

RYSZARD EWERTOWSKI¹

ROLA PARAMETRÓW OBLICZENIOWYCH 2_W MODELU ZMIAN DNA NA PRZYKŁADZIE APLIKACJI DLA JEZIORA DĄBIE

1. Wstęp

W ostatnich latach problematyka badania ruchu rumowiska i związanych z tym procesów erozji i sedimentacji stała się obszarem badawczym, w którym następuje coraz szersze stosowanie modeli matematycznych zamiast fizycznych laboratoryjnych badań modelowych. W wielu przypadkach zastosowanie modeli matematycznych jest nie tylko znacznie bardziej ekonomiczne, ale często stanowi jedyną realną możliwość zbadania danego akwenu ze względu na jego rozmiar, złożoną batymetrię i skomplikowane procesy hydrodynamiczno-atmosferyczne, które bezpośrednio warunkują przebieg procesów transportu, osadzania i podrywania cząstek rumowiska dennego. W praktycznych rozwiązaniach systemów modelowania ruchu rumowiska nadal bardzo ważną rolę odgrywają empiryczne formuły transportowe, ale są one ściśle związane z matematycznymi modelami procesów adwekcji-dyfuzji oraz modelami zmian dna. Modele matematyczne, mimo zaawansowania w uwzględnianiu w swoich równaniach całej złożoności omawianego procesu fizycznego, muszą także aproksymować niektóre z nich poprzez formuły obciążenia lub uśrednienia, uzależniając je od pewnych parametrów, zwanych w tym przypadku parametrami obliczeniowymi lub numerycznymi modelu. Proces wyznaczenia ich wartości dla danego akwenu nazywa się kalibracją lub tarowaniem modelu. W zagadnieniach ruchu rumowiska stosuje się modele z jedną (1-W), dwoma (2-W) lub trzema (3-W) niezależnymi zmiennymi przestrzennymi, uzależnione ponadto od zmiennej t reprezentującej czas. Modele 3-W są z oczywistych względów najdokładniejsze, ale wymagają największej ilości danych wejściowych oraz bardzo wydajnych komputerów już nawet dla średniej wielkości zagadnienia obliczeniowego (mierzonej w terminach ilości węzłów, warstw i stref obliczeniowych). Ponadto, wymagają najbardziej technologicznie zaawansowanych interfejsów wejścia-wyjścia dla sprawnej realizacji procesu wprowadzania danych batymetrycznych, generowania siatek, definicji warunków brzegowych, a następnie analiz i wizualizacji uzyskiwanych wyników symulacji. Modele jednowymiarowe są najprostsze w aplikacji, jednakże są przydatne tylko dla badania długich odcinków rzek i kanałów, gdzie obraz procesu w kierunku prostopadłym do linii głównego przepływu nie jest istotny ani potrzebny. Dla większych akwenów, zwłaszcza płytko-wodnych, nadal wydaje się być rozsądne oparcie się na modelowaniu 2-W, które zakłada, iż w kierunku pionowym można przyjąć uśrednione wartości podstawowych parametrów hydrodynamicznych bez popełniania rażącego uproszczenia. Jednakże, całkowanie w pionie równań hydrodynamicznych i równania adwekcji dyfuzji wprowadza nowe współczynniki numeryczne, wynikające z procesu uśrednienia. Te współczynniki wywierają znaczący wpływ na uzyskiwane rozwiązania i trzeba poświęcić dużo czasu podczas realizacji projektu badawczego na ich właściwy dobór. W niniejszej pracy przedstawiono analizę roli kilku parametrów obliczeniowych (współczynnik dyfuzji, prędkość opadania) w modelu SED2D, zastosowanym dla akwenu jeziora Dąbie. Jezioro Dąbie jest dużym akwenem w obszarze

¹Politechnika Szczecińska, Szczecin

estuarium Odry. Przez obszar jeziora planowane jest przeprowadzenie toru wodnego dla umożliwienia omińnięcia rejonu portu Szczecińskiego przez barki i małe statki pasażerskie. Dla zbadania wpływu zmian batymetrii w postaci budowy toru żeglugowego na przebieg prądów i cyrkulacji jeziora Dąbie wykorzystano poprzednio model RMA2 (Ewertowski, 2004), a badanie procesów zmian dna na tym obszarze stanowi naturalną kontynuację poprzednich badań.

