

Wpłynęło 10.04.2013 r.
Zrecenzowano 20.05.2013 r.
Zaakceptowano 27.05.2013 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Nowa technologia usuwania antropogenicznych osadów dennych

Andrzej EYMONTT^{ABCDEF}, Krzysztof WIERZBICKI^{ABCDEF}

Institut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie

Streszczenie

W pracy przedstawiono opis projektu nowej, przyjaznej środowisku technologii usuwania antropogenicznych osadów z dna zbiorników wodnych, rzek, kanałów, rowów melioracyjnych i stawów rybnych. Podczas wydobywania tych osadów będzie następowało znacznie mniejsze ich rozluźnienie, a tym samym uzyska się możliwość większej koncentracji składnika stałego pochodzenia organicznego lub mineralnego, a następnie rozdzielenia ziaren pochodzenia mineralnego większych od 1 mm. Asumptem do podjęcia realizacji omawianego projektu były wieloletnie doświadczenia uzyskane w trakcie badania różnego rodzaju pogłębiarek wydobywających osady antropogeniczne, w tym prowadzonych wspólnie z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu. Urządzeniami wyróżniającymi się dużą innowacyjnością w tym projekcie są:

- pogłębiarka poruszająca się po dnie pod powierzchnią wody, wyposażona w zgarniacz osadów i pompy wyporowe typu Mohno, które umożliwią transport hydromieszanki na znaczne odległości;
- sekwencyjny separator części stałych z hydromieszanki, umożliwiający oddzielenie ziaren pochodzenia mineralnego większych od 1 mm.

Oba te urządzenia są zarejestrowane w Polskim Urzędzie Patentowym. Realizacja projektu umożliwi bardziej racjonalne wykorzystanie wydobytej i odpowiednio rozdzielonej hydromieszanki w znanych liniach technologicznych, służących do produkcji nawozów organicznych lub energii cieplnej bądź elektrycznej. Ponadto wydobycie osadów zapobiegnie zagniwaniu zawartych w nich części organicznych, a tym samym umożliwi rozwój turystyki i rekreacji w miejscach obecnie niedostępnych.

Słowa kluczowe: pogłębiarka, osady denne, reologia, separator, hydrotransport

Wstęp

Przepływowi wody w korytach rzek, potoków i rowów towarzyszy transport produktów erozji dennej, a także powierzchniowej, przyczyniając się do ciągłych zmian morfologicznych koryt cieków oraz powierzchni zlewni. Produkty tej erozji zwane są rumowiskiem i DĄBKOWSKI i in. [1982] dzielą je generalnie na trzy rodzaje, tj. wlezione, unoszone i rozpuszczone. Rumowisko unoszone stanowi dominującą część materiału transportowanego przez rzeki. Jak podają m.in. MIKULSKI [1961], REED i HOFFMAN [1997] oraz ASPELUND i MADSEN [2004], rumowisko unoszone stanowi ponad 90% w stosunku do całości.

PARZONKA [1991] wyróżnił rumowisko unoszone, którego materiał pochodzi z dna cieków i ma z nim kontakt, rumowisko zawieszane, zwane też spławialnym, oraz rumowisko wlezione. Rumowisko zawieszane charakteryzuje się wielkością ziaren mineralnych w granicach 0,5–100 μm , wśród których można wyróżnić frakcje ilaste o wielkości 0,5–10 μm , ilasto-pylaste złożone z ziaren o wielkości od 2 do 50 μm oraz drobnego piasku (50–100 μm).

Rumowisko wlezione stanowią z reguły ziarna grubsze, których średnica d_{50} jest większa od 1,0–1,2 mm [PARZONKA 1991].

Jeśli prędkość dynamiczna wody w danym korycie, np. rzeki, przekracza wartość prędkości opadania poszczególnych ziaren, ziarna te są transportowane. W przypadku odwrotnym opadają, tworząc tzw. osady denne.

