasobami węgorka w Polsce*, do podstawowych działań zalicza on udrożnienie szlaków migracji. Za najpewniejszy sposób udrażniania *Plan* uznaje likwidację przeszkody (zwłaszcza w przypadku małych elektrowni), w dalszej

¹⁵ Zob. wyroki Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej w sprawach C-355/90 *Santoña Marshes*, ECR 1993, s. I-4221 oraz C-117/00 *Komisja przeciwko Irlandii*, ECR 2002, s. I-5335.

¹⁶ Dyrektywa Siedliskowa posługuje się terminem „celowego” chwytania lub zabijania okazów, jednakże porównanie jej różnych wersji językowych jednoznacznie wskazuje, że właściwym terminem jest „umyślnego”. Angielska wersja językowa używa bowiem słowa „deliberate”, natomiast niemiecka „absichtlich”, co oznacza „umyślnie”, nie zaś „celowo”. Również porównanie angielskiego brzmienia Dyrektyw Ptasiej i Siedliskowej wskazuje na konieczność zastąpienia w polskiej wersji językowej Dyrektywy Siedliskowej słowa „celowego” słowem „umyślnego”. W odniesieniu do zakazów umyślnego zabijania lub chwytania, czy umyślnego płoszenia obie Dyrektywy posługują się słowem „deliberate”.

¹⁷ Zob. wyroki Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej w sprawach C-103/00 *Caretta caretta* ECR 2002, str. I-01147 i C-183/05 *Komisja przeciwko Irlandii*, ECR 2007, s. I-00137.

¹⁸ Dz. Urz. UE L 248 z 22.09.2007, s. 17; dalej jako Rozporządzenie nr 1100/2007.

¹⁹ Tekst jedn. Dz. U. 2012, poz. 145 z późn. zm.; dalej jako *Prawo wodne*.

²⁰ Osiągnąć dobry stan/potencjał ekologiczny lub cel środowiskowy dla obszaru chronionego i dobry stan chemiczny – wody powierzchniowe; osiągnąć dobry stan ilościowy i dobry stan chemiczny – wody podziemne.

kolejności wskazując na budowę obejść dla ryb, okresowe zamykanie elektrowni w czasie spływu węgorzy, czy modyfikacje techniczne wykorzystujące istniejące obejścia, przelewy, itp. Jednocześnie *Plan* zastrzega, że każda przeszkoda stanowi indywidualny przypadek i indywidualizowane powinny być też sposoby jej udrażniania.

2. Uwagi szczegółowe do procesu inwestycyjnego

Likwidacja lub częściowa likwidacja istniejącej przegrody

Najbardziej efektywną metodą udrożnienia rzeki dla ryb jest całkowita lub częściowa likwidacja budowli piętrzącej. Działanie takie stanowi rozbiórkę w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – *Prawo budowlane*²¹ i podlega reglamentacji w drodze szeregu decyzji administracyjnych. Decyzje te rozpatrywane łącznie stanowią zezwolenie na inwestycję, rozumiane jako prawo do rozpoczęcia robót budowlanych.

Pierwszą z wymaganych decyzji jest decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach. Jej uzyskanie jest obligatoryjne dla przedsięwzięć z katalogu zawartego w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397 z późn. zm.). W świetle zapisów rozporządzenia, przeprowadzenia obligatoryjnej oceny oddziaływania na środowisko (OOS) w ramach postępowania w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, wymaga realizacja zapór lub innych urządzeń przeznaczonych do zatrzymywania lub stałego retencjonowania (gromadzenia) nie mniej niż 10 mln m³ nowej lub dodatkowej masy wody (§2 ust. 1 pkt 35 rozporządzenia) oraz budowli piętrzących wodę o wysokości piętrzenia nie mniejszej niż 5 m (§ 2 ust. 1 pkt 36 rozporządzenia), a także rozbudowa lub przebudowa tych przedsięwzięć, jeżeli działania te są w stanie osiągnąć wskazane progi, oraz rozbudowa lub przebudowa przedsięwzięć z § 3 ust. 1 rozporządzenia, o ile spowoduje ona osiągnięcie progów z § 2 ust. 1 rozporządzenia.

