



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt: KLIMAT

„Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo”

*(zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej
i planowania gospodarczego)*

Numer Zadania: 8

**Tytuł Zadania: *Przeciwdziałanie degradacji polskich zbiorników
retencyjnych***

Okres sprawozdawczy: *styczeń 2011 – grudzień 2011*

Typ raportu: *raport roczny syntetyczny*

Koordynator Zadania: *mgr inż. Edmund Sieński*

**Warszawa
2011**

SPIS TREŚCI

	str.
1. Wstęp.	3
2. Cel badań.	3
3. Zakres prac.	4
4. Przyjęta metodyka badań i osiągnięte wyniki.	5
5. Publikacje.	20
6. Literatura.	21
7. Wykaz wykonawców.	21

1. WSTĘP

Zgodnie z pierwotnym harmonogramem realizacyjnym zadania 8 Projektu „Klimat” w 2011 roku miały być wykonywane: w I i II kwartale – etap VI „Określenie sposobów eksploatacji osadów dennych oraz ich gospodarczego wykorzystania” oraz w III i IV kwartale – etap VII „Analiza i podsumowanie osiągniętych wyników”. Ponieważ powstały sprzyjające okoliczności a także potrzeba przyspieszenia prac w całym Projekcie to prace w w.w. etapach rozpoczęto odpowiednio: w etapie VI – we wrześniu a w etapie VII w listopadzie 2010 roku. Natomiast etap VIII tego zadania rozpoczęto w listopadzie 2011 roku.

2. CEL BADAŃ

Głównymi celami zadania 8 niezmiennie pozostały:

- aktualizacja możliwości retencyjnych polskich zbiorników zaporowych,
- ustalenie sposobów odzyskiwania utraconej pojemności zbiorników oraz możliwości technicznych i ekonomicznych zagospodarowania osadów w nich akumulowanych,
- opracowanie zasad i programu systematycznej kontroli batymetrycznej zbiorników.

Cele poszczególnych etapów, zakończonych w 2011 r., przedstawiono poniżej.

Etap VI

- Określenie lokalizacji osadów, dla których istnieje możliwość uruchomienia ich eksploatacji.
- Określenie sposobów eksploatacji osadów zakumulowanych w zbiornikach retencyjnych i możliwości ich wykorzystania gospodarczego.
- Analiza efektów ekonomicznych eksploatacji osadów zakumulowanych w zbiornikach retencyjnych.

Etap VII

- Analiza i podsumowanie osiągniętych wyników w etapach I ÷ VI a w szczególności:
 - ustalenie wskaźników intensywności zamulania zbiorników oraz denudacji zlewni z podziałem na zbiorniki karpackie, sudeckie i nizinne,
 - ocena zagrożenia środowiska osadami zakumulowanymi w zbiornikach oraz możliwości ich wykorzystania gospodarczego.

3. ZAKRES PRAC

Zakres wykonanych w 2011 roku prac w zadaniu 8 z ich podziałem na etapy, w sposób syntetyczny przedstawiono poniżej.

W etapie VI

- Obliczono wskaźniki intensywności zamulania w postaci rocznego procentu utraty pojemności poszczególnych zbiorników i na jego podstawie ustalono warunek brzegowy zasadności eksploatacji osadów ze względu na konieczność utrzymywania pojemności zbiornika.
- Określono skalę aktualnej eksploatacji osadów w Polsce jak też przedstawiono stosowany sprzęt oraz technologię wydobywania zakumulowanego w zbiornikach materiału i oceniono te działania w stosunku do praktyki światowej.
- W oparciu o aktualne zasady kosztorysowania określono koszty eksploatacji osadów w zależności od stosowanych technologii. Sporządzając wyceny opierano się na technologiach stosowanych przy wydobyciach rzędu 500 tys. m³ rocznie, tj. głównie dla pozyskiwania kruszywa budowlanego.
- Dokonano ekonomicznej oceny zasadności eksploatacji osadów porównując koszty ich wydobywania z kosztem uzyskania 1 m³ objętości w przypadku budowy nowych zbiorników wodnych.

W etapie VII i w rozpoczętym etapie VIII

- Na podstawie wykonanych w latach 2009 ÷ 2011 pomiarów batymetrycznych oraz nowo pozyskanych danych archiwalnych zweryfikowano i uaktualniono karty zbiorników: Brody Hżeckie, Chańcza Klimkówka, Tresna, Lubachów, Koronowo, Goczałkowice, Porąbka, Przeczyce i Wisła Czarne.
- Obliczono wskaźniki rocznej denudacji zlewni zbiorników dla których w latach 2009 ÷ 2011 wykonano pomiary batymetryczne oraz określono intensywność przebiegu zjawiska zamulania tych zbiorników.
- Oceniono aktualne możliwości retencyjne, rozpatrywanych w zadaniu 8, 51 zbiorników zaporowych. Obliczenia przeprowadzono w trzech grupach z różną – możliwą do uzyskania, dokładnością.
- Podsumowano wyniki uzyskane w trakcie realizacji etapów od II do VI.
- Opracowano wstępną wersję wieloletniego harmonogramu kontroli pojemności zbiorników.

- Sformułowano założenia do instrukcji wykonywania i opracowywania wyników pomiarów kontrolnych zbiorników.
- Rozpoczęto prace nad ustaleniem relacji między procesem sedymentacji a scenariuszami zmian klimatu.