O ile ww. zjawiska są dość dobrze opisane w postaci wzorów i różnego rodzaju zależności w odniesieniu do ziaren pochodzenia mineralnego, to w odniesieniu do materii organicznej brak takich charakterystyk. Cząstki tej materii, pochodzące z resztek roślin itp., niewątpliwie stanowią rumowisko unoszone, które po zmianie prędkości również opadają na dno koryt rzek, potoków, rowów, a także zbiorników retencyjnych. Usuwanie ich jest konieczne ze względów środowiskowych (fermentacja i gazy) i technicznych (zmniejszają pojemność retencyjną). Jednocześnie po wydobyciu stanowią cenne źródło nawozów organicznych, a nawet mogą być wykorzystane do celów energetycznych.

Wydobywanie tego rodzaju osadów dennych z przeważającą zawartością materii organicznej stanowi znaczny problem techniczny na etapie ich wydobycia, a także oddzielenia od ziaren pochodzenia mineralnego.

Korzyści, jakie można odnieść, usuwając omawianego rodzaju osady, są wobec powyższego następujące:

- środowiskowe i społeczne – zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, a także zwiększenie rozwoju turystyki i rekreacji;
- gospodarcze, wynikające m.in. z usprawnienia procesu łowienia ryb, dzięki rezygnacji z okresowego wyłączenia stawów z produkcji, w celu udrożnienia rowów;
- energetyczne – wykorzystanie osadów w procesie spalania z innymi paliwami alternatywnymi i uwzględnienie w produkcji biogazu;
- rolnicze – zastąpienie nawozów mineralnych czy organicznych wydobytymi osadami.

Cel i założenia projektu nowej technologii

Celem projektu jest konstrukcja typoszeregu urządzeń umożliwiających w sposób przyjazny środowisku wydobycie osadów z dna zbiorników wodnych, rzek, kanałów, rowów melioracyjnych, stawów rybnych, osadników stosowanych w górnictwie i gospodarce komunalnej oraz stawów infiltracyjnych o dużej koncentracji fazy stałej, transport hydrauliczny na brzeg lub inne miejsce (szalandy, stawy osadowe), a następnie odseparowanie ich od wody i zagospodarowanie w sposób zgodny z wymogami środowiska.

Tak zdefiniowany cel projektu będzie modyfikowany w zależności od miejsca i lokalizacji zdeponowanych osadów dennych (zwanych też namułami), a także sposobu ich zagospodarowania.

Założeniem generalnym projektu jest wydobywanie ww. osadów dennych o możliwie dużej koncentracji składnika stałego, a następnie w miarę potrzeby rozdzielenie go na frakcje pochodzenia mineralnego oraz organicznego. Składnik pochodzenia organicznego będzie w zależności od potrzeb wykorzystywany do produkcji w niżej wymienionych innowacyjnych liniach technologicznych, które aktualnie są w Polsce w początkowym stadium rozwoju. Wydobyte osady po odpowiednim przygotowaniu będą mogły stanowić dobry komponent do:

- przygotowania nawozów płynnych, rozprowadzanych wraz z nasionami w technologii hydroobsiewu lub też z wykorzystaniem polskiej linii technologicznej „FuelCal” [ROGUT 2006];
- produkcji energii cieplnej w polskiej linii technologicznej „K” [KARCZ i in. 2011];
- w technologii wytwarzania biogazu po dodaniu innych komponentów w znanych liniach technologicznych [PODKÓWKA (red.) 2012].

Składnik pochodzenia mineralnego będzie wykorzystany głównie na potrzeby budownictwa wodnego (wały, nasypy, drogi itp.) [MADEYSKI 2003].

Potrzeba wydobywania osadów dennych wynika m.in. z:

- ochrony zbiorników wodnych przed zamulaniem zmniejszającym z upływem czasu ich eksploatacji pojemność użytkową nawet o 80%, a niekiedy też utrudniającym możliwość poboru wody dobrej jakości z powierzchniowych ujęć [GŁOWSKI i in. 2007; KASPEREK i in. 2007; PIECUCH, PLESIEWICZ 1996];
- optymalnej gospodarki w stawach rybnych, ułatwiającej odławianie ryb z łowiska dzięki zapewnieniu drożności rowów w stawach rybnych [MADEYSKI 1998; 2003];
- potrzeby właściwego zarządzania sprawnością cieków [BONDAR-NOWAKOWSKA, HACHOŁ 2010; MALEC, WIERZBICKI 2002; PARZONKA, WIERZBICKI 1965; WIERZBICKI 2004–2005; WIERZBICKI, MICHALUK 2010] ułatwiającego odpływ wód, a także zmniejszającego zagrożenia powodziowe;
- ograniczenia kolmatacji stawów infiltracyjnych;
- optymalizacji retencji w zbiornikach przemysłowych.