Jeżeli chodzi o przedsięwzięcia z § 3 ust. 1 rozporządzenia, wymienione w nim przedsięwzięcia będą wymagały przeprowadzenia OOS, jeżeli obowiązek taki zostanie stwierdzony w drodze postanowienia organu właściwego do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Do przedsięwzięć tych należą: elektrownie wodne (§ 3 ust. 1 pkt 5) oraz budowle piętrzące wodę inne, niż wymienione w § 2 ust. 1 pkt 35-36 rozporządzenia:

- a) usytuowane na obszarach objętych obszarowymi formami ochrony przyrody lub w otulinach form ochrony przyrody, z wyłączeniem budowli pię-

trzących wodę na wysokość mniejszą niż 1 m, realizowanych na podstawie planu ochrony, planu zadań ochronnych lub zadań ochronnych ustanowionych dla danej formy ochrony przyrody, lub

- b) jeżeli piętrzenie dotyczy cieków naturalnych, na których nie istnieją budowle piętrzące wodę, lub
- c) jeżeli w promieniu mniejszym niż 5 km na tym samym cieku lub cieku z nim połączonym znajduje się inna budowla piętrząca wodę, lub
- d) na wysokość nie mniejszą niż 1 m (§ 3 ust. 1 pkt 66 rozporządzenia).

Kwalifikując remont według wskazanych kryteriów należy mieć na uwadze, że w świetle orzecznictwa TS UE, roboty rozbiórkowe należało będzie traktować jako przedsięwzięcie i oceniać w świetle powołanego rozporządzenia²².

Co istotne, dla przedsięwzięć, dla których przeprowadzana jest OOS, właściwy organ ma obowiązek odmówić wydania decyzji ustalającej uwarunkowania środowiskowe w sytuacji, w której nie zostaną spełnione przesłanki z art. 38j *Prawa wodnego*. Podkreślenia wymaga obowiązek przeprowadzenia takiej oceny również w przypadku rozbiórki, która stanowi „nową zmianę właściwości fizycznych”, o której mowa w art. 38j ust. 1 *Prawa wodnego* – o ile w związku z jej realizacją może nastąpić pogorszenie stanu ekologicznego lub dobrego potencjału ekologicznego, albo nieosiągnięcie dobrego stanu ekologicznego.

Przedsięwzięcia, które uzyskały decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach bez przeprowadzenia OOS oraz przedsięwzięcia, dla których uzyskanie decyzji środowiskowej nie było konieczne, podlegają weryfikacji z punktu widzenia ich wpływu na cele środowiskowe dla wód na etapie uzyskiwania pozwolenia wodnoprawnego, stosownie do art. 125 i art. 126 pkt 1 *Prawa wodnego*.

Przechodząc do reglamentacji procesu inwestycyjnego, konieczne będzie uzyskanie decyzji o warunkach zabudowy²³ (w sytuacji, jeżeli dla danego obszaru brak jest miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego) oraz pozwolenia wodnoprawnego na rozbiórkę urządzenia wodnego²⁴.

W świetle nowelizacji *Prawa wodnego* z dnia 24 kwietnia 2014 r.²⁵ prace polegające na usuwaniu ze śródlądowych wód powierzchniowych przeszkód wynikających z działalności człowieka, jest kwalifikowane jako utrzymanie wód (art. 22 ust. 1b). Wydaje się, że wpro-

²¹ Tekst jedn. Dz. U. 2013, poz. 1409 z późn. zm.; dalej powoływana jako *Prawo Budowlane*.

²² Zob. wyrok TS UE z dnia 3 marca 2011 r. w sprawie C-50/09 Komisja przeciwko Irlandii, pkt 100 i 101.

²³ Zgodnie z art. 59 ust. 2 Ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, uzyskanie tej decyzji jest konieczne również dla robót realizowanych na zgłoszenie.

