

Środowiskowa klasyfikacja hydrotechnicznych budowli piętrzących

Mgr inż. budownictwa wodnego Stanisław Naprawa, niezależny konsultant

1. Minimalizacja wpływu procesów biologicznych, erozji i sedymentacji na środowisko w rejonie stopni wodnych

W budownictwie ogólnym występuje korozja materiałów wywołana procesami biologicznymi. Występowanie procesów biologicznych związane jest również z budownictwem hydrotechnicznym. W wyniku wykonania budowli piętrzącej (jaz, zapora) i spiętrzenia wody, w powstałym zbiorniku mogą zostać stworzone warunki fizyczne umożliwiające wystąpienie niekorzystnych procesów biologicznych. Konieczne i możliwe jest zapobieganie powstawaniu tych procesów. Problemem tym jednak nie poświęcano w przeszłości na etapie projektowania zbyt wiele uwagi [1, 2, 3].

W celu przeciwdziałania stałemu pogarszaniu się warunków biologicznych w zbiorniku konieczne jest takie zaprojektowanie budowli upustowo-przelewowych, aby istniała możliwość okresowego stwarzania warunków przepływu wód wezbraniowych przy obniżonym piętrzeniu, zbliżonych do warunków naturalnych, obserwowanych przed wykonaniem stopnia wodnego. W tym przypadku, podczas przepływu fali powodziowej, dopuszczając ograniczoną wartość spiętrzenia wody, możliwe jest okresowe przywrócenie na długości zbiornika siły unoszenia płynącej wodzie i zapewnienie ciągłości przepływu przez zbiornik nie tylko wody, lecz również dopływającego rumowiska (dennego, zawieszonoego) oraz śryżu i kry lodowej [4].

Stworzenie warunków do swobodnego przepływu wody na spiętrzonej odcinku rzeki umożliwia szybką wymianę wody zgromadzonej w zbiorniku, przepuszczanie rumowiska przez zbiornik oraz osadów dennych nagromadzonych w okresie utrzymywania piętrzenia, a tym samym poprawienie warunków sanitarnych w czaszy zbiornika. Pozytywny efekt przemywania zbiornika (możliwe tylko w okresie powodzi, a więc podczas występowania rumowiska) to uniemożliwienie lub ograniczenie corocznej akumulacji w zbiorniku osadów, jak również substancji toksycznych [4].

Brak możliwości stosowania procesu przemywania (np. w wyniku niewłaściwego zaprojektowania lub nieprawidłowego użytkowania obiektu) prowadzi zazwyczaj do gromadzenia w zbiorniku z upływem czasu coraz większej ilości rumowiska oraz substancji toksycznych, z czym ściśle wiąże się odwrotne zjawisko wzmożonej erozji koryta rzeki poniżej stopnia. Nadmierna erozja w dolnym stanowisku stopnia prowadzi, jak ogólnie wiadomo, do występowania szeregu negatywnych skutków w korycie rzeki oraz na terenach przyległych

[5, 6, 7]. Do skutków towarzyszących degradacji koryta poniżej stopni wodnych można zaliczyć następujące zmiany w środowisku:

- obniżanie stanów wody w dolnym stanowisku w wyniku erozji, szczególnie intensywne w strefie niskich i średnich stanów wody,
- obniżanie horyzontu wód gruntowych na terenach przyległych (jako skutek erozji koryta rzeki),
- zwiększenie procesów erozyjnych na odcinkach ujściowych cieków dopływających poniżej osi piętrzenia i rozszerzenie zasięgu przestrzennego degradacji koryt dopływów.

Z powyższymi zmianami związane są utrudnienia w eksploatacji istniejących ujęć wody (utrata wymaganej głębokości grawitacyjnego napływu wody) oraz liczne zagrożenia bezpiecznego użytkowania istniejących budowli (podmycie filarów i przyczółków mostów, części przelewowych budowli piętrzących, utrata stateczności odsłoku hydraulicznego itp.). Powyższym procesom towarzyszy stopowanie terenów usytuowanych w strefie wpływu powyższych zmian.