2. Równania modelu transportu rumowiska i zmian dna

Dla analizy zmian stężenia rumowiska zawieszzonego w kolumnie wody zostało zastosowane dwu-wymiarowe równanie adwekcji dyfuzji z dennym członem źródłowym:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} + D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + S \quad (1)$$

$$S = \alpha_1 C + \alpha_2$$

gdzie: t – czas (s), x, y – osie prostokątnego horyzontalnego układu współrzędnych (m), u, v – składowe wektora prędkości przepływu wody w kierunkach x, y (m/s), D_x, D_y – efektywne współczynniki dyfuzji (m^2/s), C – stężenie zawiesiny (kg/m^3), α_1 – współczynnik w dennym członie źródłowym (1/s), α_2 – część stężenia dennego członu źródłowego będąca w stanie równowagi ($kg/m^3/s$). Współczynniki D_x i D_y są wyznaczane za pomocą liczby Pecelta ($P_e = \lambda \cdot \underline{U} / D_e$)

Uśrednione w pionie składowe prędkości u i v są uzyskiwane z rozwiązania płaskiego zagadnienia hydrodynamicznego za pomocą modelu RMA2 (Ewertowski, 2004), uwzględniającego także oddziaływanie powierzchniowych naprężeń wiatrowych. Jest to bardzo istotne na tym akwenie także dla procesów ruchu rumowiska, gdyż w wyraźny sposób wpływa także na rozkład prędkości dynamicznych, niezbędnych dla wyznaczenia pola naprężeń dennych.

Denny człon źródłowy w równaniu (1) jest wyznaczany właśnie na podstawie uzyskanych naprężeń dennych:

$$\tau_b = \rho_w (u^*)^2 \quad (2)$$

gdzie: ρ_w - gęstość wody (kg/m^3), u^* - prędkość dynamiczna (m/s).

Prędkość dynamiczna jest wyznaczana w prosty sposób z równania naprężeń Manninga:

$$u^* = \sqrt{g} \cdot H^{-1/6} \cdot \underline{U} \cdot n_m \quad (3)$$

w którym \underline{U} jest modułem prędkości a n_m – współczynnikiem szorstkości Manninga ($s/m^{1/3}$), traktowanym jako funkcja głębokości przepływu. (King, 2003).

Postać dennego członu źródłowo-upustowego w równaniu (1) obejmuje zarówno proces erozji jak również proces sedymentacji i jest taka sama dla osadów piaszkowych i kohezyjnych. Jednakże, metody wyznaczania współczynników α_1 i α_2 różnią się między sobą w zależności od rodzaju osadów i typu procesu rumowiskowego (erozji / sedymentacji).

W tej pracy ograniczono się tylko do osadów piaszkowych, stąd można było przyjąć, iż zasilenie strumienia rumowiska z dna (i również proces odwrotny) jest sterowane poprzez potencjał transportowy przepływu wody i dostępność materiału w warstwie dennej. W tej sytuacji denny człon źródłowy S jest dany jako:

$$S = (C_{eq} - C) / T_c \quad (4)$$

gdzie: C_{eq} = stężenie równowagi (wynikające z potencjału transportowego), T_c = charakterystyczny czas transformacji cząstki rumowiska pomiędzy warstwą denną

a strumieniem rumowiska.

Spośród wielu empirycznych formuł transportowych, stosowanych dla wyznaczania C_{eq} dla osadów piaskowych, tutaj wybrana została formuła Ackersa-White'a (Coufal, 1997). Formuła ta oblicza ładunek całkowity strumienia rumowiska (rumowisko zawieszane + rumowisko wleczone na dnie) poprzez związanie potencjału transportowego z parametrami osadów i parametrami przepływu wody w następujący sposób:

$$D_{gr} = d \left[\frac{g \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)}{\nu^2} \right]^{1/3}, \quad D_{gr} \begin{cases} > 60 & \begin{cases} n_a = 0.0 \\ A = 0.17 \\ m = 1.5 \\ C_a = 0.025 \end{cases} \\ < 60, > 1 & \begin{cases} n_a = 1.0 - 0.56 \log(D_{gr}) \\ A = \frac{0.23}{\sqrt{D_{gr}}} + 0.14 \\ m = 9.66/D_{gr} + 1.34 \\ \log(C_a) = 2.86 \log(D_{gr}) - \\ \quad (\log(D_{gr}))^2 - 3.53 \end{cases} \\ < 1 & d < 0.04 \text{ mm (Osady kohezyjne)} \end{cases} \quad (5)$$

$$F_{gr} = \frac{u_*^{n_a}}{\sqrt{gd \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)}} \left[\frac{U}{\sqrt{32} \log \left(\frac{\alpha \cdot h}{d} \right)} \right]^{1-n}$$

$$C = \frac{d}{h} \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) C_a \left(\frac{F_{gr}}{A} - 1 \right)^m \left(\frac{U}{u_*} \right)^{n_a}$$

$$C_{eq} = C, \quad L_s = Q \cdot C \cdot 10^{-3} \text{ [kg / s]}$$

W związkach (5) n_a , A , m , C_a są parametrami obliczeniowymi metody, D_{gr} oznacza bezwymiarową wielkość cząstki rumowiska, F_{gr} oznacz tzw. liczbę mobilności cząstki, L_s oznacza ładunek osadu, ρ_s – gęstość zawiesiny suchej (kg/m^3), d – średnica ziarna rumowiska (dla równomiernego rozkładu uziarnienia brana jest średnia średnica, a w przypadku istnienia krzywej uziarnienia – średnica d_{35}), h – głębokość kolumny wody (m), ν - współczynnik lepkości wody. Dla parametru α przyjęto używaną przez Kinga dla akwenów wartość $\alpha=10.0$.

