

Studium geośrodowiskowe Zalewu Wiślanego i jego otoczenia przy wykorzystaniu nowoczesnych technik kartograficznych

Marek Graniczny*, Zbigniew Kowalski*, Joanna Zachowicz**

Zdjęcia satelitarne i lotnicze stały się w ostatnich latach doskonałym narzędziem wykorzystywanym w pracach kartograficznych. Do opracowania studium geośrodowiskowego Zalewu Wiślanego wykorzystano zdjęcia satelitarne Landsat TM i SPOT oraz zdjęcia lotnicze. Przeprowadzona fotointerpretacja wskazuje na to, że zachodnia część Zalewu charakteryzuje się odmienną przezroczystością i temperaturą wody. Jest to związane z głębokością Zalewu oraz procesami mieszania się słodkich wód dopływów rzek z wodami słonymi dopływającymi od strony Cieśniny Piławskiej.

Słowa kluczowe: geośrodowisko, teledetekcja, system informacji przestrzennej

Marek Graniczny, Zbigniew Kowalski, Joanna Zachowicz — **Geoenvironmental study of the Vistula Bay and its surrounding using modern cartographic techniques.** Prz. Geol. 46: 1254–1260.

Summary. Satellite images and aerial photos are extremely efficient tool for mapping coastal zone areas. The satellite Landsat TM and SPOT images as well as aerial photos were applied for geoenvironmental studies of the Vistula Bay. On the basis of photointerpretation of the remote sensing data the different water transparency and temperature was indicated in the western part of the Bay. It is related with the depth of the Bay and the phenomena of mixing fresh waters from the tributary rivers with salt waters flowing from the Pilawa Strait.

Key words: geoenvironment, remote sensing, Geographical Information System

W 1994 r. zakończone zostały prace nad projektem *Teledetekcyjny monitoring polskiej części Bałtyku*. Wyniki uzyskane przy realizacji tego projektu o wyraźnym charakterze metodycznym pozwoliły stwierdzić przydatność zdjęć satelitarnych, szczególnie przetworzonych cyfrowo, do analizy zjawisk przyrodniczych i do weryfikacji modeli matematycznych. Zaobserwowano również, że zdjęcia satelitarne Landsat MSS mogą być również bardzo przydatne do śledzenia procesów zachodzących na stosunkowo niewielkich obszarach, na przykład ujście Wisły, natomiast zdjęcia NOAA nadają się doskonale do obserwacji i analiz w skali regionalnej całego wybrzeża Bałtyku (Graniczny i in., 1995).

Opracowanie studium geośrodowiskowego Zalewu Wiślanego jest kolejnym krokiem pogłębiającym stan wiedzy mającej w konsekwencji doprowadzić do stworzenia odpowiedniej procedury, pozwalającej na szybką analizę zjawisk przyrodniczych. Jest to szczególnie ważne z uwagi na fakt, że przez Zalew Wiślany przebiega granica polsko-rosyjska, na której dochodzi do nielegalnego przewozu materiałów i odpadów groźnych dla środowiska. Duże zagrożenie stwarza również eksploatacja ropy naftowej przeprowadzana w bezpośrednim sąsiedztwie zalewu.

W ramach projektu zakupiono i zinterpretowano zdjęcia satelitarne Landsat TM i SPOT wykorzystując oprogramowanie ER Mapper, jak również stworzono mapy numeryczne w formacie ArcInfo prezentujące dane na temat waloryzacji przyrodniczej Zalewu Wiślanego i okolic.

Metody teledetekcyjne — LANDSAT TM

Charakterystyka zdjęcia. Zdjęcie zostało zarejestrowane 26 maja 1987 r. Termin wykonania zdjęcia, późna wiosna jest początkiem rozwoju fitoplanktonu, którego rozkład często podkreśla występowania powierzchniowych

prądów wodnych. Skupiska fitoplanktonu zobrazowane na zdjęciu majowym nie są jednak duże, co stanowiło pewne utrudnienie w fotointerpretacji. W północno-wschodniej części analizowanej sceny satelitarnej, obejmującej między innymi część Zalewu Wiślanego na północ od Fromborka występuje zachmurzenie, które eliminuje ten obszar z procesu fotointerpretacji (ryc. 1).