Urządzenia do wydobywania uwodnionych osadów dennych były przedmiotem badań (pogłębiarka wieloczerpakowa HABR, PWD-300, jednoczerpakowa PJP-401, pogłębiarki ślimakowe PSP-251, PSP-253, PSP-254, PSP-255), których wyniki zo-

stały opublikowane [MALEC, WIERZBICKI 2002; PARZONKA 1977; PARZONKA, WIERZBICKI 1966; WIERZBICKI 2004; 2005]. Przeprowadzenie ww. badań, a także analiza i ocena dostępnych publikacji doprowadziły do konstatacji, że cel projektu jest realny do osiągnięcia, a założenia jego realizacji są poparte zdobytą wiedzą. Wiedza ta została też pogłębiona podczas badań materiału innego niż osady denne, a mianowicie gnojowicy i osadów ściekowych [BOROWY 2001; WIERZBICKI 1982].

GŁOWSKI i in. [2007] stwierdzili, że powstający na dnie osad podlega kilku fazom sedymentacji i konsolidacji. Jest to proces bardzo złożony, a poznanie jego mechanizmu i parametrów go opisujących jest ważne ze względu na poznanie strukturalnej odporności osadów na procesy erozyjne, a także określenie procesów konsolidacji fazy stałej.

Ta wiedza będzie wykorzystana na potrzeby realizacji niniejszego projektu w celu zmniejszenia niekontrolowanego przemieszczania się osadu w procesie odspajania go od podłoża i zasysania przez pompy oraz separacji na osady o dużej koncentracji części organicznych oraz osady o zwiększonej koncentracji części mineralnych. Do wizualizacji procesu odspajania osadów będą wykorzystane kamery do zdjęć podwodnych.

Reasumując należy stwierdzić, że poszczególne węzły technologiczne tworzące projektowane urządzenie wymagają zbudowania modeli, a także specjalistycznych stanowisk badawczych, umożliwiających przeprowadzenie badań dokumentujących osiągnięcie celu projektu.

Mając na uwadze właściwości ściernie transportowanych i separowanych osadów, celem projektu będzie m.in. opracowanie urządzeń z materiałów o większej odporności na erozję mechaniczną.

Opis potencjału aplikacyjnego wyników projektu

Na podstawie analizy dostępnej literatury krajowej i międzynarodowej (np. PIECUCH [2010]) można stwierdzić, że nie jest znane urządzenie służące do usuwania osadów (namulów) z dna osadników, zbiorników, kanałów czy też rowów melioracyjnych przemieszczające się po dnie, poniżej zwierciadła wody, a jednocześnie wykorzystujące wypór wody do zmniejszenia nacisku na dno lub wynurzające się na powierzchnię wody po opróżnieniu balastu. Do przemieszczania omawianego urządzenia po dnie przewiduje się zastosowanie w pierwszej wersji modelu wciągarki linowej, zaś drugą wersją będzie samobieżna konstrukcja z podwoziem z dwoma obracającymi się cylindrycznymi zbiornikami z napawanymi zwojami ślimaka. Elektryczny lub hydrauliczny napęd osi tych zbiorników, powodujący ich obrót, umożliwi poruszanie się urządzenia po dnie do przodu, do tyłu lub ukośnie. Wysokość napawanego zwoju ślimaka będzie miała zasadnicze znaczenie dla siły uciągu, a także będzie uzależniona od konsystencji osadu.

Nie jest również znana technologia usuwania osadów w ww. warunkach z zastosowaniem zestawu pomp wyporowych, a zwłaszcza wyposażonych w rozdrabniacze części stałych. Uzasadnieniem użycia pomp wyporowych jest wytwarzanie

znacznie wyższych wysokości podnoszenia w porównaniu z możliwą do osiągnięcia z zastosowaniem pomp wirowych jednostopniowych [WIERZBICKI 2006], a jednocześnie zmniejszenie zawirowań przed króćcami ssawnymi. W rezultacie umożliwi to hydrotransport na znacznie większe odległości niż w warunkach obecnie stosowanych rozwiązań.