Charakterystyczny czas T_c w równaniu (4) jest traktowany jako czas potrzebny dla zmiany stężenia zawiesiny w kolumnie wody z wartości C do C_{eq} . W przypadku, gdy w danym miejscu występuje sedymentacja, wyznaczany jest on według formuły:

$$T_c = \max \left\{ C_d \cdot \frac{H}{V_s}, \quad \Delta t \right\} \quad (6)$$

gdzie: C_d – empiryczny parametr długości skali dla sedymentacji, V_s – prędkość opadania cząstki osadu (m/s), Δt - krok czasowy w symulacji numerycznej (s).

Dla procesu erozji stosowane jest natomiast następujące wyrażenie:

$$T_c = \max\left\{C_e \cdot \frac{H}{U}, \Delta t\right\} \quad (7)$$

gdzie: C_e – empiryczny parametr długości skali dla podnoszenia cząstek osadów.

Proces modelowania zmian dna polega na wykorzystaniu członu źródłowego równania (1). To, co w procesie adwekcji-dyversji stanowi upust/źródło w modelu zmian dna staje się członem źródło/upust i zadaniem tego modelu jest nadażanie ze zmianami dna za zmieniającymi się wartościami dennego członu źródłowego (4), otrzymywanymi podczas rozwiązywania równania (1) wraz z formułami transportowymi (5). Przy założeniu w warunkach początkowych, iż w przypadku osadów piaszkowych, na dnie zalega warstwa materiału erodowalnego o danej miąższości, pod którą dno traktowane jest jako niepodatne na erozję, model zmian dna śledzi aktualne położenie dna, jego skład i strukturę. Aby wyznaczyć udział bieżącego kroku czasowego w symulacji zmian dna, stosowana jest aproksymacja czasowa Crancka-Nicholsona. Osady są dodawane lub usuwane z warstwy czynnej w tempie określonym przez wartość dennego członu źródłowego w bieżącym i poprzednim kroku czasowym. Równanie adwekcji-dyversji (1) jest rozwiązywane metodą elementów skończonych Galerkin z kwadratowymi funkcjami kształtu.

3. Analiza parametrów obliczeniowych

Obszarem badawczym dla analizy wpływu parametrów obliczeniowych na jakość uzyskiwanych rozwiązań w modelu transportu rumowiska i zmian dna jest jezioro Dąbie. Na podstawie dostępnych map, sondaży i innych danych batymetrycznych została zbudowana siatka elementów skończonych, pokrywająca cały jego obszar w taki sposób, iż jej rozkład przestrzenny umożliwia uwzględnienie lub wykluczenie obecności planowanego toru wodnego. Wytworzona siatka spełnia także wszystkie niezbędne warunki, narzucane przez algorytmy MES dla zagadnień hydrodynamicznych i adwekcyjno-dyversyjnych. Każdy element ma swoją tabelę własności materiałowej zawierającą takie parametry jak: współczynnik szorstkości, typ dna, parametr oporu wiatrowego, parametry dyfuzji. Tabele własności materiałowych elementów są definiowane na bazie pojedynczego elementu, grupy wyróżnionych elementów, wybranych podobszarów akwenu lub jako wspólne dla całego akwenu.. Na tym etapie badań przyjęto zróżnicowanie przestrzenne własności dotyczących części hydro-dynamicznej, natomiast własności dotyczące procesów transportu osadów ustalono jako jednorodne dla całego obszaru jeziora.

W modelu zmian dna występują następujące parametry:

- Współczynniki dyfuzji, D_x, D_y [m^2/s],
- Stężenie początkowe, $C_0(x,y)$ [kg/m^3],
- Prędkość opadania (fall/settling velocity), V_s [m/s],
- Graniczne wielkości ziaren osadów (min/max CLASSA grain size), [mm],
- Parametr kształtu ziaren (0.67),
- Parametr długości charakterystycznej dla depozycji, C_d ,
- Parametr długości charakterystycznej dla erozji, C_e ,
- Grubość warstwy erodowalnej, H_{er} [m],
- Efektywna średnica ziaren osadu dla wyzn. szorstkości dna (A_W), d_e [mm] ,
- Średnica ziaren osadu, d_s [mm] ($d_s < d_e$),
- Parametr θ Crancka-Nicholsona.

Parametry $D_x, D_y, C_0, H_{er}, d_s, d_e$ można różnicować w obszarach materiałowych Dla

analizy wybrano następujące parametry:

- Efektywny współczynnik dyfuzji – D_x, D_y ,
- Prędkość opadania – V_s .