4. PRZYJĘTA METODYKA BADAŃ I OSIĄGNIĘTE WYNIKI

Podczas prac wykonywanych w etapie VI za podstawową wielkość charakteryzującą procesy sedymentacyjne zachodzące w zbiornikach retencyjnych przyjęto wskaźnik intensywności zamulania zdefiniowany jako roczny procent utraty jego pojemności. Wielkość tego wskaźnika podano dla poszczególnych zbiorników w tabelach, które są zmodyfikowanymi i uaktualnionymi zestawieniami zawartymi w Raporcie merytorycznym z etapu I zadania 8. Zawierają one dane dotyczące trzech rodzajów zbiorników pogrupowanych w zależności od stopnia wiarygodności posiadanych o nich informacji. Pierwsza z nich zawiera dane dotyczące zbiorników posiadających krzywe pojemności sporządzone na podstawie wykonanych w latach 2008 ÷ 2011 pomiarów batymetrycznych. Druga grupuje zbiorniki na których wykonano takie pomiary w latach poprzednich, a trzecia zbiorniki nigdy nie poddane badaniom pojemności. Konsekwencją takiego podziału jest też oczywiście różny stopień dokładności a więc i wiarygodności podanych i obliczonych tam wielkości.

Na podstawie wskaźnika intensywności zamulania ustalono warunek brzegowy zasadności eksploatacji osadów ze względu na konieczność utrzymywania określonej pojemności zbiornika. Z punktu widzenia celowości odmulania zbiorników wodnych wyłącznie dla przedłużenia ich żywotności należy stwierdzić, że nie powinno się odmulać zbiorników o małych średniorocznych ubytkach pojemności początkowej rzędu 0,01 ÷ 0,1%. W zbiornikach takich miąższości osadzonego materiału są niewielkie, rzędu od kilkudziesięciu centymetrów do 1 ÷ 2 metrów. Zabiegi odmulające są z reguły kosztowne a efekt przy cienkiej warstwie osadów jest niepewny technicznie. Z powyższego wynika, że celowe jest podjęcie stałych zabiegów usuwania i zagospodarowania osadów, dla zbiorników których średnioroczne tempo utraty pojemności początkowej przekracza 0,2%. Dotyczy to głównie 17 zbiorników, w tym 9 karpackich, 4 sudeckich i 4 nizinnych. Celowym jest podjęcie takich działań:

- w dorzeczu Wisły dla zbiorników: Myczkowce, Rożnów, Porąbka, Czchów, Dobczyce, Łąka, Besko, Brody Iłżeckie, Nielisz, Sromowce Wyżne, Wisła Czarne,

- w dorzeczu Odry dla zbiorników: Mietków, Złotniki, Zemborzyce i Topola,
- w zlewni morza Bałtyckiego dla zbiornika Strzegomino,
- w zlewni Zalewu Wiślanego dla zbiornika Pierzchały.

Sugerowane ogólne kryteria podjęcia stałych czynności odmulania zbiorników wodnych ze względu na odzyskiwanie traconych objętości pierwotnych nie wykluczają konieczności stałych takich działań dla innych zbiorników. Dotyczy to przypadków zagrożenia sprawności pracy zamknięć lub upustów dennych budowli przepustowych nawet mimo niewielkich ilości namułów bądź ich lokalizacji sprawiającej problemy techniczne i dodatkowe koszty w stosunku do typowych technologii wydobycia.

Przy odmulaniu zbiorników wodnych należy uwzględnić czynniki procesu sedymentacji, które mają dla każdego ze zbiorników różny indywidualny wpływ na intensywność i rozkład przestrzenny osadzonego rumowiska. Do czynników tych obok wskaźników denudacji należą m.in. geometria zbiornika (długość, szerokość, głębokość), hydrauliczne warunki przepływu osadów w obrębie zbiornika oraz położenie urządzeń upustowych a zwłaszcza upustów dennych. W zależności od ilości i jakości osadów i namułów powstaje w obrębie czaszy zbiornika warstwa o różnej miąższości, zawierająca osady o różnej charakterystyce ziarnowej, o różnych cechach reologicznych i o odmiennej erozyjności. Wszystkie te uwarunkowania decydują w konsekwencji o stosowanej technologii usuwania osadów. Należy też uwzględnić rodzaj eksploatacji i funkcje zbiornika (zbiornik retencyjny, energetyczny, służący do zaopatrzenia w wodę itd.). Np. wykorzystywanie zbiornika dla magazynowania wody pitnej praktycznie uniemożliwia opróżnienie zbiornika, a prowadzenie prac odmulających przy zachowaniu piętrzenia przyczynia się do pogorszenia jakości wody.

Przy przyjętym podziale regionalnym analizowanych zbiorników na zbiorniki karpackie, sudeckie i nizinne, złożoność i zróżnicowanie warunków odmulania dla każdego z w.w. typów zbiorników jest znaczna. Wiąże się to m.in. z odmiennymi kształtami zbiorników i tym samym z innymi warunkami sedymentacji. Wyróżnić tu można dodatkowo:

- zbiorniki korytowe, o małych szerokościach i dużych długościach oraz o dużych spadkach dna (np. karpacki zbiornik Besko),
- zbiorniki rozległe, o dużych szerokościach i małych spadkach dna (np. zbiornik nizinny Jeziorsko).

Osady i namuły można usuwać ze zbiorników wodnych w Polsce następującymi metodami:

- za pomocą wymywania strumieniem wody przez upusty denne, względnie przez specjalne, dodatkowe urządzenia służące do usuwania namulów przynoszonych w rejon zapory przez prądy gęstościowe,
- za pomocą pogłębiania z użyciem:
 - a) sprzętu lądowego, po częściowym lub całkowitym spuszczeniu wody ze zbiornika,
 - b) pogłębiarek pływających (refulerów), pogłębiarek wieloczerpakowych, koparek jednoczerpakowych zainstalowanych na barkach lub pontonach.