²⁴ Zgodnie bowiem z art. 9 ust. 2 pkt 2 *Prawa wodnego*, przepisy dotyczące wykonania urządzeń wodnych stosuje się odpowiednio do rozbiórki lub likwidacji tych urządzeń.

²⁵ Ustawa z dnia 24 kwietnia 2014 r. o zmianie ustawy – *Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw*, Dz. U. 2014, poz. 659.

wadzona zmiana znacznie upraszcza proces inwestycyjny, a zakwalifikowanie przedmiotowych robót jako robót utrzymaniowych zwalnia inwestora z obowiązku uzyskiwania szeregu decyzji administracyjnych, takich jak np. decyzja zwalniająca od zakazu gromadzenia materiałów mogących zanieczyścić wody na terenach szczególnego zagrożenia powodzią (art. 40 ust. 2). Jednak uproszczenie to adresowane będzie do inwestorów sektora publicznego, to bowiem oni wykonują uprawnień właścicielskie w stosunku do wód i oni będą realizować działania wynikające z planu utrzymywania wód lub nieujęte w tym planie, ale uzasadnione pilnymi względami ochrony przeciwpowodziowej. W rezultacie, inwestor prywatny, realizując rozbiórkę lub częściową rozbiórkę urządzenia piętrzącego, w celu udrożnienia rzeki dla migracji ryb, nadal zobowiązany będzie uzyskać decyzje z art. 40 ust. 4 *Prawa wodnego*, czy art. 88 *Prawa wodnego*.

Omawiając zagadnienie rozbiórki lub częściowej rozbiórki urządzeń piętrzących wodę, należy również zwrócić uwagę na treść art. 64a ust. 5 *Prawa wodnego*. Zgodnie z tym przepisem, organ właściwy do wydania pozwolenia wodnoprawnego, nakłada na właściciela urządzenia wodnego, wykonanego bez pozwolenia wodnoprawnego, obowiązek rozbiórki tego urządzenia w sytuacji, w której owo urządzenie nie zostało zalegalizowane w drodze decyzji administracyjnej.

W sytuacji, w której rozbiórka lub częściowa rozbiórka urządzenia wodnego będzie kwalifikowana jako utrzymanie wód, albo roboty ziemne mogące zmienić warunki wodne lub wodno-glebowe, może zaistnieć obowiązek dokonania zgłoszenia robót właściwemu regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska. Obowiązek dokonania zgłoszenia ograniczony jest do sytuacji, w których roboty prowadzone będą na obszarach form ochrony przyrody, w obrębach ochronnych lub w obrębie cieków naturalnych (art. 118 u.o.p.). O ile regionalny dyrektor nie wniesie sprzeciwu w określonym ustawą terminie, możliwe jest rozpoczęcie zgłoszonych robót.

Ostatnim etapem, przed przystąpieniem do rozpoczęcia robót, jest przeprowadzenie procedury określonej w *Prawie budowlanym*.

Generalnie, rozbiórka budowli o wysokości poniżej 8 m, jeżeli jej odległość od granicy działki jest nie mniejsza niż połowa wysokości, a budowla nie jest objęta ochroną konserwatorską i nie jest wpisana do rejestru zabytków, wymaga jedynie zgłoszenia właściwemu organowi administracji budowlanej (art. 31 ust. 1 *Prawo budowlane*)²⁶. Stanowi to znaczne ułatwienie dla inwestora, ponieważ w takim przypadku nie sporządza się projektu budowlanego (a co za tym idzie, brak jest obowiązku dokonywania uzgodnień branżowych). Wymagane jest jedynie określenie rodzaju, zakresu i sposobu

wykonywania robót rozbiórkowych. Jednakże, stosownie do art. 31 ust. 3 *Prawa budowlanego*, organ przyjmujący zgłoszenie, może nałożyć obowiązek uzyskania pozwolenia na rozbiórkę, jeżeli rozbiórka może wpłynąć na pogorszenie stosunków wodnych, warunków sanitarnych oraz stanu środowiska lub też wymaga zachowania warunków, od których spełnienia może być uzależnione prowadzenie robót związanych z rozbiórką. W takim przypadku konieczne będzie sporządzenie (w oparciu o rysunki stanowiące podstawę zgłoszenia) projektu rozbiórki obiektu, opisu zakresu i sposobu prowadzenia robót rozbiórkowych, opisu sposobu zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i mienia oraz przeprowadzenie odpowiednich uzgodnień.