W dostępnej literaturze światowej i krajowej nie ma także informacji na temat rozwiązań służących do oddzielania części stałych osadów dennych od wody, działających w układzie zestawu separatorów przepływowych z umieszczonymi wewnątrz zbiornikami wykonanymi z siatki o różnym prześwicie oczek, które poddane są drganiom o różnej częstotliwości i amplitudzie stosownie do spełnianej funkcji separacji w zależności od średnicy ziaren. Nie są też znane urządzenia przemieszczające się po dnie i usuwające osady denne, których prędkość przemieszczania zależy od koncentracji części stałych zawartych w cieczy płynącej w rurociągu transportującym te osady do separatora. Dzięki takiemu rozwiązaniu istnieje możliwość regulacji przemieszczania urządzenia w zależności od koncentracji części stałych w wydobywanych osadach do wartości wyższych niż w dotychczas stosowanych pogłębiarkach (czerpakowych czy z pompami wirowymi). Dążenie do większej koncentracji części stałych jest uzasadnione ze względu na możliwość dalszego wykorzystania osadów w jednej z trzech omawianych liniach technologicznych.

Innowacyjność projektowanego urządzenia w skali kraju i świata jest uzasadniona i nie stanowi tylko ulepszenia w zakresie istniejącego stanu techniki. Ponadto realizacja projektu umożliwi uzyskanie nowego produktu o niespotykanych dotychczas cechach i użyteczności.

Nowe rozwiązania konstrukcyjne zostały zgłoszone do Urzędu Patentowego RP w 2010 r. (wzory użytkowe: W.119233 „Odmularka przeciągana liną” oraz W.119232 „Odmularka samojezdna”), natomiast układ zestawu separatorów został zgłoszony w 2012 r.

Celem wskazania grupy docelowej odbiorców przeprowadzono analizę i ocenę potencjalnych nabywców omawianego rodzaju urządzeń do wydobywania osadów. Potrzeby tego typu robót pogłębiarskich są znaczne. Potencjalnymi obiektami są:

- zbiorniki, ciekły, osadniki, stawy osadowe, podziemne i naziemne laguny stosowane w górnictwie, gospodarce komunalnej (wodociągi, kanalizacje); zakres potrzeb będzie przedmiotem planowanego rozpoznania w ramach prac przedprojektowych;
- rowy opaskowe zbiorników wodnych i składowisk odpadów;
- stawy rybne, których ogólna powierzchnia wynosi ponad 60 tys. ha (głównie kompleksy stawów Milicz i Gołusz).

W przypadku niektórych stawów rybnych, w zależności od podłoża, na którym je zbudowano, może być konieczne wykonywanie prac [MADEYSKI 2003] związanych z usuwaniem osadów z rowów, którymi odpływa woda wraz z rybami do tzw. łowiska. Dotychczas w niektórych kompleksach stawów, w celu usunięcia zbędnych osadów wyłącza się staw z eksploatacji na okres roku i po wysuszeniu wprowadza się sprzęt do robót ziemnych [MADEYSKI 2003]. Ta technologia obniża produkcyj-

ność kompleksu. W przypadku zbudowania stawów na gruntach o małej nośności nie może ona być stosowana. Wówczas jednym z racjonalnych rozwiązań będzie zastosowanie urządzeń według omawianego projektu.

Objektami, na których przewiduje się wykorzystanie nowej technologii, są także:

- rowy melioracji szczegółowej oraz rowy melioracji podstawowej o łącznej długości w Polsce równej 280 958 km, kanały o długości 9455 km, rzeki o długości 64 656 km; całkowita długość cieków wynosi 355 096 km, cieków te na ogół pozostają bez należytej konserwacji [NIK 2010];
- retencyjne zbiorniki wodne (205 szt.);
- zbiorniki na sieci kanalizacji deszczowej o powierzchni trudnej do oszacowania, ze względu na potrzebę usuwania osadów;
- wodne elementy (obiekty) architektury krajobrazu zlokalizowane w parkach, lasach itp.