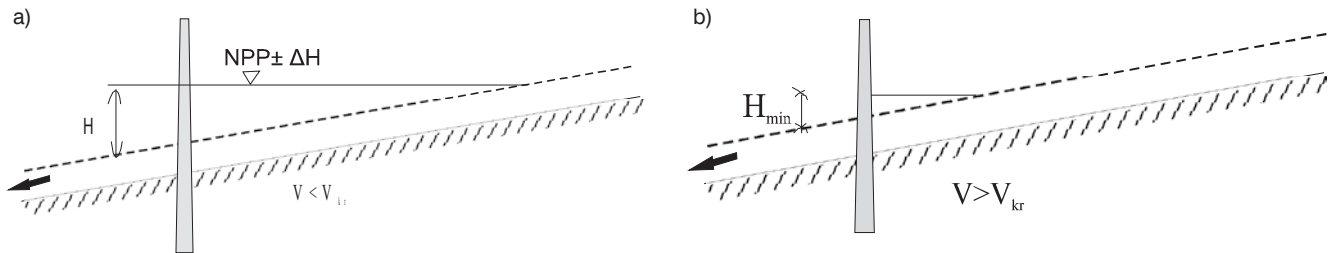
Biorąc pod uwagę fakt, że wymienione wyżej zmiany mają charakter przestrzenny, zapobieganie im powinno stanowić podstawowy obowiązek osób (instytucji) związanych z projektowaniem i użytkowaniem budowli piętrzących.

Opisana wyżej procedura przemywania górnego stanowiska stopnia zapobiegająca gromadzeniu się rumowiska w zbiorniku jest niezwykle istotną techniką ograniczania negatywnych skutków eksploatacji hydrotechnicznych budowli piętrzących i powinna być uznana za jeden z podstawowych elementów systemu zarządzania środowiskowego oraz powinna być zaliczona w pierwszej kolejności do najlepszych dostępnych technik.

2. Przyjazne dla środowiska zasady ustalania przepustowości budowli przelewowo-upustowych stopni wodnych i zbiorników

Ze względu na konieczność zachowania bezpiecznego reżimu cieku jaz lub przelew i spust powinny być lokalizowane w osi dynamicznej cieku istniejącej przed budową stopnia (zbiornika).

Rzędna progę spustu na wlocie powinna być ustalona w taki sposób, aby przy przepływie wody dwuletniej ($Q_{50\%}$) woda przepływała swobodnie przy możliwie małym spiętrzeniu w warunkach zbliżonych do naturalnych, przy utrzymywaniu dennych prędkości wody równych w przybliżeniu prędkości rozmywającej gruntów zalegających na dnie koryta. Przepływ



Rys. 1 Podstawowe schematy użytkowania budowli piętrzących wodę: a) schemat piętrzenia wody w okresie pozapowodziowym (przypadek A.1 i A.2), b) schemat piętrzenia wody w okresie występowania wezbrań powodziowych (przypadek A.3 oraz B.3)

o prawdopodobieństwie 50% jest przepływem, który ma największy wpływ na przebieg zjawisk erozyjnych, a więc jest przepływem korytotworzącym (ang. *dominant discharge*). Przepustowość spustu powinna umożliwić przemywanie zbiornika, polegające na okresowym przywróceniu ciekowi siły unoszenia na całej długości zbiornika, a tym samym zapewnione będzie uzyskanie następujących korzyści:

- okresowa wymiana wody z fragmentów przestrzeni zastojowych zbiornika;
- usunięcie rumowiska osadzonego na dnie zbiornika wzdłuż osi cieków, wzdłuż strefy występowania prędkości wody przekraczających prędkości krytyczne osadzonego materiału;
- w wyniku stosowania okresowego przemywania zbiornika możliwe będzie:
 - wydłużenie okresu żywotności zbiornika;
 - utrzymanie przepustowości cieków w strefie cofkowej i zmniejszenie wpływu intensywności procesów sedymentacyjnych na poziomy zwierciadła wody występujące podczas trwania wezbrań;
 - zmniejszenie ilości substancji toksycznych zatrzymywanych w zbiorniku wraz z rumowiskiem;
 - ułatwienie przepływu śryżu i kry lodowej przez strefę cofkową zbiornika.