Dyfuzja zawiesiny jest skutkiem turbulencji występującej w polu przepływu wody. Ponieważ równanie A-D (1) jest uśrednionym w pionie, powstaje dodatkowo dyspersja numeryczna, wywołana pominięciem pionowej zmienności wektora prędkości przepływu i prędkości opadania cząstek zawiesiny w kolumnie wody. Dochodzi do tego jeszcze efekt uśrednienia na kroku czasowym. W praktyce obliczeniowej dyfuzja fizyczna, dyspersja numeryczna i uśrednienie czasowe kumulują się i dla ich opisu używa się członu dyfuzyjnego ze współczynnikiem dyspersji, zwanym także efektywnym współczynnikiem dyfuzji. (D_e , m^2/s). Są różne metody przyjmowania tego współczynnika (metoda Eldera, Teetera). W niniejszej analizie zastosowano metodę automatycznego doboru jego wartości w zależności od stosunku członów adwekcji i dyfuzji w równ.(1), czyli od liczby Pecelta (P_e):

$$D_e = \frac{\Delta_{el} U}{P_e} \quad (8)$$

gdzie Δ_{el} – rozmiar elementu skończonego (m) sugeruje, iż większe elementy wymagają użycia większych współczynników dyfuzji efektywnej.

Czasami współczynnik dyfuzji może być pomocny dla „wygaszenia” niestabilności w trakcie symulacji. Dyfuzja turbulentna jest wtedy traktowana jako dodatkowy czynnik stabilności obliczeń i jest możliwe stosowanie zróżnicowanych przestrzennie liczb Pecelta dla automatycznego i dynamicznego wyznaczania współczynników dyfuzji efektywnej. W większości sytuacji efektywna dyfuzja jest znacznie mniejsza niż adwekcja wywołana przepływem wody (P_e rzędu 30-40) i wpływ niezbyt trafnego oszacowania współczynnika D_e na uzyskane rozwiązanie nie jest znaczący. Ale dla badanych przypadków dla jeziora Dąbie to się nie potwierdza.

Warunki brzegowe dla badanego obszaru były pobierane z rozwiązań uzyskanych z modułu ruchu ustalonego modelu MODRIM w następujących lokalizacjach:

1. na granicach północnych (rys.1):
 - a. przekrój nr 36 – Babina, km 0.90 : $Z_w=0.125$ m
 - b. przekrój nr 30 – Iński Nurt, km 0.85 : $Z_w=0.12$ m
2. na granicach południowych (rys.3):
 - a. przekrój nr 186 – Regalica, km 747.35 rzeki Odry : $Q=300$ m^3/s , $C_1=0.5$ kg/m^3 i $C_2=0.01$ kg/m^3
 - b. przekrój nr 141 – Parnica, km 0.75 : $Q=50$ m^3/s , $C_1=0.5$ kg/m^3 i $C_2=0.01$ kg/m^3
 - c. przekrój w ujściu Duńczycy do jeziora Dąbie : $Q=10$ m^3/s , $C_1=0.5$ kg/m^3 i $C_2=0.01$ kg/m^3
 - d. przekrój nr 85 – Orli Przesmyk, km 0.1 : $Q=40$ m^3/s , $C_1=0.5$ kg/m^3 i $C_2=0.01$ kg/m^3

Obliczenia były wykonywane dla stanu istniejącego batymetrii oraz dla dwóch wariantów zmian batymetrii jeziora. W artykule, ze względu na jego ograniczoną wielkość, prezentowane są tylko wyniki dla stanu istniejącego batymetrii.

Ponadto, obliczenia realizowano dla dwóch przypadków stężeń zawiesiny transportowanej poprzez przekroje brzegowe do badanego obszaru: przypadek C_1 oznacza koncentrację wyższą od panującego w przyjętych warunkach przepływu potencjału transportowego, co winno prowadzić do procesów sedymentacyjnych już począwszy od górnego przekroju brzegowego na Regalicy. Przypadek C_2 oznacza minimalne zasilanie rumowiskiem w górnych przekrojach brzegowych, co winno prowadzić do powstania procesów erozyjnych w niektórych obszarach jeziora, gdzie panują większe prędkości