Z uwagi na fakt, że warstwy osadów odkładanych w zbiornikach (z reguły w strefie martwej i w strefie użytkowej) są relatywnie małe i nie przekraczają z reguły wielkości 10 ÷ 30 cm rocznie usuwanie osadów metodą wymywania (flushing) jest technicznie możliwe i ekonomicznie opłacalne jedynie co kilka – kilkanaście lat. W tym czasie następuje jednak istotna konsolidacja namulów. Tworzy się materiał spoisty lub częściowo spoisty, który staje się odporny na erozję. W dorzeczu Wisły metoda ta dotychczas była stosowana sporadycznie i nieefektywnie. Płukanie zbiornika w Porąbce w październiku 1965 r. spowodowało spadek zamulenia z 12.1% do 11.8%. Na większych zbiornikach, przy dużym piętrzeniu i z sezonową regulacją przepływów dobre efekty można uzyskać przepuszczając falę wezbraniową w okresie przyboru przez denne otwory upustowe przy możliwości ograniczenia do 75 ÷ 80% normalnego piętrzenia. Celowość i efekty płukania dużych zbiorników muszą być ustalane indywidualnie. Największa efektywność płukania występuje w początkowym okresie po otwarciu urządzeń upustowych. Uzyskiwany gradient hydrauliczny w wyniku opadającego poziomu wody w zbiorniku powoduje koncentrację strumienia wody w czaszy zbiornika i rozmywanie osadów dennych w zbiorniku i w pobliżu urządzeń upustowych. W miarę powiększania rozmiarów żłobionego koryta prędkości przepływu maleją i intensywność rozmycia spada. Korzystne technicznie i ekonomicznie wyniki płukania można uzyskać zwłaszcza na podgórskich i górskich zbiornikach typu korytowego. Dobrym przykładem może być zbiornik Besko o znacznej głębokości wody przy upustach. Osad ze strefy martwej jest w tym zbiorniku w znacznej części wymywany podczas dużych fal powodziowych. Z uwagi na brak okresowych pomiarów batymetrycznych trudno o nawet szacunkowe określenie ilości namulów usuwanych z wybranych zbiorników przy użyciu tej metody.

W niektórych przypadkach korzystnym sposobem usuwania osadów dennych jest częściowe lub całkowite opróżnienie zbiornika z wody i wykonanie prac ziemnych na

„sucho”. Częściowe opróżnienie jest korzystne zwłaszcza dla dużych zbiorników charakteryzujących się gospodarką wodną opartą na dużej rezerwie powodziowej, która zapewnia możliwość odsłonięcia górnej części zbiornika spod wody i usunięcia osadów piaszczystych technologią na sucho. Zbiorniki zasilające Odrę swobodnie płynącą (Turawa, Nysa, Otmuchów) są często okresowo opróżniane, nawet w części użytkowej. Jednak prace prowadzone z ładu mogą objąć niewielki obszar, najczęściej płytkie części cofkowe obiektów. Dlatego też prace pogłębiarskie powinny być tak planowane, aby prowadzić je w okresie zimowym po wcześniejszym osuszeniu i zmrożeniu osadów. Pozwala to na wjazd i przemieszczanie się ciężkiego sprzętu budowlanego (spychacze, koparki, ładowarki, ciężarówki).

Technologia pogłębiania zbiorników przy użyciu pogłębiarek pływających (refulerów) jest metodą powszechnie uznaną i docenianą. Refulery pompowo – rurowe pracujące w oparciu o gradient ciśnienia wytwarzany przez pompę nadają się jednak głównie do zasysania osadów świeżo osadzonych, nie zagęszczonych. Stąd też najczęściej stosuje się pogłębianie zbiorników przy użyciu tej technologii na obszarach cofki i wlotów dopływów do zbiornika. Podstawową wadą tej technologii jest mała efektywność wobec gruntów odznaczających się spoistością oraz znaczne zmaczenie wody zbiornikowej w rejonie prac pogłębiarek. Inną metodą usuwania osadów zbiornikowych spod wody jest zastosowanie mechanicznego sposobu odspajania namulów, tj. wprowadzenie różnego rodzaju koparek zainstalowanych na barkach bądź pontonach.

Odrębnym zagadnieniem jest pogłębianie zbiorników, gdy ich celem jest głównie uzyskanie kruszywa budowlanego (piasek i żwir). Pobór kruszywa budowlanego z czaszy zbiornika na większą skalę ma, bądź miał miejsce na zbiornikach Nysa, Topola, Mietków, Kozielno (pobór kruszywa zakończono w 2003 r.). Pobór kruszywa ma z reguły charakter komercyjny co umożliwia miarodajną ocenę ilościową wydobywanego osadu ze zbiorników objętych tym rodzajem działalności.

Zbiornik Nysa

Na terenie zbiornika działa Opolska Kopalnia Surowców Mineralnych. Wydobycie urobku odbywa się na prawym brzegu zbiornika na wysokości miejscowości Bukówka. Ilość wydobytego żwiru wynosiła od ca 400 tys. m³ do ca 800 tys m³ rocznie. W okresie 1972 ÷ 2008 wydobyto ze zbiornika ok. 20 mln m³. Nadkład znad złoża żwiru wydobywany jest za pomocą sprzętu lądowego (koparkami i spychaczami), głównie w okresie zimowym, przy niskich temperaturach i piętrzeniu w zbiorniku obniżonym do poziomu minimalnego.

Aktualnie rocznie wydobywa się ok. 1 100 000 ton materiału z czego 900 000 ton to gotowy produkt (kruszywo naturalne do betonów). Nadkład pozostaje w czaszy zbiornika w formie docelowych zwałowisk, z których formowane są na bieżąco wyspy o znaczeniu proekologicznym z przeznaczeniem dla ptactwa wodnego i na tarliska dla ryb. Wydobycie żwiru odbywa się za pomocą pogłębiarki wielonaczyniowej. Z analizy gospodarki wodnej na zbiorniku Nysa w latach 1972 ÷ 1999 i eksploatacji górniczej (wydobywanie żwiru przed budową tego zbiornika i w czasie jego istnienia 1972 ÷ 2008) wynika, że eksploatacja górnicza może znacznie deformować gospodarkę wodną, a w szczególności proces sedymentacji i erozji namulów.