Przepustowość spustu dennego powinna być dostosowana do przepływu korytotworzącego, który należy przyjmować jako równy przepływowi w okresie powtarzalności $T=2$ lata ($Q_{50\%}$). Spiętrzenie wody przy tym przepływie powinno zapewniać wystąpienie wymaganej siły unoszenia rumowiska. Przepustowość przelewu powierzchniowego powinna zapewniać bezpieczne przejście przepływu wody kontrolnej (Q_k , $Q_k \geq 1,5 Q_{1\%}$ [8, 9]).

3. Podstawowe obliczeniowe schematy użytkowania budowli piętrzących

Każda budowla piętrząca powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby spełnione były podane poniżej warunki. Należy zapewnić:

- możliwość bezpiecznego piętrzenia wody;
- możliwość pełnego sterowania poziomami górnej wody w wyniku odpowiedniego manipulowania zamknięciami urządzeń przelewowo-upustowych;
- odpowiednio niskie zaprojektowanie progu – części przelewowej (w jazach na rzekach nizinnych) lub spustu dennego (w przypadku zbiorników), a to w celu umożliwienia

przepływu wód wezbranych przy zredukowanej do minimum wartości spiętrzenia ($\Delta h = H_{WG} - H_{WD}$) oraz całkowitego opróżnienia zbiornika;

- takie zaprojektowanie rzędnych korony (zapory czołowej oraz zapór bocznych), aby nie doszło do przelania się wody przez koronę w warunkach krytycznych (np. przejście fali, ekstremalne falowanie, zatory śryżowo-lodowe).

W części hydrotechniczno-konstrukcyjnej projektu każdego stopnia wodnego należy uwzględnić dwa podstawowe przypadki użytkowania (pracy) stopnia:

- przypadek A – eksploatacyjny,
- przypadek B – remontowy.

W **przypadku A** należy uwzględnić w projekcie następujące sytuacje, które mogą wystąpić podczas użytkowania stopnia przy zachowaniu lub ograniczeniu rzędnej piętrzenia wody na stopniu.

Przypadek A.1. Eksploatacyjny normalny – polega na utrzymaniu ustalonej rzędnej normalnego piętrzenia z możliwością jej regulowania w określonych granicach ($H_{NPP} \pm \Delta H_{NPP}$). Stan ten ma charakter długotrwały i występuje głównie w okresie pozapowodziowym (rys. 1a).

Przypadek A.2. Eksploatacyjny wyjątkowy polegający na przepuszczaniu wielkich wód (miarodajnych i kontrolnych) z nadpiętrzeniem uznanym za dopuszczalne ($H_{NPP} \pm \Delta H_M$; $H_{NPP} \pm \Delta H_K$). Stan ten ma charakter krótkotrwały i może być wymuszony w okresie występowania maksymalnych wezbrań powodziowych (rys. 1a).

Przypadek A.3. (letni). Eksploatacyjny wyjątkowy polegający na przepuszczaniu wód wezbraniowych (w okresach letnich lub zimowych bez zjawisk lodowych), o wielkości przepływów zbliżonych do przepływów korytotworzących przy obniżonym poziomie NPP, co zapewnia wymuszone warunki przepływu wody przez górną strefę zbiornika „w reżimie” cieków tj. z zachowaniem niwelety zwierciadła wody swobodnie płynącej, jak w stanie przed zabudową (rys. 1b). Stan ten ma charakter wymuszony i krótkotrwały i może mieć miejsce w okresie występowania przepływu o okresie powtarzalności równym lub zbliżonym do $T=2$ lata, tj. $p=50\%$ (woda brzegowa). Celem stworzenia takiej sytuacji użytkowania stopnia jest usunięcie zgromadzonego rumowiska w górnym odcinku cofki i przemieszczenie go w kierunku dolnej części zbiornika powyżej stopnia i skierowanie do dolnego stanowiska. Skutkiem dodatkowym będzie poprawienie warunków sanitarnych zbiornika.

Przypadek A.3. (zimowy). Przypadek wyjątkowy polegający na przepuszczaniu wód wezbraniowych w sposób podany w przypadku A.3, lecz w okresach występowania zjawisk lodowych (dopływ śryżu, powstanie zatoru śryżowo-lodowego) [10].