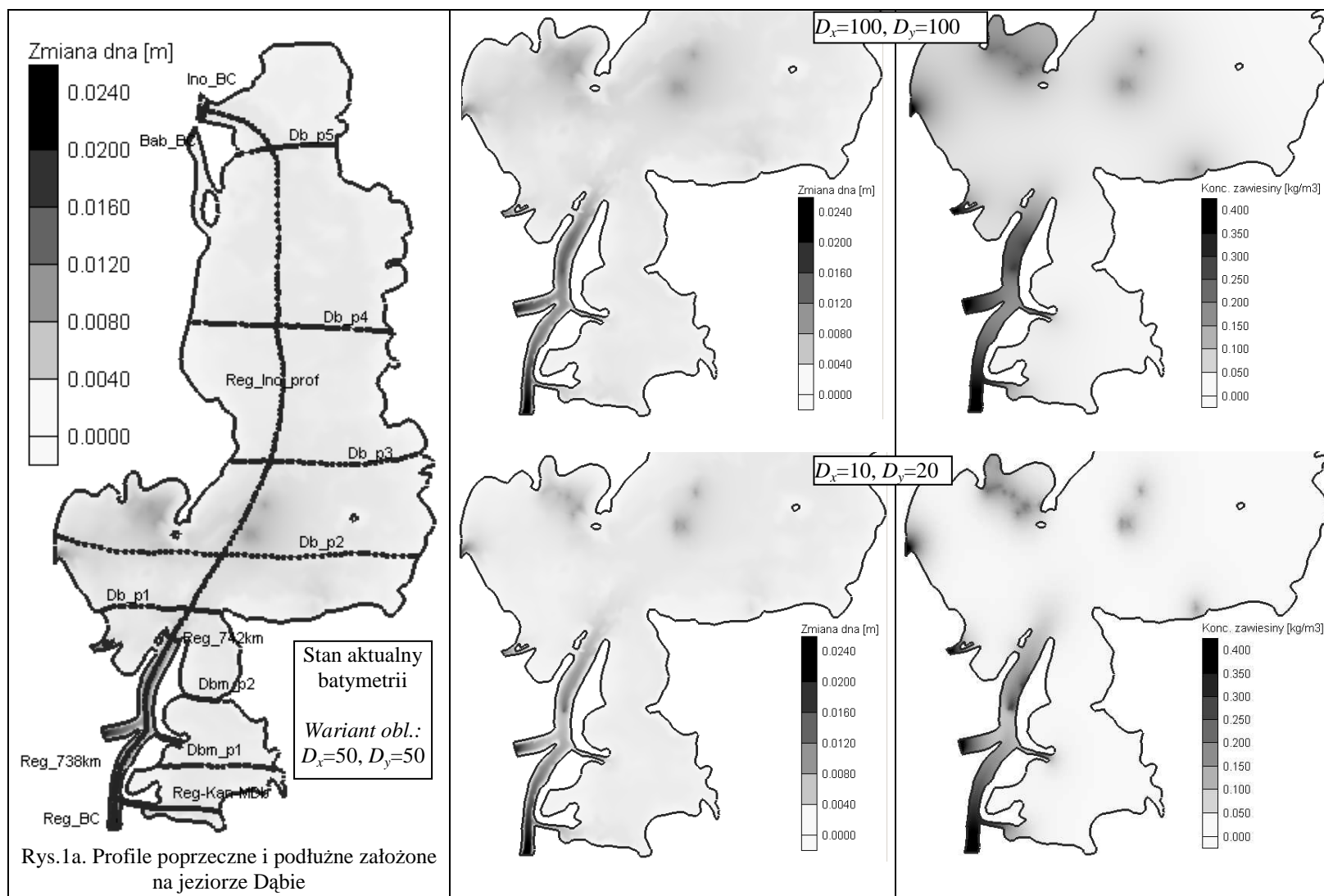
dynamiczne.

Wszystkie warunki brzegowe przyjęto jako niezmiennie w czasie, ale symulacje były wykonywane dla ruchu nieustalonego w okresie jednego tygodnia z krokiem czasowym $\Delta t=1.0$ h

Wyniki symulacji, otrzymane na bazie rozwiązania hydrodynamicznego 2-W modelu RMA-2 i dwu-wymiarowego modelu transportu rumowiska SED2D systemu SMS, obejmują zarówno pola skalarne stężenia zawiesiny i zmian dna w każdym kroku czasowym, jak i zmiany koncentracji zawiesiny i zmiany położenia dna wyznaczone wzdłuż ustanowionych profili obliczeniowych (rys. 1a). Analiza uzyskanych wyników (rys.1) potwierdza dla przypadku C_1 występowanie sedymentacji na całym obszarze jez. Dąbie, ale jednocześnie stopień i rozkład przestrzenny koncentracji jest silnie zależny od zastosowanych współczynników dyfuzji efektywnej. Większe wartości współczynników prowadzą do zwiększenia obszarów o znaczącym stężeniu zawiesiny i zwiększa się też ilość zawiesiny osadzanej w warstwie dennej. Jest to szczególnie zauważalne w południowej części jeziora Dąbie (rys. 1), a wykresy stężenia i zmian dna wzdłuż profili podłużnych (rys. 2) dają wgląd w ilościowe relacje związane z doбором współczynników dyfuzji..