W odniesieniu do mniejszych obiektów piętrzących, rozbiórka lub częściowa rozbiórka może okazać się znacznie tańszym i bardziej efektywnym narzędziem udrożnienia rzeki dla ryb, niż budowa przepławek czy też obejść. Nie bez znaczenia jest też ograniczenie liczby procedur administracyjnych w przypadkach, w których działanie to zostało umieszczone w planie utrzymania wód. Problemy pojawiać się tutaj mogą na etapie projektowania i realizacji inwestycji. Będą one dotyczyły zwykle pozyskiwania nieruchomości na potrzeby zajęć czasowych, usuwania kolizji, czy rozwiązywania kwestii spornych z innymi użytkownikami wód korzystającymi z danego piętrzenia. Pojawić się mogą również problemy z ustaleniem kręgu stron, czy pozyskaniem dokumentacji. W praktyce często spotyka się sytuacje, w których inny podmiot jest odpowiedzialny za koryto rzeki i międzywałę, inny za wały, a jeszcze inny za melioracje i stosunki w obszarze bezpośrednio sąsiadującym (na zawału). Co więcej, na skutek niewłaściwego zewidencjonowania gruntów oraz błędów przy wydawaniu decyzji komunalizacyjnych, komunalizacji uległy również fragmenty większych rzek²⁷. W większości przypadków oznacza to dla inwestora znaczne wydłużenie okresu inwestycji. Ponadto w niektórych przypadkach błędne zewidencjonowanie gruntów (np. leżących na styku kilku gmin) skutkowało będzie, po stronie inwestora, koniecznością poniesienia dodatkowych kosztów związanych z koniecznością doprowadzenia do właściwego ustalenia granic inwestycji. Skala tych trudności będzie jednak daleko mniejsza, niż w przypadku budowy obejścia dla ryb.

Budowa obejść dla ryb

Artykuł 4 *Ramowej Dyrektywy Wodnej* nie zawiera jedynie obowiązków programowych, lecz dotyczy także poszczególnych przedsięwzięć. W szczególności, w przypadku realizacji nowych przedsięwzięć hydrotechnicznych, o ile mogą one skutkować nieosiągnięciem dobrego stanu ekologicznego lub dobrego potencjału ekologicznego albo pogorszeniem stanu wód, przed wydaniem zgody na to przedsięwzięcie powinno ono podlegać ocenie spełnienia przesłanek z art. 4 ust.

²⁶ Na zgłoszenie realizowana jest również rozbiórka tych obiektów, które zostały wybudowane „na zgłoszenie” – chyba, że podlegają ochronie jako zabytki.

²⁷ Zob. K. Kowalski, *Gospodarka nieruchomościami pokrytymi powierzchniowymi wodami płynącymi*, Wrocław 2010, s. 51.

7 *Ramowej Dyrektywy Wodnej*. Z punktu widzenia niniejszego opracowania, spośród tych przesłanek, najistotniejsze znaczenie ma przesłanka podjęcia wszelkich praktycznych kroków w celu ograniczenia negatywnego wpływu na stan wód. W przypadku budowy piętrzącej, stanowiącej przeszkodę migracyjną dla organizmów wodnych, z przesłanki tej wynika obowiązek zastosowania metod pozwalających na zapewnienie ciągłości hydromorfologicznej rzeki. Należą do nich obejścia dla ryb.