Przypadek A.3 powinien być dostosowany do intensywności procesów sedymentacji w strefie cofkowej zbiornika (np. co roku lub co dwa lata). W literaturze jest duża liczba przykładów stosowania powyższych zasad projektowania i eksploatacji stopni wodnych zlokalizowanych zarówno na rzekach nizinnych, jak i górskich.

W **przypadku B** należy uwzględnić w projekcie wszystkie sytuacje, które mogą wystąpić w czasie przeprowadzania remontu budowli zlokalizowanych w osi stopnia, jak również w czaszy zbiornika.

Opisane powyżej przypadki pracy stopnia (zbiornika) powinny być opisane w instrukcji eksploatacyjnej z podaniem szczegółowych instrukcji dla obsługi.

4. Identyfikacja ryzyk środowiskowych

W środowisku, w którym żyjemy, jesteśmy narażeni na szereg ryzyk [11–13], z których jako najgroźniejsze należy wymienić:

- ryzyko wystąpienia powodzi (obowiązują 4 klasy ważności budowli sklasyfikowane wg prawdopodobieństwa pojawienia się przepływów wody (opadów) – ryzyko powodzi opadowych – ENVIRONMENTAL (CLIMATOLOGICAL) RAINFALL FLOOD RISK);
- ryzyko wystąpienia reżimu geomorfologicznego polegającego na zmianie morfologii powierzchni zwilżonej koryta rzeki. Zmiana kształtu obwodu zwilżonego powoduje zmianę kształtu powierzchni przekroju poprzecznego koryta, z czym wiąże się wzrost napełnienia koryta rzeki w pod czas występowania wysokich stanów wody (FLOOD RISK DUE TO GEOMORHOLOGICAL FLOW REGIME);
- ryzyko wystąpienia powodzi zatorowych w okresach występowania procesów lodowych (ICE HANGING DAMS FLOOD RISK);
- ryzyko wystąpienia reżimu biologicznego, tj. wpływu porostu roślin i drzew w międzywalu (BIOLOGIC or ECOLOGIC REGIME RISK);
- ryzyko pogorszenia się jakości wody w rzece oraz np. spiętrzona w zbiorniku, która z powodu błędnych rozwiązań konstrukcyjnych staje się nieprzydatna do spożycia, gdyż utraciła wymagane parametry jakości (WATER QUALITY DETERIORATION RISK);
- ryzyko powstania reakcji beztlenowych: reżim chemiczny (CHEMICAL RISK);
- ryzyko występowania zmian temperatury powietrza. Niskie temperatury mogą spowodować występowanie niebezpiecznych zjawisk lodowych jak: zatory lodowe – (reżim lodowy). Zbyt wysokie temperatury są szkodliwe dla ryb (reżim termiczny) (THERMAL RISK).

5. Środowiskowe klasy budowli piętrzących wodę

Biorąc pod uwagę istniejącą dotychczas wyraźną lukę w przepisach, którym powinny odpowiadać budowle inżynierskie związane z gospodarką wodną, jak również doceniając ważność ochrony środowiska przed działalnością inwestycyjną w zakresie budowy i użytkowania obiektów budowlanych mogących szkodliwie oddziaływać na środowisko – proponuje się ustalić wymienione dalej środowiskowe klasy budowli piętrzących wodę. Klasy te mogłyby stanowić wytyczne do zmiany przepisów, którym muszą odpowiadać budowle piętrzące wodę.

Klasa S1. Budowle piętrzące na rzece płynącej w reżimie stabilnym. Bilans rumowiska zerowy ($v=v_{kr}$) (STABLE or APARENTLY UNSTABLE REGIME). Warunki hydrauliczne stałe, kształtujące się zgodnie z przewidywanym w projekcie brakiem wpływu reżimu geomorfologicznego. Zagrożenia wynikające z dużej wartości wolnej siły unoszenia nie występują. Klasie tej powinny odpowiadać np. kanały nawodniające tereny rolnicze prowadzące rumowisko.