W przypadku C_2 , przy znacznym ograniczeniu zasilania badanego obszaru strumieniem rumowiska, wchodzącym z góry Odry poprzez jego górne przekroje graniczne i przy tym samym, co poprzednio przepływie wody, otrzymano, jak się zresztą należało spodziewać, rozwiązania, w których występowały procesy erozji dna w niektórych obszarach jez. Dąbie.(rys.3 i rys. 4). W przypadku C_2 badano, zamiast wpływu doboru efektywnych współczynników dyfuzji, podatność rozwiązania na wybór wartości prędkości opadania (settling/fall velocity) cząstek zawiesiny (V_s). Rozważano przy tym wartości V_s z zakresu uzyskiwanego z pomiarów dla osadów piaskowych.

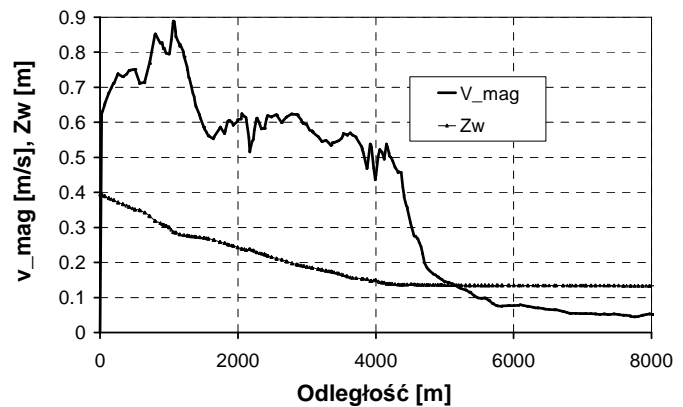
Dobór prędkości V_s jest bardzo istotny, gdyż determinuje on kierunek procesów osadzanie –erozja w danych warunkach przepływu wody i struktury osadów. Przykładowo, w przekroju poprzecznym Regalicy km 741.6 występują oba procesy jednocześnie, ale dla dużej wartości V_s przeważa jednak erozja (rys.4)



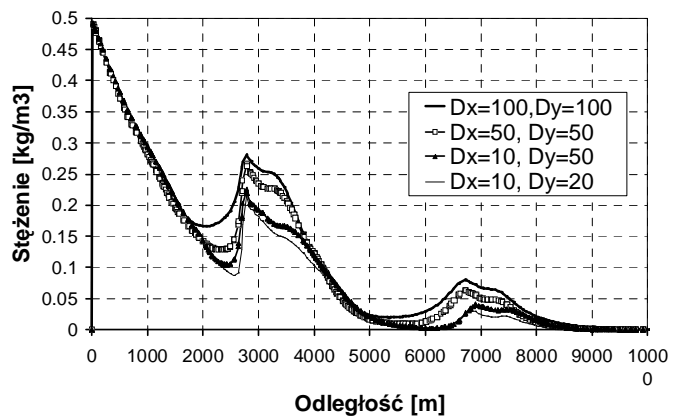
Rys.1a. Profile poprzeczne i podłużne założone na jeziorze Dąbie

Rys. 1. Zmiana dna i pola koncentracji zawiesiny na jeziorze Dąbie dla różnych współczynników dyfuzji efektywnej $D_{e,x}$, $D_{e,y}$.

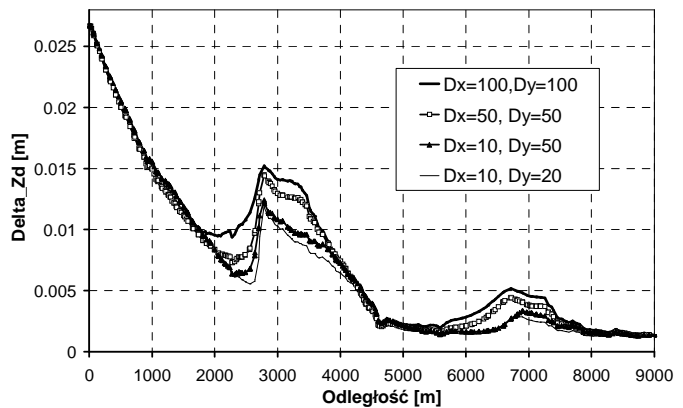
Rozkład modułów prędkości V_{mag} ($u = \sqrt{u^2 + v^2}$) w profilu podłużnym od górnej granicy badanego obszaru (Reg_BC na rys. 1) wzdłuż planowanego toru wodnego do profilu db_p3 (rys.1) wskazuje wyraźnie na różnice w dynamice przepływu w części rzecznej i części jeziornej. Potwierdza to również spadek zwierciadła wody (Zw) na wykresie obok.