Sporządzając bilans kosztów wydobycia osadów należy, zwrócić uwagę na wyniki podane przez BORSUKA [2011]. Przytaczane są wyniki analiz zalegania osadów dennych z rzeki Wda w obrębie miejscowości Tleń, które przekraczają miąższość 6 m, a do wydobycia w przyszłości pozostaje co najmniej 20 tys. t. Podaną przez BORSUKA [2011] wartość energetyczną osadów pobranych w czterech przekrojach rzeki Wda oraz dla porównania dane dotyczące osadów ściekowych [KARCZ i in. 2011] zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartość energetyczna osadów z Wdy i osadów ściekowych
Table 1. Energy value of the bottom sediments from Wda River and sewage sludges

Wyszczególnienie Specification	Osady z Wdy ¹⁾ Sediments from Wda River ¹⁾	Osady ściekowe ²⁾ Sewage sludge ²⁾
Ciepło spalania [kJ·kg ⁻¹] Heat of combustion [kJ·kg ⁻¹]	16 027–18 753	18 753
Wartość opałowa – stan roboczy [kJ·kg ⁻¹] Calorific value – working status [kJ·kg ⁻¹]	1 027–6 208	16 826
Wartość opałowa [kJ·kg ⁻¹] Calorific value [kJ·kg ⁻¹]	14 526–17 754	–
Wilgotność całkowita [%] Total moisture content [%]	54,94–75,33	26,84 – stan suchy 26,84 – dry status

Uwaga: poszczególne wartości podano w zależności od wilgotności.
 Notice: particular values were given depending on the moisture content.

¹⁾ Wartości wg BORSUKA [2011]. ²⁾ Wartości wg KARCZA i in. [2011].

¹⁾ Values after BORSUK [2011]. ²⁾ Values after KARCZ et al. [2011].

Źródło: opracowania własne na podstawie literatury.
 Source: own elaborations based on literature data.

Wyniki te wskazują na potrzebę usuwania osadów dennych z rzeki Wda ze względu na gospodarkę wodną, a jednocześnie na możliwość ich wykorzystania w energetyce metodą „K” lub w biogazowniach, uzyskując dodatkowe korzyści.

Potrzebę usuwania osadów dennych opisali PIECUCH i PLESIEWICZ [1996] na przykładzie jeziora Jamno. Zakładając pracę jednej bagrownicy o wydajności 415 m³·h⁻¹

i 3000 h pracy w roku, projektowano wydobywać osady o objętości $1\,245\,000\text{ m}^3$ i koszcie jednostkowym 8 zł za m^3 (poziom cen z 1996 r.). Koszt odwodnienia osadu miał wynieść 157 zł za m^3 . Wyżej wymienieni autorzy obliczyli, że z $1\,245\,000\text{ m}^3$ wydobytego osadu tylko $63\,000\text{ m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$ będzie stanowiła sucha masa.

Jeśli wydobywane osady będą drobnoziarniste, o małej zawartości części stałych (organicznych czy też mineralnych), to powstaje problem oddzielenia tych części od wody. Gdy stosuje się metody grawitacyjne, czas opadania piasku o średnicy ziaren $0,1\text{--}2,0\text{ mm}$ wynosi $7\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, natomiast części ilaste (muł) o średnicy $0,01\text{ mm}$ opadają z prędkością $0,2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Dlatego też istniejące technologie są stale doskonalone w kierunku zwiększenia koncentracji części stałych [PIEUCH 2010; WASILIEW i in. 1982]. Uzyskanie większej koncentracji z użyciem pomp wirowych jest trudne i mało efektywne [PARZONKA, WIERZBICKI 1965] m.in. ze względu na fakt, że charakterystyki przepływowe pomp (Q-H) ulegają niekorzystnej deformacji [WIERZBICKI 1981]. Pompy wyporowe o dwuzwojowym satorze dociskany ciśnieniem do jednozwojowego wirnika mogą przetłaczać osady celulozowe o zawartości części stałych od 10 do 30% [BOROWY 2001]. Ponadto pompy te mogą wytwarzać ciśnienie do 1,2 MPa, a ich sprawność osiąga maksimum ok. 38% w warunkach ciśnienia $6\text{--}6,5\text{ MPa}$ przy wydajności $2\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ [WIERZBICKI 2006]. Stosowane dotychczas w pogłębiarkach pompy wirowe mają zazwyczaj znacznie większą wydajność (od 100 do $1000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$), mniejszą wysokość podnoszenia ($0,15\text{--}0,3\text{ MPa}$) i wyższą sprawność (50–60%), lecz pompują ciecz o zawartości części stałych od 8 do 10%. Ciecz o tak małej zawartości części stałych wymaga do ich odseparowania drogich urządzeń (wirówki, zbiorniki z zadawaniem flokulanta itp.). W przypadku stosowania lagun czas odsączania będzie wynosił ok. 6 miesięcy i uzyska się osad o wilgotności od 70 do 80% [PIEUCH, PLESIEWICZ 1996].