Klasa S2. Budowle piętrzące o konstrukcji umożliwiającej sterowanie przepływami i poziomami wody górnej w taki sposób, aby można było utrzymywać wzdłuż cofki zarówno reżim stabilny (bilans rumowiska zerowy, $v=v_{kr}$), jak również niestabilny (typu sedymentacyjnego lub erozyjnego) – wg ustalonego harmonogramu dostosowywanego do aktualnych potrzeb. Warunki hydrauliczne utrzymywane są zgodnie z założeniami ustalonymi w projekcie. Zagrożenia wynikające ze zbyt dużej wartości wolnej siły unoszenia mogą być eliminowane przez stosowanie różnych poziomów piętrzenia w celu redukcji prędkości dennych do wartości bezpiecznych.

Aby powyższe wymagania były możliwe do spełnienia, budowle piętrzące muszą mieć konstrukcję urządzeń przelewowo-upustowych, przystosowanych do sterowania przepływami i poziomami piętrzenia w całym przedziale przepływów wody. Takie warunki użytkowania budowli piętrzącej mają na celu utrzymanie pełnej kontroli ruchu rumowiska na długości cofki w rzece tj. zapewnienie ciągłości transportu rumowiska.

Budowle klasy S2 w normalnych warunkach piętrzenia wody na wymaganym poziomie powodować będą kształtowanie się form dennych na obwodzie zwilżonym w strefie końcowej cofki w postaci delty. Konstrukcja budowli piętrzącej powinna umożliwiać okresowe obniżanie poziomu piętrzenia wody i powodować wystąpienie reżimu przepływów o trendzie erozyjnym niestabilnym, lecz sterowanym, przy prędkościach dennych zbliżonych do prędkości krytycznych, ze względu na mobilność uziarnienia gruntów zalegających na obwodzie zwilżonym ($v>v_{kr}$).

Osady zgromadzone w zbiorniku przystopniowym mogą być w tak wymuszonych warunkach przepływu poruszone i wypłukane do dolnego stanowiska budowli piętrzącej. Sterowanie okresowe reżimem przepływów zapewnia kontrolowany transport rumowiska.

Zaletą budowli klasy S2 jest ich przedłużony okres użytkowania, gdyż możliwa jest stała kontrola gromadzonego rumowiska w stanowisku górnym.

Podsumowując, budowle piętrzące klasy S2:

- muszą umożliwić przepuszczanie wody przy obniżonym piętrzeniu podczas powodzi, aby zwiększać prędkość wody w celu odprowadzania doptywającego rumowiska,
- muszą zapewniać korzystne warunki dla utrzymywania drożności korytarza ekologicznego wzdłuż rzeki dla migracji ryb i innych przedstawicieli fauny rzecznej.

Klasa S3. Do klasy S3 należą budowle piętrzące zlokalizowane na rzece płynącej w stanie naturalnym w reżimie niestabilnym o zmiennej sile unoszenia i piętrzeniu normalnym podczas użytkowania wywołującym w górnym stanowisku reżim przepływów typu sedymentacyjnego.

Budowle piętrzące klasy S3:

- nie muszą mieć konstrukcji umożliwiającej wymuszanie warunków hydraulicznych w czaszy zbiornika gwarantujących wymywanie osadów,
- zagrożenia wynikające z małej wartości siły unoszenia występującej podczas normalnego piętrzenia w reżimie sedymentacyjnym są akceptowane, nie muszą być eliminowane przez obniżanie piętrzenia w celu wymuszania w okresach powodziowych reżimu typu erozyjnego. Powyższe warunki użytkowania budowli piętrzącej mają na celu zredukowanie erozji dennej i bocznej na odcinku znajdującym się pod wpływem spiętrzenia wody.