Podobnie, jak w przypadku rozbiórki urządzeń wodnych, dla przedsięwzięć z katalogu zawartego w rozporządzeniu w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, konieczne jest uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Tutaj należy jednak zwrócić uwagę na treść § 3 ust. 1 pkt 66 rozporządzenia. W literze c przepis ten ogranicza obowiązek uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach do tych planowanych budowli piętrzących, dla których w promieniu mniejszym niż 5 km na tym samym cieku lub cieku z nim połączonym, znajduje się inna budowla piętrząca wodę. Przepis ten pomija nie tylko planowane przedsięwzięcia, ale również przedsięwzięcia, które uzyskały już pozwolenie na budowę, a nawet te, dla których rozpoczęto budowę poprzez podjęcie prac przygotowawczych na terenie budowy. W rezultacie zakres przedsięwzięć podlegających *screeningowi* należy uznać za zbyt wąski.

W związku z procedurą decyzji środowiskowej, należy również zwrócić uwagę na pewien problem. Otóż etapem, na którym powinien zostać dokonany wybór rozwiązania korzystniejszego środowiskowo jest etap OOS. Rozwiązanie to podlega następnie akceptacji w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. W przypadku kanałów obiegowych, pojawić się może problem wynikający z konstrukcji danego obejścia. Jeżeli bowiem szerokość dna przy ujściu lub ujściu takiego obejścia wynosiła będzie co najmniej 1,5 m, to obejście takie stanowiło będzie kanał w rozumieniu art. 9 ust. 1 pkt 5 *Prawa wodnego* i jako takie wymagało będzie uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach²⁸. Problem może dotyczyć sytuacji, w której obejście nie zostało wskazane jako element przedsięwzięcia i wyczerpująco ocenione już w trakcie procedowania decyzji środowiskowej. Jeżeli bowiem w procedurze OOS oceniana była np. tylko efektywność danego rozwiązania, w rezultacie czego dokonany został wybór rozwiązania, polegającego na realizacji kanału obiegowego, konieczne będzie przeprowadzenie ponownej OOS. W rezultacie, procedura administracyjna ulegnie znacznemu wydłużeniu, co również może zniechęcać inwestorów do stosowania rozwiązań tego rodzaju. Jedynym wyjściem wydaje się być ścisła współpraca zespołu projektowego z zespołem środowiskowym i wybór rozwiązania projektowego jeszcze na etapie przygotowywania raportu OOS.

Co istotne, dla przedsięwzięć, dla których przeprowadzana jest OOS, właściwy organ ma obowiązek odmówić wydania decyzji ustalającej uwarunkowania środowiskowe w sytuacji, w której nie zostaną spełnione przesłanki z art. 38j *Prawa wodnego*. Oznacza to, że w postępowaniu OOS konieczne będzie zbadanie wpływu przedsięwzięcia na cele środowiskowe dla wód, z uwzględnieniem jego oddziaływania na ciągłość hydromorfologiczną rzeki. Przedsięwzięcie negatywnie oddziaływujące na tę ciągłość będzie jednocześnie skutkowało²⁹ albo pogorszeniem się stanu wód, albo brakiem możliwości osiągnięcia dobrego stanu ekologicznego lub dobrego potencjału ekologicznego. W rezultacie, brak zaprojektowania odpowiednich środków technicznych, zapewniających ciągłość hydromorfologiczną rzeki, powinno skutkować odmową wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla danego przedsięwzięcia.

W sytuacji, w której przedsięwzięcia nie podlegały OOS, ich wpływ na cele środowiskowe dla wód, stosownie do art. 125 i art. 126 pkt 1 *Prawa wodnego* podlega weryfikacji na etapie udzielania pozwolenia wodnoprawnego. Organ właściwy do wydania tego pozwolenia powinien również uwzględnić treść art. 63 ust. 2 *Prawa wodnego*. Przepis ten stanowi, że o ile jest to uzasadnione lokalnymi warunkami środowiska, budowle piętrzące powinny umożliwiać migrację ryb. Biorąc pod uwagę wyżej przedstawione relacje pomiędzy ciągłością morfologiczną rzeki a celami środowiskowymi dla wód, wyrażenie „o ile jest to uzasadnione lokalnymi warunkami środowiska” należało będzie bezpośrednio wiązać właśnie z obowiązkiem osiągnięcia celów środowiskowych. W praktyce, z obowiązku zapewnienia drożności rzeki dla ryb zwolnione będą tylko te modernizowane lub planowane budowle piętrzące, które są usytuowane w wodach, w których drożność rzeki dla ryb nie ma znaczenia z punktu widzenia realizacji obowiązków państw członkowskich, określonych w art. 4 RDW.