Dobór efektywnych współczynników dyfuzji znacząco wpływa na obliczone stężenia. Na wykresach obok widać, jak w profilu podłużnym Regalica-Inoujście wpływają one na rozkład koncentracji zawiesiny, uzyskany po 92 godzinach symulacji. Większe wartości współczynników utrzymują zwiększone stężenia zawiesiny w profilu



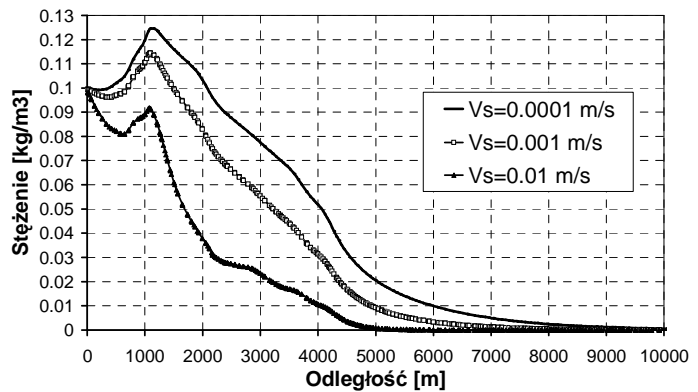
Wpływ doboru współczynników dyfuzji odbija się także bezpośrednio na tempie zmian dna. W przypadku C_1 oznacza to zwiększeni ilości zawiesiny osadzanej w warstwie dennej, gdyż potencjał transportowy przepływu wody był w tych warunkach zasilania rumowiskiem zbyt mały, aby transportować je do dalszych obszarów jeziora Dąbie..



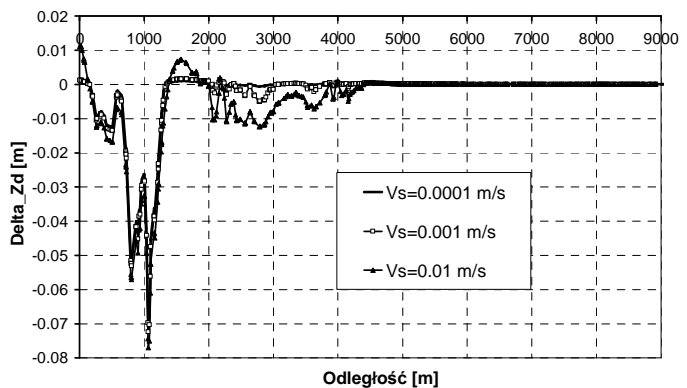
Rys. 2. Rozkład modułów prędkości i położenie zwierciadła wody (góra), rozkład stężeń zawiesiny (środek) i zmiany położenia dna (dół) w profilu podłużnym wzdłuż projektowanego toru wodnego. Rozkłady stężeń obliczone dla czterech różnych wartości efektywnych współczynników dyfuzji

Na rys. 2 zostały pokazane przypadki rozwiązań dla wariantu C_1 , w którym ze względu na duży ładunek rumowiska w górnych przekrojach brzegowych, na większości obszaru jeziora Dąbie dominował proces osadzania (akumulacji) zawiesiny. Rozpatrywane były także inne sytuacje, między innymi przypadek C_2 , w którym poprzez górne przekroje graniczne wprowadzana jest tak mała ilość osadów, iż ze względu na istniejący potencjał transportowy, w niektórych obszarach musi wystąpić erozja.

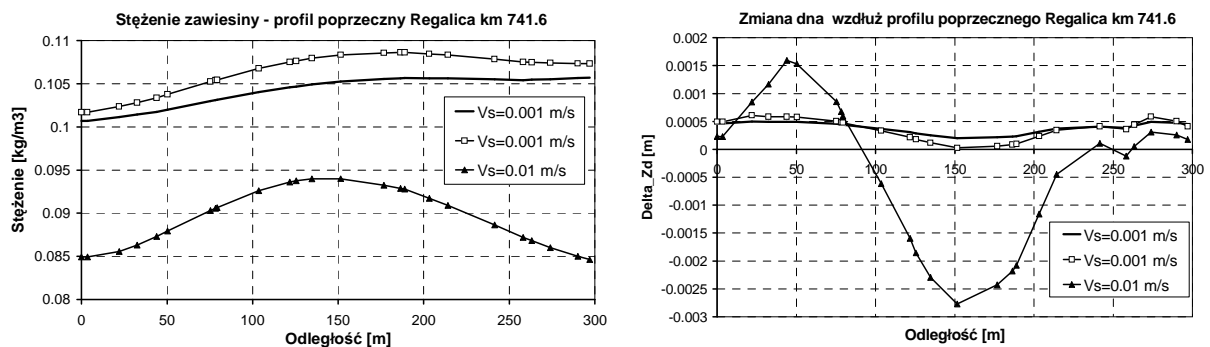
W rozwiązaniach przedstawionych na rys. 3 analizowano wpływ parametru bardziej niż efektywne współczynniki dyfuzji związanego z procesami fizycznymi osadzania i podrywania cząstek rumowiska. Przypadek C_2 tutaj rozważany daje na pewnych obszarach proces erozji, powodując lokalny wzrost koncentracji zawiesiny. Mała wartość prędkości osadzania V_s potęguje ten proces.



Widoczna jest wyraźna zależność kierunku procesu osadzanie – erozja od dobranej prędkości opadania cząstek V_s . Bardzo małe wartości V_s zwiększają koncentrację zawiesiny, natomiast większe wartości wpływają na wzrost zarówno tempa zmian dna jak i wielkości zmian dna w wyniku zwiększenia intensywności procesu erozji.