W związku z powyższymi rozważaniami w projekcie proponuje się stosowanie kilku pomp wyporowych, a w razie potrzeby zwiększenia wydajności urządzeń wykonania nowych prototypów pomp. Wydobyte osady o większej koncentracji części stałych projektuje się odwodnić w trójdzielnym separatorze przepływowym z cylindrycznymi zbiornikami o różnej perforacji, o zmiennej częstotliwości i amplitudzie drgań. Odwodnione w ten sposób osady będą mogły być użyte do produkcji nawozów lub energii z zastosowaniem co najmniej trzech wymienionych uprzednio technologii. Separator tego typu jest nowością w skali świata, a jego koszt produkcji i eksploatacji będzie nieporównywalnie niższy od np. wirówek. Separator został zgłoszony do Urzędu Patentowego w 2012 r. przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy we współpracy z przedsiębiorstwem INWAP Sp. z o.o.

Uzasadnienie potrzeby opracowania nowej technologii

Opracowanie bardziej wydajnej technologii wydobywania namulów z dna zbiorników retencyjnych i jezior pozwoli rozwiązać wiele problemów w gospodarce wodnej. Za bardziej wydajną technologię należy uważać taką, która pozwala wydobywać namuły o większej konsystencji części stałych pochodzenia organicznego i mineralnego oraz minimalizującą masę sestonu w jednostce objętości ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), a równocześnie pogarszającą widzialność mierzoną krążkiem Secchiego. Ponadto technologia ta powinna umożliwić pozyskanie dodatkowych korzyści wymiernych czy

też niewymiernych z tytułu wykorzystania wydobytych namulów. Takie możliwości stwarza proponowana do wdrożenia technologia.

Jej zastosowanie może mieć miejsce np. w Zalewie Pińczowskim na Nidzie. STRUŻYŃSKI [2007] na podstawie badań stwierdził, że z powodu postępującego zamulenia zbiornik ten, leżący ok. 0,5 km od centrum miasta, może z czasem przestać spełniać obecnie pełnioną funkcję. W związku z tym należy wykonać zabieg oczyszczania dna zbiornika, opracować nowy scenariusz jego eksploatacji, a także wykonać niezbędne prace naprawcze i regulacyjne.

Proponowana technologia umożliwi m.in. pozyskanie z namułu części mineralnych, które mogą być wykorzystane do prac budowlanych przy rekonstrukcji zbiornika, obniżając tym samym koszty dostarczania tego rodzaju materiału.

Podsumowanie

Usprawnienie wydobywania osadów dennych pochodzenia antropogenicznego z dużą zawartością materii organicznej wg nowej technologii, a także oddzielanie większych ziaren osadów pochodzenia mineralnego (>1 mm) umożliwi odniesienie korzyści technicznych i ekonomicznych oraz będzie konkurencyjne w stosunku do technologii obecnie stosowanych w tym zakresie.