Budowle piętrzące klasy S3 to również budowle:

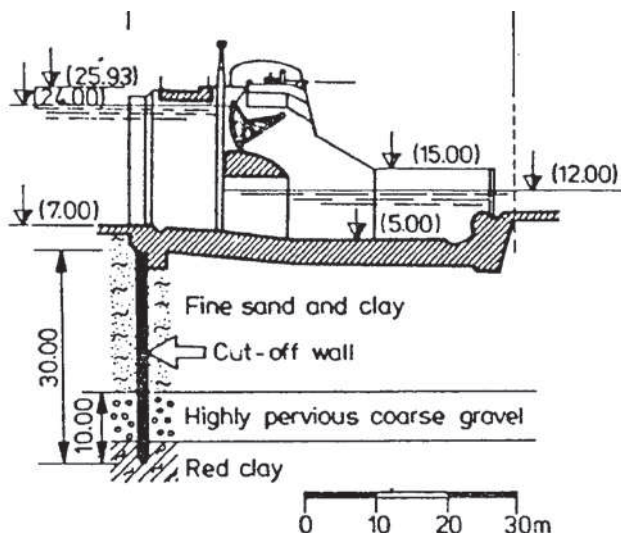
- istniejące, które powinny zapewniać sterowanie przepływami i poziomami wody w celu usuwania osadów, lecz warunku tego nie spełniają (np. jaz z wysokim progiem lub spustem dennym o niedostatecznej przepustowości) oraz budowle
- projektowane, które nie wymagają przywracania prędkości dennych do wartości zbliżonych do prędkości krytycznych i większych w celu usuwania osadów. Dopuszczalne jest gromadzenie osadów (agradacja, całkowite zamulenie pojemności zbiornika), np. zapory przeciwrumowiskowe.

W przypadku stwierdzenia występowania na istniejących budowlach piętrzących zbiorników odpowiadających właściwościom klasy S3, należy rozważyć celowość ich przebudowy w celu wyeliminowania niekorzystnych problemów przez odpowiednią modernizację budowli przelewowo-upustowych. Cechą dodatnią budowli klasy S3 jest zmniejszenie wolnej siły unoszenia i skuteczność w redukcji procesów erozji. Zbiorniki klasy S3 powodują występowanie niekorzystnych warunków biologicznych i chemicznych, a więc stwarzają możliwość pogarszania się jakości wody (WATER QUALITY DETERIORATION).

6. Zalecane scenariusze przepuszczania wód powodziowych przez stopnie wodne

Stosowanie okresowego przemywania zbiornika stworzonego powyżej budowli piętrzącej to dobra praktyka, dzięki której można wyeliminować szereg trudności występujących podczas użytkowania obiektów hydrotechnicznych piętrzących wodę, względnie ograniczyć ich wpływ do dopuszczalnego i akceptowanego poziomu.

Podczas utrzymywania normalnego piętrzenia występuje



Rys. 2. Przykład rozwiązania konstrukcji części przelewowej zapory (jazu) spełniającej wymagania budowli piętrzącej klasy S2. Stopień wodny Montta w Finlandii

spowolniona prędkość wody, skutkująca zredukowaniem wolnej siły unoszenia i zmianą charakteru transportu rumowiska. Wymuszenie przez regulowanie przepływu zamknięciami na tym odcinku rzeki prędkości wody większych od prędkości krytycznych pozwala na osiągnięcie prawie zerowego bilansu ruchu rumowiska oraz zredukowanie wolnej siły unoszenia do wartości bezpiecznych z punktu widzenia trwałości brzegów i dna koryta rzeki. Wykorzystanie energii części wolnej siły poruszającej do przemywania zbiornika pozwala na obniżenie kosztów ewentualnego bagrowania (w celu usunięcia osadów) oraz przedłuża okres wykorzystywania pojemności zbiornika. Poprawie ulega jakość wody oraz złagodzone zostają negatywne wpływy procesów lodowo-śrutowych w okresach zimowych.

Rozwiązanie powyższych problemów polega na obniżaniu na okres powodzi poziomów piętrzenia, celem wymuszenia wzdłuż zbiornika większych dennych prędkości przepływów (v_b) przekraczających wartość oporu osadów, którą reprezentuje prędkość krytyczna ($v_b > v_{kr}$).

7. Optymalna konstrukcja jazu umożliwiająca regulację reżimu przepływów w zbiorniku na rzece skanalizowanej

W celu umożliwienia przepuszczania wody przez obszar cofki zbiornika stworzonego powyżej stopnia wodnego na rzece skanalizowanej przy obniżonym poziomie piętrzenia, konstrukcja jazu piętrzącego wodę musi być dostosowana do takiej funkcji. Przykład rozwiązania koncepcji budowli tego typu podano na rysunku 2.