Rys.3. Profile podłużne stężenia zawiesiny (góra) i zmian dna (dół) w warunkach bardzo małego zasilania badanego obszaru rumowiskiem dla trzech różnych wartości prędkości opadania V_s



Rys.4. Obliczone stężenie zawiesiny i zmiany dna w profilu poprzecznym Regalicy (km 741.6) dla trzech wartości prędkości opadania V_s .

4. Wnioski

1. System modelowania SMS (RM2,SED2D), zastosowany dla obszaru J. Dąbie wykazał swoją przydatność w zakresie analiz zmian stężeń zawiesiny i zmian dna akwenu w warunkach analizy procesu ruchu rumowiska piaskowego w ruchu ustalonym bez oddziaływania wiatru.
2. W stosowaniu modeli 2-D istotne jest zaakceptowanie założeń wynikających z aproksymacji dwu-wymiarowej – stąd istotne jest zbadanie wpływu wielu parametrów obliczeniowych na jakość uzyskanego rozwiązania. W pracy rozpatrywano tylko wpływ

dwu parametrów: efektywnych współczynników dyfuzji i prędkości opadania dla osadów piaskowych. Dalsze prace w tym zakresie winny być jednak rozszerzone o większość pozostałych parametrów modelu.

3. Bardzo istotnym problemem na drodze do wykorzystania modeli 2-D dla rozwiązywania zagadnień hydrotechnicznych jest konieczność wykalibrowania jego parametrów i przeprowadzenie jego weryfikacji dla każdego badanego akwenu – stąd wynika potrzeba gromadzenia i organizacji danych pomiarowych różnych parametrów

Literatura

Coufal R., Bed changes and sediment transport at river mouth. IBW PAN Gdańsk, 1997

Ewertowski R., Zastosowanie modelu hydrodynamicznego dla badania procesów hydrodynamicznych Jeziora Dąbie przy projektowanych zmianach jego batymetrii, Regionalne problemy gospodarki wodnej i hydrotechniki, Materiały pokonferencyjne, Politechnika Szczecińska, Szczecin, 2004

King I, Letter J., Teeter A., and others, User's guide for SED2D WES version 4.5, US Army, Engineer Research And Development Center Waterways Experiment Station Coastal and Hydraulics Laboratory, Vicksburg, Miss., 2003

IMPACT OF CALCULATION PARAMETERS IN 2-D BED CHANGE MODEL ON ITS SOLUTION BASED ON THE MODEL APPLICATION TO DĄBIE LAKE

Summary

The paper presents results of simulations of SPM transport and bed change processes in Dąbie Lake obtained by using mathematical hydrodynamic model SMS-SED2D (for horizontal flow). Calculations and results analysis have been aimed on investigation of impact of several model parameters exerted on solutions obtained. All calculations have been made for existing state of the Dąbie Lake bathymetry and steady flow conditions without wind activity. Due to the paper limitation only results for two model parameters are presented: effective diffusion coefficients ($D_{e,x}$ $D_{e,y}$) and fall (settling) velocity V_s .

Comparison of results obtained indicates that a significant change of concentration field of SPM and bed change pattern occurs for different values of D_e coefficients and V_s values and proper choice of these values will be playing an important role in using that kind of models. It is also underlined that other remaining parameters should also be investigated. A necessity of field measurement for model calibration purposes has been also emphasised

Streszczenie

Praca przedstawia wyniki symulacji procesów transportu zawiesiny i zmian dna na obszarze jeziora Dąbie, zrealizowanej za pomocą matematycznego modelu hydrodynamicznego SMS-SED2D (dla przepływów horyzontalnych). Obliczenia i analizy wyników zostały ukierunkowane na analizę wpływu doboru parametrów modelu na uzyskiwane rozwiązania. Wszystkie obliczenia zostały wykonane dla istniejącego stanu batymetrii jeziora Dąbie i w warunkach ruchu ustalonego bez uwzględniania wpływu wiatru. Ze względu na ograniczenia wielkości pracy zaprezentowano analizę wpływu tylko dwu parametrów: efektywnych współczynników dyfuzji ($D_{e,x}$ $D_{e,y}$) oraz prędkości opadania V_s .

Porównanie otrzymanych rezultatów wskazuje na istotne zmiany w otrzymywanych rozwiązaniach dla pola stężeń i zmian dna dla różnych wartości D_e i V_s . Właściwy dobór tych wielkości w istotny sposób będzie zatem określać uzyskiwane rozwiązania. Podkreślono także potrzebę uwzględnienia pozostałych parametrów w tego typu analizie oraz potrzebę zgromadzenia odpowiednich danych pomiarowych dla potrzeb kalibracji badanego modelu w konkretnych warunkach rozważanego akwenu.