Przechodząc do dalszych zagadnień z zakresu reglamentacji procesu budowlanego, następuje ona w drodze szeregu decyzji administracyjnych, dających inwestorowi łącznie zezwolenie na inwestycję, rozumiane jako prawo do rozpoczęcia robót budowlanych. Po uzyskaniu decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięć wymienionych w ww. rozporządzeniu, następnym krokiem jest uzyskanie decyzji o warunkach zabudowy (jeżeli obszar nie jest objęty miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego). Kolejną niezbędną do uzyskania decyzją administracyjną jest uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego. W przypadku przedsięwzięć mogących zmienić warunki wodne lub wodno-glebowe, zlokalizowanych na obszarach form ochrony przyrody, obrębach ochronnych ryb, a także w obrębie cieków naturalnych, konieczne jest zgłoszenie inwestycji właściwemu regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska (art. 118 u.o.p.).

²⁸ Jest to przedsięwzięcie ujęte w §3 ust. 1 pkt 67 rozporządzenia.

²⁹ W zależności od tego, czy rzeka stanowi naturalną, czy silnie zmienioną część wód.

Ostatnim etapem procesu inwestycyjnego jest uzyskanie pozwolenia na budowę lub, w przypadku obiektów budowlanych piętrzących wodę i upustowych o wysokości piętrzenia poniżej 1 m poza rzekami żeglownymi oraz poza obszarem parków narodowych, rezerwatów przyrody i parków krajobrazowych oraz ich otulin zgłoszenie robót budowlanych (art. 29 ust. 1 pkt 14 w zw. z art. 30 ust. 1 pkt 1 *Prawa budowlanego*)³⁰. Istotnym czynnikiem wpływającym na wydłużenie procesu inwestycyjnego, jest również konieczność uzyskania innych decyzji administracyjnych, w zależności od specyfiki i położenia danej inwestycji. Można tu wskazać np. zwolnienia od zakazów wykonywania robót lub składowania materiałów na terenie szczególnego zagrożenia powodzią (art. 40 ust. 3 i art. 88I *Prawa wodnego*), zwolnienia od zakazu przejazdu przez wały przeciwpowodziowe, zezwolenia na wycinkę drzew lub krzewów, czy też pozwolenie właściwego konserwatora zabytków.

Realizacja przepławek wiązać się może z szeregiem problemów. Część z nich (problemy z ustaleniem kręgu stron, pozyskaniem nieruchomości pod zajęcia czasowe, pozyskaniem dokumentacji geodezyjnej) będzie taka sama, jak w przypadku rozbiórki. Będą one jedynie różniły się skalą nasilenia, która w tym przypadku przeważnie będzie większa. W przypadku realizacji obejścia dla ryb dochodzą jednak również problemy z pozyskaniem nieruchomości pod zajęcia trwałe oraz związane z tym koszty. W zależności od przyjętej konstrukcji, może to istotnie podrożyć koszty inwestycji, zarówno na etapie jej planowania (koszty pozyskania nieruchomości), jak i funkcjonowania (koszty podatkowe, czynsz dzierżawy). Ponadto w przypadku, jeżeli dany teren znajduje się we władaniu podmiotu niechętnego udostępnieniu terenu na potrzeby realizacji przepławki, brak jest obecnie szybkich i efektywnych narzędzi prawnych pozwalających (zwłaszcza inwestorom prywatnym) na pozyskanie prawa do tego terenu (w szczególności dotyczy to zajęć trwałych). Kolejnym problemem są koszty rozwiązań technicznych, takich jak np. systemy naprowadzające. Zdarza się, że już na etapie realizacji, inwestorzy rezygnują z rozwiązań droższych, ale bardziej efektywnych na rzecz tańszych i – często – mniej skutecznych, z uwagi na ograniczenia budżetowe.