Próg jazu w części przelewowej w tym przypadku jest ograniczony jedynie do części podtrzymującej zamknięcie górne (segment), pozostawiając część przelewu pod progiem dla przepływu wód w okresie występowania wezbrań powodziowych. Dolna część podprogowa przelewu jest zamykana zasuwą płaską pionową.

Zamknięcie segmentowe służy w tym przypadku do regulacji przepływu wody w okresie utrzymywania normalnego piętrzenia, natomiast zasuwa płaska umożliwia obniżenie piętrzenia na stopniu, co stwarza możliwość wymuszania prędkości wody w zbiorniku zapewniających ciągłość ruchu rumowiska. Pozwala również na znoszenie (redukcję) działającej destrukcyjnie wolnej sily unoszenia rzeki. Konstrukcja jazu zapewnia utrzymywanie pełnej kontroli nad przepływającym rumowiskiem, zarówno unoszonym jak i wleczonym.

8. Podsumowanie

Podana wyżej klasyfikacja budowli piętrzących pod względem oceny ekologicznej powinna (po wdrożeniu nowych zasad projektowania budowli piętrzących) zostać zakwalifikowana do powszechnego stosowania jako przykład dobrej praktyki, zarówno w Polsce jak i innych krajach posiadających rzeki podatne na erozję. Powyższa klasyfikacja budowli piętrzących powinna być uwzględniona:

- w nowych zmienionych przepisach, którym powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne, w oparciu o wnioski wypływające z teorii reżimu geomorfologicznego,
- w nowych wersjach Eurokodów EC3 oraz EC7, w oparciu o wnioski wypływające z teorii reżimu geomorfologicznego i zaleceń Międzynarodowego Stowarzyszenia Mechaniki Gruntów i Fundamentowania (ISSMSE), oraz
- w normie EN 1997-1: 2002 – w formie Aneksu pt. „Annex K: Method for recognition the water levels instability in erosive river channels”.

Do rozpatrywanych obecnie wymagań normowych stateczności i wytrzymałości typu STR (structure=budowla) oraz typu GEO (geology= subsoil= warunek nośności podłoża gruntowego), należy dodać co najmniej **cztery** dodatkowe istotne wymagania dla zapewnienia budowlom hydrotechnicznym bezpiecznej eksploatacji:

- warunek typu MORFO „H”, określający wpływ niestabilności ekstremalnych stanów wody spowodowanej ruchem rumowiska,
- drugi warunek typu MORFO „Q” – wpływ niestabilności ekstremalnych przepływów wody spowodowanej ruchem rumowiska,
- trzeci warunek typu BIO „H” – wpływ niestabilności ekstremalnych stanów wody oraz
- czwarty warunek BIO „Q” – wpływ niestabilności ekstremalnych przepływów wody spowodowanych tolerowaniem porostu (wegetacji) w międzywalu i w korycie rzeki.

Sprostowanie

W numerze 1/2018 przed wystaniem do druku materiałów wkładł się „czeski błąd” – została wstawiona ta sama bibliografia na stronach 35 i 53. Poniżej zamieszczamy właściwą bibliografię do artykułu „O belkach stalowych niewrażliwych na zwichrzenie” autorstwa dr. inż. Krzysztofa Kuchty i dr inż. Izabeli Tylek z Politechniki Krakowskiej. Autorów i Czytelników serdecznie przepraszamy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Boissonnade N., Greiner R., Jaspard J.P., Lindner J., Rules for Member Stability in EN 1993-1-1. Background documentation and design guidelines, ECCS Technical Committee 8 – Stability, Brussels 2006
- [2] Březina V., Stateczność prętów konstrukcji metalowych, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1966
- [3] Rondal J., Würker K.-G., Dutta D., Wardenier J., Yeomans N., Structural Stability of Hollow Sections, Comité International pour le