Fot. 1. Zbiornik Nysa. Taśmociągi w części składowania urobku (fot. M. Sieński)

Zbiornik Topola

Przed powstaniem zbiornika tj. przed 2003 r. na obszarze objętym aktualną czaszą zbiornika miało miejsce zorganizowane wydobycie kruszywa. Początkowo i bezpośrednio po wykonaniu zbiornika, kruszywo było eksploatowane w prawej części jego cofki w ilości ok. 350 ÷ 400 tys. m³ rocznie. Przy budowie zbiornika pozostałości nadkładu złoża kruszywa zostały wykorzystane przez RZGW Wrocław do budowy zapór bocznych. Aktualnie kruszywo jest eksploatowane przez firmę Eurovia Kruszywa S.A. Wydobycie odbywa się koparką wieloczepkową przy lewym brzegu zbiornika. Wydobycie kruszywa w 2011 r. wynosiło około 400 tys. m³.



Fot. 2. Zbiornik Topola. Miejsce przeładunku kruszywa (fot. M. Sieinski)



Fot. 3. Zbiornik Topola. Taśmociąg transportowy biegnący po lewej zaporze bocznej (fot. M. Sieinski)

Zbiornik Mietków

Wydobycie ma miejsce w części cofkowej i środkowej na obszarze 460 ha co stanowi około 45% całej powierzchni zbiornika. Odbywa się ono koparką wieloczerpakową o wydajności 400 ton na godzinę a następnie urobek ładowany jest na barki i transportowany do portu przeładunkowego skąd dalszy transport odbywa się poprzez taśmociągi do sortowni. Rocznie wydobywa się około 1 000 000 ton. Nadkład, którego grubość osiąga 1,5 m wbudowywany jest w czasie zbiornika tworząc wyspy dla ptactwa. Wydobyty materiał po sortowaniu wykorzystywany jest jako kruszywo naturalne do betonów. Działalność kopalni nie tylko zapobiega zamuleniu zbiornika ale też dodatkowo zwiększa jego pojemność.



Fot. 4. Widok sortowni kruszywa wydobywanego ze zbiornika Mietków (fot. M. Sieński)

Ocenia się, że aktualne wydobycie osadów zbiornikowych dla potrzeb uzyskania kruszywa budowlanego w rozpatrywanych zbiornikach wynosi ok. $2 \div 2,5$ mln m³/rocznie. Na podstawie analizy procesu wydobywania osadów wodnych w Polsce, głównie na potrzeby uzyskania kruszywa budowlanego, można stwierdzić, że zarówno stosowany sprzęt jak również technologie wydobywania nie odbiegają od standardów światowych.

Wydobywane osady zbiornikowe posiadają zanieczyszczenia o różnym charakterze jakościowym i ilościowym. Powoduje to w konsekwencji istotne ograniczenia w ich wykorzystaniu. Przydatności inżynierska materiałów gliniastych zalegających w czasach

szerokich dolin zbiornikowych jest oceniana negatywnie. Materiały te zawierają bowiem bardzo dużą zawartość części organicznych oraz związków mineralnych. Powierzchniowe ławice piasku zlokalizowane w tylnych częściach cofki po przemyciu mogą być wykorzystywane do celów budowlanych. Stosowanie ich należy jednak ograniczyć do budowli inżynierskich nie wymagających wysokich parametrów jakościowych. W największym zakresie mogą być wykorzystywane żwiry i otoczaki zalegające tylne obszary i klin cofki zbiorników. Po ewentualnym przemyciu i przesortowaniu mogą być używane m.in. na nasypy drogowe oraz jako składnik betonów budowlanych. Przy użyciu ich do betonów hydrotechnicznych wskazane jest przeprowadzenie badań kontrolnych cech mechanicznych i fizycznych.

Wydobywane osady zbiornikowe w większości, z uwagi na zawartość związków toksycznych, nie mogą być bezpośrednio wykorzystywane do upraw rolniczych związanych z żywnością. Aktualnie istnieje szereg metod unieszkodliwiania osadów zawierających takie związki, ale stosowanie niektórych z nich jest wątpliwe ekonomicznie i podejmowane one są tylko w przypadkach niezbędnych, przy braku możliwości innych rozwiązań.

Osady zbiornikowe posiadające zanieczyszczenia nie przekraczające określonych stężeń i norm oraz osady w których ponadnormatywne zanieczyszczenia zostały unieszkodliwione mogą być z powodzeniem zastosowane m.in. do:

- rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolnicze,
- dostosowania gruntów do potrzeb wynikających z planów przestrzennego zagospodarowania,
- do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu oraz roślin nieprzeznaczonych do produkcji żywności i pasz.

Należy jednocześnie podkreślić, że wykorzystywanie do upraw roślinnych osadów zbiornikowych uzyskiwanych w wyniku przeprowadzanych w znacznych odstępach czasu prac odmulających oraz niewielkie ich ilości do zagospodarowania, ogranicza to wykorzystanie do małych obszarów i społeczności lokalnych. Wydaje się, że w praktyce rolnicze wykorzystania osadów zbiornikowych ze strefy martwej jak też użytkowej nie jest ekonomicznie opłacalne. Z uwagi na małą zawartość substancji organicznych (rzędu kilku procent) wykorzystanie ich do użyźniania nieużytków rolnych jest bardzo ograniczone.