Bibliografia

- ASPELUND A., MADSEN S. 2004. Baker river project. Hydrology and Geomorphology of Baker and middle Skaigt River. Cz. 2. Sediment transport and channel response. Final draft report, R2 Resource Consultants. Washington s.130–143.
- BONDAR-NOWAKOWSKA E., HACHOŁ J. 2010. Zarządzanie jakością sprawności cieków. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 1. Kraków. PAN s. 167–205.
- BOROWY A. 2001. Dobór parametrów hydromieszanin w zastosowaniu do obsiewu pochyłych powierzchni. Praca doktorska. Warszawa. IBMER ss. 74.
- BORSUK S. 2011. Naturalny osad denny (NOD) jako potencjalne źródło energii odnawialnej. Bydgoszcz. Centrum Badań i Ochrony Środowiska Człowieka s. 1–18.
- DĄBKOWSKI L., SKIBIŃSKI J., ŻBIKOWSKI A. 1982. Hydrauliczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych. Warszawa. PWRiL. ISBN 8309004079 ss. 533.
- GŁOWSKI R., PARZONKA W., KEMPIŃSKI J., ECKSTÄDT H. 2007. Charakterystyka reologiczna procesu sedymentacji i erozji namulów rzecznych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 4/2. Kraków. PAN s. 47–60.
- ITP 2013. Odmularka przeciągana liną. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej. Opis ochrony wzoru użytkowego PL 66292. Y1. Int. Cl. E02F 3/46; E02F 5/28. Opubl. 31.01.2013 WUP 01/13. Twórcy wzoru: Wierzbicki K., Eymontt A., Stachowicz Z.
- ITP 2013. Odmularka samojezdna. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej. Opis ochrony wzoru użytkowego PL 66291. Y1. Int. Cl. E02F 3/06; E02F 5/28. Opubl. 31.01.2013 WUP 01/13. Twórcy wzoru: Wierzbicki K., Eymontt A., Stachowicz Z.
- KARCZ H., KANTOREK M., KOMOROWSKI W., DZIUGAN P., WIERZBICKI K. 2011. Instalacja do termicznej utylizacji osadów ściekowych metodą „K”. W: Rynek ciepła 2011. Pr. zbior. Red. H. Kaproń. Lublin. KAPRINT s. 145–166.

- KASPEREK R., WIATKOWSKI M., CZAMARA W. 2007. Ocena transportu rumowiska dopływającego do zbiornika Mściwojów. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 4/2. Kraków. PAN s. 69–76.
- MADEYSKI M. 1998. Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka procesu zamulania stawów rybnych. *Zeszyty Naukowe AR Kraków. Seria Rozprawy*. Z. 236. ISSN 1233-4189 ss. 75.
- MADEYSKI M. 2003. Zamulanie stawów rybnych. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*. Nr 3 s. 121–122.
- MALEC R., WIERZBICKI K. 2002. Problem renowacji oraz konserwacji rowów i cieków zaliczanych do sieci melioracji szczegółowych wymagających natychmiastowej interwencji. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*. Nr 4 s.176–178.
- MIKULSKI Z. 1961. Transport zawiesiny mineralnej w rzekach polskich. *Gospodarka Wodna*. Nr 1 s. 461–463.
- NIK 2010. Raport. Informacja o wynikach kontroli utrzymania melioracji wodnych szczegółowych w województwie podlaskim w latach 2007–2009. Białystok. Delegatura NIK ss. 67.
- PARZONKA W. 1991. Erozja, transport i sedymentacja rumowiska w rzekach i zbiornikach. W: *Materiały IX Ogólnopolskiej Szkoły Hydrauliki*. Gdańsk. Instytut Budownictwa Wodnego PAN s. 68–78.
- PARZONKA W. 1977. Hydrauliczne podstawy transportu rurowego mieszanin dwufazowych. *Skrypty AR Wrocław*. Nr 159 ss. 140.
- PARZONKA W., GŁOWSKI R., KREFT A. 2007. Wstępna ocena dynamicznych namulów z jeziora Dąbie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 4/2 s. 149–158.
- PARZONKA W., WIERZBICKI K. 1965. Transport namulów przy robotach melioracyjnych i hydro-technicznych. W: *Mechanizacja robót ziemnych. Materiały V Międzynarodowej Konferencji*. Warszawa. Wydaw. NOT. A-40 ss. 13.
- PIECUCH T. 2010. *Technika wodno-mułowa*. Warszawa. WNT. ISBN 978-83-204-3680-8 ss. 490.
- PIECUCH T., PLESIEWICZ T. 1996. Analiza studialna możliwości rekultywacji jeziora Jamno. Koszalin. Wydaw. Uczeln. PKosz. ISBN 838612377 ss. 194.
- PODKÓWKA W. (red.) 2012. Biogaz rolniczy odnawialne źródło energii. Pr. zbior. Warszawa. PWRiL. ISBN 978-83-09-01089-0 ss. 254.
- REED L.A., HOFFMAN S.A. 1997. Sediment deposition in Lake Aldred and Conwingo Reservoir. Pennsylvania and Maryland 1910–1993. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report ss. 96.
- ROGUT S. 2006. Przetwarzanie gnojowicy i pomiotu drobiowego na nawozy wapniowo-organiczne technologią FuelCal. *Nawozy i Nawożenie*. Nr 4(29) s. 91–96.
- STRUŻYŃSKI A. 2007. Optymalizacja eksploatacji Zalewu Pińczowskiego w celu zmniejszenia jego zamulenia. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 4/2 s. 179–188.
- VASILEV A.N., GOLDIN E.R., NIKOL'SKIJ A.K., KOZLOV V.P. 1982. *Podvodnye raboty na vnutrennich vodnykh putach*. Moskwa. Izd. Transport. UDK 626.021 ss. 248.
- WIERZBICKI K. 1966. Badanie pogłębiarki ślimakowej typu PSP-40. *Biuletyn informacyjny IBMER*. Nr 2 s. 47–55.
- WIERZBICKI K. 1981. *Transport hydrauliczny w instalacjach rolniczego wykorzystania gnojowicy*. Warszawa. IBMER ss. 185.