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alam S., A critical evaluation of sedimentation management design practice. International Journal on Hydropower & Dams, 8(1), 2001, str. 54–59
- [2] Krumdick A., & Chamot P., Sediment flushing at the Santo Domingo reservoir. Electrowatt Engineering Services Limited, 1979, str. 25–30
- [3] Lane E. W., Importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proceedings (American Society of Civil Engineers), 1955, tom 81, str. 745
- [4] Naprawa S., Erosion and sedimentation aspects of the Tigris River Channel and other branches located within the Mesopotamian Plain, Journal of Water Resources, tom 5, nr 1, 1986 (Iraq). (Program: poz.63). Referat wygłoszony na międzynarodowym sympozjum dotyczącym erozji i sedymentacji w krajach arabskich w Bagdadzie 15–19 lutego 1986
- [5] Naprawa S., Prognozowanie przebiegu erozji koryt rzecznych poniżej budowli piętrzących. Materiały I Krajowej Konferencji Naukowej – Bezpieczeństwo i Trwałość Budowli Wodnych, Wrocław-Rydzyna, 1993, str. 93–100
- [6] Naprawa S., Skutki powodzi 1997 na odcinku Górnej Wisły; Materiały Forum Naukowo-Technicznego w Ustroniu k. Wisły 10–12 września 1997, Powódź 1997, tom 2, str. 265–278
- [7] Naprawa S., Procesy erozji i sedymentacji w korycie rzeki Tygrys i w innych ciekach wodnych na obszarze Niziny Mezopotamskiej, Gospodarka Wodna 9/2001, str. 388–391
- [8] Naprawa S., Ocena naturalnego reżimu przepływów w rzece Odrze i wpływ zbiornika Racibórz na morfologię koryta poniżej zapory, Hydroprojekt, Warszawa, Rozpoznawane 2002 r.
- [9] Naprawa S., Niektóre problemy związane z powodzią w 2010 roku na odcinku dolnym górnej Wisły (km 138–2870), Materiały Forum Naukowo-Technicznego Powódź 2010, Warszawa, 28–29 czerwca 2010, str. 146–156
- [10] Naprawa S., Wybrane ważne problemy związane z bezpiecznym projektowaniem i użytkowaniem budowli piętrzących wodę w warunkach zimowych na ciekach z okresowym ruchem rumowiska; Referat na II Warsztaty Lodowe Problemy Rzecz, Dobiegniewo, 3–4 lutego, materiały konferencyjne, 2011, str. 25–28
- [11] Naprawa S., Wybrane ważne problemy związane z bezpiecznym projektowaniem i użytkowaniem budowli piętrzących wodę, Gospodarka Wodna 1/2012, str. 29–38
- [12] Naprawa S., Rozpoznawanie wpływu zmiennych parametrów przepływów w rozmywalnych korytach rzek na projektowanie budowli hydrotechnicznych, Krynica 2017 r., 17–19.09.2017 r., ACTA Scientiarum Polonorum, Architectura nr 16 (3)2017, str. 89–96
- [13] Naprawa S., Recognition of flow regimes in erosive river channels, TKZ2017: Budowle piętrzące – eksploatacja i monitoring, Zawoja 19–22.09.2017 r., IMiGW, Warszawa, str. 373–385
- [14] Raudkivi A. J., Loose boundary hydraulics, II wydanie, Pergamon Press, 1976, rozdziały 8 i 10, str. 235–261, 282–306
- [15] Sharp M., Wallis M., Deniaud F., Hersch-Burdick R., Tourment R., Matheu E. & Smith P., The International Levee Handbook. CIRIA, London, 2013, str. 497–498
- [16] Zhang L., Peng M., Chang D. & Xu Y., Dam Failure Mechanisms and Risk Assessment. John Wiley & Sons, Singapore, 2016, str. 144–146

Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire, 1st Edition, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1992

- [4] Rondal J., Würker K.-G., Dutta D., Wardenier J., Yeomans N., Structural Stability of Hollow Sections, Comité International pour le Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire, 1st Edition reprinted with corrections, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1996
- [5] Trahair N. S., Flexural-Torsional Buckling of Structures, E & FN Spon, London, 1993
- [6] PN-B-03200:1990. Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [7] PN-EN 1990:2004. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- [8] PN-EN 1993-1-1:2006. Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [9] PN-EN 1993-2:2010. Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 2: Mosty stalowe