Osady denne mogą być stosowane do budowy różnego rodzaju składowisk bądź wraz z nasionami roślin (głównie traw) na budowę ich skarp. Wprowadzone na powierzchnię narażone na erozję a w szczególności na skarpy składowisk odpadów o właściwościach

pylących mogą sprzyjać odtworzeniu środowiska przyrodniczego. Innym rozwiązaniem jest wykorzystywanie urobku do niwelacji lokalnych zagłębień i wyrównywania terenu oraz pod obszary zieleni. Przykładem wykorzystywania osadów do budowy i umocnienia nabrzeża są prace eksploatacyjne na zbiorniku Rożnów. W cofkowej części tego zbiornika trwają roboty polegające na wypełnieniu specjalnie przygotowanych kwater z półpłynnymi osadami dennymi pobieranymi i transportowanymi z czaszy zbiornika przy pomocy pływających pogłębiarek ssąco-refulujących. Ubezpieczenia kwater od strony odwodnej wykonywane są z konstrukcji siatkowo – kamiennych. W efekcie, z dotychczasowych terenów bagiennych odzyskano już znaczne obszary w postaci nowego nabrzeża wykorzystywane dla realizacji inwestycji rekreacyjno-turystycznych. Ponadto po przez likwidację płycizn uzyskano poprawę hydraulicznych warunków przejścia fal powodziowych w cofce zbiornika rożnowskiego, a także ukształtowanie i ubezpieczenie nowej linii brzegowej.

Ciekawe rozwiązanie zastosowano na Jeziorze Zegrzyńskim utworzonym przez stopień wodny Dębe. W czasie eksploatacji tego obiektu stwierdzono dosyć intensywne niszczenie brzegów zbiornika w wyniku procesów abrazyjnych. Aby temu przeciwdziałać podjęto prace przy użyciu pogłębiarek ssąco-refulujących usypując z osadów zbiornikowych na odcinkach zagrożonych abrazją łagodne piaszczyste plaże. Rozwiązanie to zdało egzamin praktyczny.

Koszty wydobywania osadów ze zbiorników wodnych zależą od rodzaju stosowanej technologii dla określonego rodzaju i głębokości zalegania osadów, odległości i rodzaju przyjętego transportu, możliwości ewentualnej sprzedaży osadów (np. w przypadku kruszywa), która zmniejsza koszty itp. Obliczanie kosztów wydobycia 1 m³ osadu spod wody („na mokro”) wykonano bazując na technologiach stosowanych na wyrobiskach zbiornikowych w Polsce o największych wydajnościach (około 500 tys. m³/rok), tj. na zbiornikach Mietków i Nysa. Pozwala to na ocenę kosztów wydobycia przy stosowaniu optymalnej technologii i minimalizację kosztów pośrednich, które są niewspółmiernie wyższe dla wydobycia 1 m³ osadu przy małych ilościach wydobycia. Wyceny wykonano dla poziomu cen 2011 r. w oparciu o aktualne zasady kosztorysowania na podstawie KNR 2-4 przy pomocy programu NORMA PRO dla:

- wydobywania osadu pogłębiarkami wieloczerpakowymi refulującymi, transportem barką z załadunkiem przy pomocy przenośnika taśmowego, wyładunkiem koparką, transporcie lądowym do sortowni na odległość 0,5 km taśmociągiem, sortowaniem i przerzutem oraz upryzmowaniem,

- wydobywania osadu pogłębiarkami wieloczerpakowymi refulującymi, transportem lądowym do sortowni na odległość 0,5 km przy pomocy przenośnika taśmowego, sortowaniem i przrzutem oraz upryzmowaniem,
- wydobywania osadu pogłębiarkami wieloczerpakowymi refulującymi, transportem wodnym barką z załadunkiem przy pomocy przenośnika taśmowego i wyładunkiem koparką transportem lądowym do sortowni na odległość 0,5 km samochodem samowyładowczym, sortowaniem i przrzutem oraz upryzmowaniem.

Koszty wydobywania 1 m³ osadu w zależności od przyjętej technologii wynoszą odpowiednio 147,99 zł; 86,44 zł oraz 199,69 zł wraz z VAT. Z w.w. wyliczeń dla najczęściej stosowanych technologii wydobywania osadu „na mokro” wynika średni koszt wydobywania 1 m³ w wysokości ok. 145 zł z VAT.

W trakcie prac wykonywanych w etapie VI dokonano też ekonomicznej oceny zasadności wydobywania osadów porównując koszt takich działań z kosztem uzyskania 1 m³ objętości w przypadku budowy nowego zbiornika. Zbiorniki takie oprócz magazynowania wody spełniają różne dodatkowe funkcje np. energetyczne, przeciwpowodziowe, rekreacyjne, hodowlane (gospodarka rybna) itp. W związku z tym koszty ich realizacji obejmują nie tylko koszty wykonania samego zbiornika z różnego rodzaju obiektami piętrzącymi wodę i urządzeniami z nimi związanymi lecz również inwestycji towarzyszących jak np. obiekty komunikacyjne, sieci energetyczne, ujęcia, oczyszczalnie ścieków. Stąd też celem szacunkowego określenia kosztów uzyskania 1 m³ pojemności wody w zbiornikach nowobudowanych lub projektowanych, wstępnie wytypowano szereg różnego rodzaju zbiorników z przyjętej w zadaniu 8 lokalizacji regionalnej. Dla tych zbiorników podjęto próbę sprowadzenia kosztów ich realizacji do poziomu cen porównywalnych. Dla potrzeb opracowania ograniczono się do zestawienia porównawczego kosztów zbiorników zrealizowanych w określonych regionach tylko w ostatnich latach. Wartości sprowadzono do roku wykonania ostatniego z wybudowanych zbiorników tj. do roku 2007, w którym oddano do użytku zbiornik Wióry. Aktualizację wartości dla pozostałych zbiorników przeprowadzono w oparciu o dostępne wskaźniki ogólnej inflacji. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Zestawienie porównawcze kosztów uzyskania 1 m³ pojemności w zbiornikach wodnych

Tabela 1.