WIERZBICKI K. 2005. Dbłość o systemy melioracyjne jednym z warunków konkurencyjności polskiego rolnictwa na rynku rolnym w UE i świecie. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 1 s. 18–23.

WIERZBICKI K. 2006. Wybrane problemy kanalizacji na obszarach wiejskich. Instal. Nr 2 s. 52–56.

WIERZBICKI K., EYMONTT A., HAAS J., STACHOWICZ Z. Separator przepływowy oddzielający części stałe z mieszaniny wodno-osadowej. Urząd Patentowy RP. Zgłoszenie wynalazku nr P.400002 z 16.07.2012.

WIERZBICKI K., MICHALUK P. 2010. Zarządzanie eksploatacją budowli liniowych na przykładzie spółek wodnych. W: Organizacja w obliczu współczesnych wyzwań. Red. M. Geryk. Gdańsk. Wydawn. Wyższej Szkoły Zarządzania s. 106–118.

Andrzej Eymontt, Krzysztof Wierzbicki

NEW REMOVAL TECHNOLOGY OF ANTHROPOGENIC BOTTOM DEPOSITS

Summary

Paper presents a project of new, environment friendly technology concerning the removal of anthropogenic deposits from the bottom of water reservoirs, rivers, channels, melioration ditches and the fish ponds. Such deposits will be much less relaxed at the extraction, thus making possible stronger concentration of solid components – organic and mineral particles, and next the separation of mineral origin particles larger than 1 mm. Grounds to assuming the project were many years' experience gained from investigations of various types of dredging's, as well as the studies conducted jointly with the University of Environmental and Life Sciences in Wrocław. Distinctive by large innovation in the project were:

- dredger moving on the bottom, beneath the water surface, equipped with sludge scraper and the Mohno type positive displacement pumps, which make possible hydraulic transport of the hydromixture over long distances;
- sequential separator of solids to eliminate from hydromixture the particles of mineral origin, larger than 1 mm.

Both above mentioned devices have been registered in the Polish Patent Office. The project will enable more rational usage of properly extracted and separated hydromixture in the well-known technological lines for production of organic fertilizers, or the energy (thermal or electrical) generation. Moreover, sediment extraction will prevent the putrescibility of contained there organic parts.

Key words: dredger, bottom deposits, rheology, separator, hydromixture transport

Adres do korespondencji:

dr hab. Andrzej Eymontt, prof. ITP
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-16; e-mail: a.eymontt@itep.edu.pl