Dalej, modernizacja budowli piętrzącej, polegająca wyłącznie na budowie przepławki w rozumieniu *Prawa budowlanego*, traktowana jest jako przebudowa istniejącej budowli hydrotechnicznej. W rezultacie podlega ona reglamentacji w oparciu o ww. przepisy, co również może zniechęcać inwestorów od podejmowania działań skutkujących udroźnieniem rzek dla ryb. Czynnikiem zniechęcającym jest również obciążenie przepławek podatkiem od nieruchomości oraz koszty funkcjonowania przepławki. Właściciel urządzenia pię-

trzącego poniesie bowiem nie tylko koszty związane z budową przepławki, ale w przyszłości naraża się na negatywne konsekwencje finansowe swoich prośrodowiskowych działań.

Jak widać z powyższego, uwarunkowania prawne i faktyczne, związane z realizacją przepławek, nie zachęcają inwestorów do wyboru rozwiązań najkorzystniejszych dla zapewnienia drożności rzek dla organizmów wodnych. Konieczne jest tutaj wprowadzenie ułatwień i zmniejszenie ilości decyzji administracyjnych koniecznych do uzyskania, np. poprzez wprowadzenie możliwości budowy przepławek na zgłoszenie.

Opracowanie: Paulina Kupczyk-Kuriata

³⁰ W przypadku, jeżeli dla danego przedsięwzięcia przeprowadzono OOS zawsze wymagane jest pozwolenie na budowę. Zob. art. 29 ust. 3 *Prawa budowlanego*.

Wiele gatunków ryb podejmuje dalsze lub bliższe wędrówki, które są elementem ich podstawowych zachowań. Jednym z najlepiej znanych przykładów ryb wędrownych jest losoś atlantycki (*Salmo salar*) i jesiotr zachodni (*Acipenser sturio*), które powracając z morza na tarliska w rzekach, często przemierzają tysiące kilometrów. Obok gatunków odbywających długodystansowe migracje, istnieją gatunki ryb i bezkręgowców, które w poszczególnych fazach swojego cyklu życiowego podejmują krótkoterminowe lub krótkodystansowe migracje – z jednej części rzeki do innej.

Przeławkki nabierają coraz większego znaczenia dla odbudowy możliwości swobodnego przemieszczania się ryb i innych gatunków fauny wodnej, jako że są często jedynym rozwiązaniem umożliwiającym organizmom wodnym pokonanie przeszkód w ich wędrówce w górę rzeki. Tym samym, urządzenia te stają się kluczowym elementem poprawy stanu ekologicznego wód płynących. Ich sprawne funkcjonowanie jest warunkiem koniecznym w odbudowie drożności ekologicznej rzeki. Jednakże badania istniejących już urządzeń wykazały, że wiele z nich nie działa prawidłowo. Dlatego różne grupy zawodowe, których profil działalności związany jest z tematyką drożności ekologicznej rzek, np. inżynierowie, biolodzy i zarządzający wodami, są żywotnie zainteresowane sprawdzonymi zasadami projektowania i użytkowania przeławk, zgodnymi z najlepszymi praktykami i najnowszą wiedzą.

Przeławkki mogą być konstruowane jako budowle stricte techniczne lub mogą imitować naturę. Kanały obiegowe dla ryb oraz rampy denne należą do najbliższych naturze rozwiązań, podczas gdy do rozwiązań technicznych należą konwencjonalne przeławkki typu komorowego, przeławkki szczelinowe, windy i śluzy dla ryb czy przeławkki węgorzowe. Książka ta opisuje wszystkie typy przeławk. Ponadto, szczególną uwagę poświęcono znaczeniu kompleksowego monitoringu.