Lp.	Lokalizacja	Zbiornik	Pojemność max. mln m ³	Rok rozpoczęcia eksploatacji	Koszt realizacji inwestycji	Współczynnik korygujący	Aktualny koszt zbiornika mln zł.	Koszt 1 m ³ zmagazynowanej wody (zł.)
1.	karpacki	Czorsztyn – Sromowce	239.51	1997	439.6	1.525	670,4	2.80
2.	sudecki	Topola	26.5	2003	200.0	1.11	222.0	8.38
3.	sudecki	Kozielno	16.4	2003	175.0	1.11	194.25	11.84
4.	nizinny	Wióry	35.0	2007	279.0	1.0	279.0	7.97
Łącznie			317.41				1.365.65	4.30

Koszt 1 m³ pojemności zbiorników o porównywalnym przeznaczeniu zależą głównie od całkowitej pojemności zbiornika, w mniejszym zaś stopniu od innych parametrów (np. kształtu, rodzaju budowli piętrzącej itp.). Zatem dla dużych zbiorników wodnych koszt uzyskania 1 m³ pojemności jest odpowiednio mniejszy niż dla zbiorników średniej i małej pojemności. Sprowadzając szacunkowy średni koszt uzyskania 1 m³ pojemności zbiornika wodnego do poziomu 2011 roku wg przyjętej zasady waloryzacji wskaźnikami inflacji można określić ten koszt na ok. 4,70 zł. Jednocześnie należy stwierdzić, że perspektywy budowy zbiorników wodnych o dużej pojemności w Polsce typu Solina, Czorsztyn z uwagi na możliwości ich lokalizacji są znacznie ograniczone. Tak więc należy się spodziewać budowy zbiorników o małej i średniej pojemności tj. rzędu od kilkunastu do kilkudziesięciu mln m³. Stąd też koszt uzyskania 1 m³ pojemności może być nawet kilkakrotnie wyższy tj. rzędu 10 ÷ 20 zł. Porównanie kosztów uzyskania 1 m³ nowych pojemności zbiornikowych z kosztem wydobywania ze zbiornika 1 m³ osadu przy stosowaniu różnych technologii wydobywania zdecydowanie wypada jednak na rzecz budowy nowych zbiorników, gdyż nawet przy najtańszej technologii wydobywania jest on wielokrotnie niższy.

W projekcie Klimat wykonano w jego 8 zadaniu pomiary batymetryczne – w 2009 r. zbiornika Brody Iłżeckie a w 2010 r. zbiorników: Tresna, Lubachów i Koronowo. Ponadto w efekcie zawartych innych umów w r. 2010 wykonano także pomiary zbiorników: Goczałkowice, Porąbka, Przeczyce i Wisła Czarne a w 2011 r. zbiorników Chańcza i Klimkówka. W sposób istotny zwiększyło to wiarygodność informacji o rozpatrywanym zbiorze zbiorników retencyjnych. Spowodowało to konieczność uaktualnienia kart informacyjnych tych obiektów jak i wspomnianą już wcześniej modyfikację tabel odpowiadających trzem poniżej przedstawionym przypadkom.

Przypadek I – pojemności 17 zbiorników ustalono na podstawie aktualnych pomiarów – wyniki te są w pełni wiarygodne. Łączna wyjściowa pojemność tych zbiorników wynosiła 1005,96 mln m³ a średni czas ich eksploatacji to 35,9 lat. Zbiorniki te straciły 37,76 mln m³ czyli 3,75% pojemności początkowej.

Przypadek II – pojemności 11 zbiorników obliczono na podstawie ostatniego pomiaru i wykonanej prognozy – wyniki można uważać za bardzo prawdopodobne. Łączna wyjściowa pojemność tych zbiorników wynosiła 1 113,77 mln m³ a średni czas ich eksploatacji to 67 lat. Zbiorniki te straciły 113,81 mln m³ czyli 10,22% pojemności początkowej.

Przypadek III – pojemność 21 zbiorników obliczono na podstawie wskaźników denudacji powierzchniowej zlewni – wyniki te można uważać za przypuszczalne. Łączna wyjściowa pojemność tych zbiorników wynosiła 562,60 mln m³ a średni czas ich eksploatacji to 40,9 lat.

Zbiorniki te straciły:

- wg obliczeń opartych o wskaźnik denudacji odpływowej (Atlas Hydrologiczny) 7,96 mln m³ czyli 1,41% pojemności początkowej,
- wg obliczeń opartych o wskaźnik intensywności denudacji (Reniger i Dębski) 25,92 mln m³ czyli 4,61% pojemności początkowej.

Dwa zbiorniki tj. Mietków i Nysa zwiększyły pojemność na skutek poboru kruszywa ze 182,80 mln m³ do 200,42 mln m³.

Przyjmując średnie wartości dla zbiorników rozpatrywanych w przypadku III stwierdzono, że w rozpatrywanych w zadaniu 8 zbiornikach o średnim czasie eksploatacji 44,9 lat i wyjściowej pojemności 2682,33 mln m³ odłożyło się 168,51 mln m³ rumowiska tj. 6,3% ich objętości. Daje to średnio roczną utratę pojemności wynoszącą 3,745 mln m³ a więc wielkość bardzo istotną dla gospodarki wodnej kraju.

W etapie VII przewidywane było także podsumowanie wcześniej wykonanych innych prac. Przedstawiono je syntetycznie poniżej. W etapie II jak już wcześniej wspomniano wykonano na zbiorniku Brody Hżeckie pomiar batymetryczny połączony z testowaniem sonaru oraz pomiary batymetryczne zbiorników: Koronowo, Tresna i Lubachów. Efektem tych działań było m.in. opracowanie planów batymetrycznych i numerycznych czasz tych zbiorników oraz tabel i krzywych ich pojemności i powierzchni zalewu. Pobrano z tych zbiorników próbki osadów i poddano je analizie granulometrycznej. Uzyskane wyniki posłużyły do zaktualizowania parametrów zmierzonych zbiorników i wskaźników tempa ich zamulania oraz denudacji zlewni. Są one także wykorzystywane przy prowadzeniu bieżącej gospodarki wodnej na tych zbiornikach. W etapie III przedstawiono wyniki badań dynamiki procesu zamulania oraz rozkładu osadów i ich struktury w wybranych zbiornikach oparte na materiałach z okresu ponad 50 lat ich eksploatacji. Omówiono podstawowe problemy badawcze związane z metodyką pomiarową i obliczeniową oraz dokładnością, czynnikami decydującymi o wiarygodności wyników. Praktyczne wykorzystanie wyników badań pozwoli na podjęcie środków przeciwdziałania utracie pojemności oraz ujemnym skutkom niekorzystnego rozkładu osadów w profilu podłużnym zbiornika. W sytuacji występowania trudności ze znalezieniem nowych lokalizacji dla budowy zbiorników, oporami miejscowych

społeczności przed ich budową, szczególnego znaczenia nabierają działania mające na celu zmniejszenie intensyfikacji zamulania zbiorników lub odzyskiwania ich już utraconych pojemności. Problematyce tej był poświęcony etap IV. Zmniejszeniu się objętości zbiorników w czasie ich eksploatacji można przeciwdziałać poprzez:

- zabiegi nietechniczne w zlewni (zalesienia, uprawy, bariery roślinne itp.) oraz techniczne (korekcja progowa, zapory przeciwrumowiskowe itp.),
- budowę kanałów i sztolni umożliwiających przepuszczenie rumowiska z ominięciem zbiornika,
- przepuszczenie rumowiska poprzez zbiornik z wykorzystaniem prądów gęstościowych oraz płukanie zbiornika,
- budowę kaskad zbiorników,
- usuwanie hydrauliczne lub mechaniczne rumowiska już osadzonego w zbiorniku.

Omówiono uwarunkowania tych metod oraz szereg rozwiązań zastosowanych w różnych krajach w celu ograniczenia zamulania zbiorników. Naświetlono sytuację w tym zakresie panującą w Polsce. Przytoczono kilka przykładów działań kompensujących utratę pojemności retencyjnej zbiornika.

Jakość osadów dennych zbiorników wodnych kształtowana jest przez uwarunkowania środowiskowe panujące w ich zlewniach. Analizę warunków naturalnych i wpływów antropogenicznych w zlewniach oraz badania chemiczne i biologiczne osadów dennych wykonano w etapie V dla 16 zbiorników retencyjnych usytuowanych na rzekach sudeckich, karpackich i nizinnych. Analiza chemiczna osadów dennych została wykonana w zakresie wskaźników: materia organiczna, odczyn pH, metale główne i ciężkie, związki organiczne: WWA, PCB, pestycydy chloro organiczne. Na podstawie uzyskanych wyników badań wykonano ocenę zanieczyszczenia osadów dennych według: - kryteriów przyjętych dla urobku; - standardów gleb lub ziemi; - klasyfikacji geochemicznej. Wyniki oceny posłużyły do określenia możliwości zagospodarowania w środowisku przyrodniczym osadów dennych badanych zbiorników retencyjnych.

Z przedstawionych w Raportach z etapów I, II i III rozważań wynika jednoznacznie, że najbardziej wiarygodnym sposobem monitorowania zmian objętości zbiorników retencyjnych jest okresowe wykonywanie pomiarów batymetrycznych ich czasz. Mimo, że w ostatnich latach nastąpiła znaczna poprawa w podejmowaniu takich działań, to w dalszym ciągu występują tu znaczne zaległości. Ilustracją takiego stwierdzenia jest to, że

z rozpatrywanych w 8 zadaniu 51 zbiorników aż 20 tj. prawie 40% nigdy nie miało wykonanych pomiarów batymetrycznych a na kilku zbiornikach, podczas ich eksploatacji wykonano tylko jeden taki pomiar. Wcale nie sporadyczne są też przypadki, że od wykonania ostatniego pomiaru upłynęło kilkadziesiąt lat (maksymalnie nawet 75 lat). Biorąc powyższe fakty pod uwagę przystąpiono do opracowania wieloletniego harmonogramu kontroli pojemności zbiorników retencyjnych poprzez pomiary batymetryczne. Przy opracowywaniu jego wstępnej wersji kierowano się następującymi kryteriami:

- aktualnością krzywej pojemności zbiornika,
- dynamiką procesu zamulania zbiornika,
- wskaźnikiem denudacji powierzchniowej zlewni.

Uznano za najbardziej pilne wykonanie pomiarów batymetrycznych zbiorników, które:

1. nie miały nigdy wykonanego takiego pomiaru, przy czym za dodatkowe kryteria przyjęto tu:
 - czas eksploatacji zbiornika,
 - położenie zbiornika na obszarze zlewni o wysokim współczynniku jego denudacji powierzchniowej; za szczególnie pilne do wyjaśnienia uznano te przypadki, gdzie obliczone teoretycznie przez różnych autorów współczynniki znacznie się od siebie różniły,
2. upłynął znaczny czas od wykonania ostatniego pomiaru,
3. są intensywnie zamulane.

W ostatnim z wymienionych przypadków przyjęto zasadę, że zbiorniki, które średnio rocznie tracą ze swojej pojemności:

- ponad 500 tys. m³ powinny być kontrolowane co 5 lat,
- od 100 do 500 tys. m³ powinny być kontrolowane co 10 lat,
- mniej niż 100 tys. m³ powinny być kontrolowane co 15 lat.

Dodatkowym parametrem brany pod uwagę w tym przypadku była też wyjściowa pojemność zbiornika.

Starając się pogodzić powyższe kryteria oraz uwzględniając szacunkowo określone środki, które mogłyby być przeznaczone rocznie na taką działalność, jak też możliwości przerobowe potencjalnych wykonawców, sporządzono wstępną wersję harmonogramu

kontroli pojemności zbiorników. Z ostatnią kwestią tj. potencjalnymi wykonawcami wiąże się kwestia wiarygodności wykonywanych przez nich pomiarów. Muszą one być wykonywane sprzętem spełniającym określone wymagania z zachowaniem odpowiedniej metodyki zarówno prac terenowych jak i kameralnych. Przystąpiono więc też do opracowania szczegółowych zasad realizacji pomiarów batymetrycznych, uwzględniających takie elementy jak:

- wymagany sprzęt pomiarowy, urządzenia współpracujące i oprogramowanie,
- metodykę wykonywania prac pomiarowych jak i kameralnych,
- wymagane dokładności pomiarów jak i ich opracowań,
- zawartość operatu pomiarowego.

5. PUBLIKACJE

W 2011 r. w zadaniu 8 opracowano następujące materiały promocyjne i publikacje:

- Plakat przedstawiający wyniki etapu II.
- Prezentacje i referaty na Konferencję informacyjno-promocyjną projektu „Klimat”. IMGW PIB Warszawa, październik 2011 r.,
 - Sieński E. „Przeciwdziałanie degradacji polskich zbiorników zaporowych”.
 - Kloze J., Mroziński J. „Intensywność zamulania polskich zbiorników retencyjnych”.
 - Taboryska B, Jacewicz A., Dmitruk U., Tomczuk U. „Antropogeniczne zanieczyszczenia osadów dennych zbiorników retencyjnych w Polsce”.
- Na konferencje międzynarodowe i krajowe:
 - Kosik A., Kloze J., Wita A. Sedimentation of Polish reservoirs – characteristics and significance of phenomenon and procedures of its control, Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79 Annual Meeting of ICOLD, Lucerne, Switzerland, June 1, 2011, CRC Press, Taylor & Francis Group, London, str. 339-344, il. 6, bibl. 5.
 - Jancewicz A., Taboryska N., Dmitruk U., Tomczuk U., Nałęcz-Jawecki G. Ekotoksyczność osadów dennych wybranych zbiorników retencyjnych w Polsce. Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 2011. ISBN 978-83-61102-53-3. str 323-330 il.2, bibl. 13.

- Leszczyński W. Zastosowanie sonaru do badań batymetrycznych. Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 2011. ISBN 978-83-61102-53-3 str. 208-214, il.8, bibl. 6.
- Tomczuk U., Taboryska B., Dmitruk U., Jancewicz A. Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów dennych sudeckich zbiorników retencyjnych. Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 2011. ISBN 978-83-61102-53-3 str. 373-380, il. 4, tabel 1, bibl. 6.

6. LITERATURA

1. Biuletyn 115 ICOLD – „Dealing with reservoir sedimentation”. Paryż 1999 r.
2. Dymkowski A., Lewandowski R. „Rekultywacja wybranych stref brzegowych i częściowe odmulenie zbiorników Rożnów i Czchów”. Gospodarka Wodna Nr 10/2001.
3. Kloze J. i inni: „Raport merytoryczny z prac wykonanych w etapie I zadania 8 p.t. Przeciwdziałanie degradacji polskich zbiorników retencyjnych” projektu KLIMAT – Wpływ Klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo. Warszawa, luty 2010 r.
4. Leszczyński W. i inni: „Raport merytoryczny z prac wykonanych w etapie II zadania 8” tematu j.w. Warszawa, luty 2010 r.
5. Mroziński J. i inni: „Raport merytoryczny z prac wykonanych w etapie III zadania 8” tematu j.w. Warszawa, luty 2010 r.
6. Kosik A. i inni: „Raport merytoryczny z prac wykonanych w etapie IV zadania 8” tematu j.w. Warszawa, sierpień 2010 r.
7. Taboryska B. i inni: „Raport merytoryczny z prac wykonanych w etapie V, zadania 8” tematu j.w. Warszawa, styczeń 2011 r.
8. XXIII Kongres ICOLD. Referaty dot. Q-89 “Management of siltation In existing and new reservoir”. Brazylia, maj 2009 r.
9. Leszczyński W., Mroziński J. i inni: “Zbiornik wodny Chańcza. Aktualizacje krzywej pojemności i badania zamulenia”. Warszawa, listopad 2011 r.
10. Leszczyński W., Mroziński J. i inni: “Zbiornik wodny Klimkówka. Aktualizacja krzywej pojemności i badania zamulania”. Warszawa, listopad 2011 r.
11. Parzonka W. Sprawozdanie z opracowania tematu p.t. „Analiza możliwości gospodarczego wykorzystania osadów z uwzględnieniem opłacalności takich działań”. Etap II. Wrocław, listopad 2010 r.
12. Ratomski J. – „Sedymentacja rumowiska w zbiornikach przeciwrumowiskowych na obszarze Karpat fliszowych”. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki. Monografia 123. Kraków 1991 r.

7. WYKAZ WYKONAWCÓW

- | | | |
|-------------|---------------------|-----------------------|
| 1. mgr inż. | Edmund Sieński | - koordynator zadania |
| 2. mgr inż. | Władysław Jankowski | - kierownik etapu VI |
| 3. dr inż. | Jerzy Kloze | - kierownik etapu VII |

Wykonawcy badań:

- 4. mgr inż. Sławomir Selerski
- 5. mgr inż. Maciej Sieński
- 6. mgr Iwona Chmielewska
- 7. mgr inż. Wojciech Leszczyński
- 8. mgr inż. Jerzy Mroziński
- 9. mgr inż. Łukasz Chudy

Wykonawcy prac pomocniczych:

- 10. tech. Danuta Dudek
- 11. tech. Kinga Wiewiórka
- 12. tech. Tamara Wilk
- 13. tech. Małgorzata Zarychta