Przetworzenie zdjęcia. Utworzono kompozycję barwną w wyniku analizy wszystkich siedmiu kanałów spektralnych, zarejestrowanych w widzialnym zakresie widma jak i w bliskiej podczerwieni oraz w podczerwieni termalnej (TM-1, TM-2, TM-3, TM-4, TM-5, TM-6 i TM-7). Wymagało to zastosowania procesu redukcji kanałów. Do utworzenia kompozycji barwnej wykorzystano analizę składników głównych (*principal component analysis*). Do zgenerowania kompozycji ostatecznie zastosowano kombinację dwóch składników głównych PC2 i PC3 oraz kanał źródłowy TM-3. Obrazy wchodzące w skład kompozycji barwnej poddano

Tab. 1.

Klasa	Barwa na zdjęciu
1 (maksymalna)	ciemnoniebieska/granatowa
2	jasnoniebieska
3	zielonobrazowa
4	żółta
5 (minimalna)	żółtobrazowa

Tab. 2.

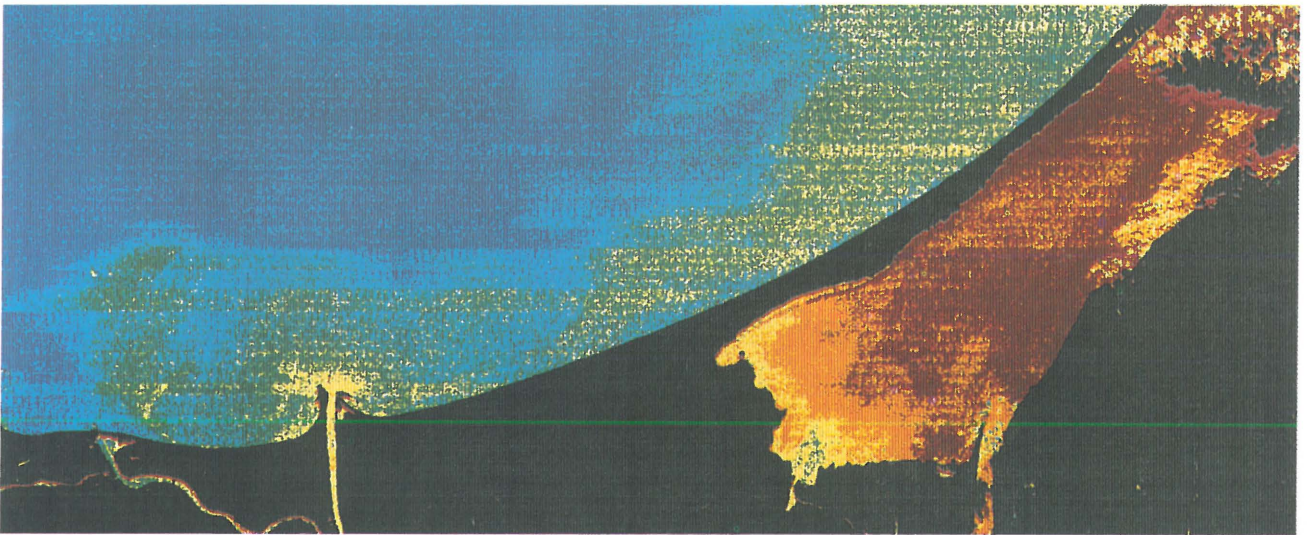
Klasa	Barwa na zdjęciu
1 (temperatura najniższa)	granatowa
2	jasnoniebieska
3	zielono
4	żółta
5 (minimalna)	brązowa
6	czerwonobrazowa
7 (temperatura najwyższa — ląd)	czarna

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

** Oddział Geologii Morza, ul. Polna 62, 81-740 Sopot



Ryc. 1. Kompozycja barwna zdjęcia satelitarnego Landsat TM zarejestrowanego 26.05.1987 w rejonie ujścia Wisły i Zalewu Wiślanego



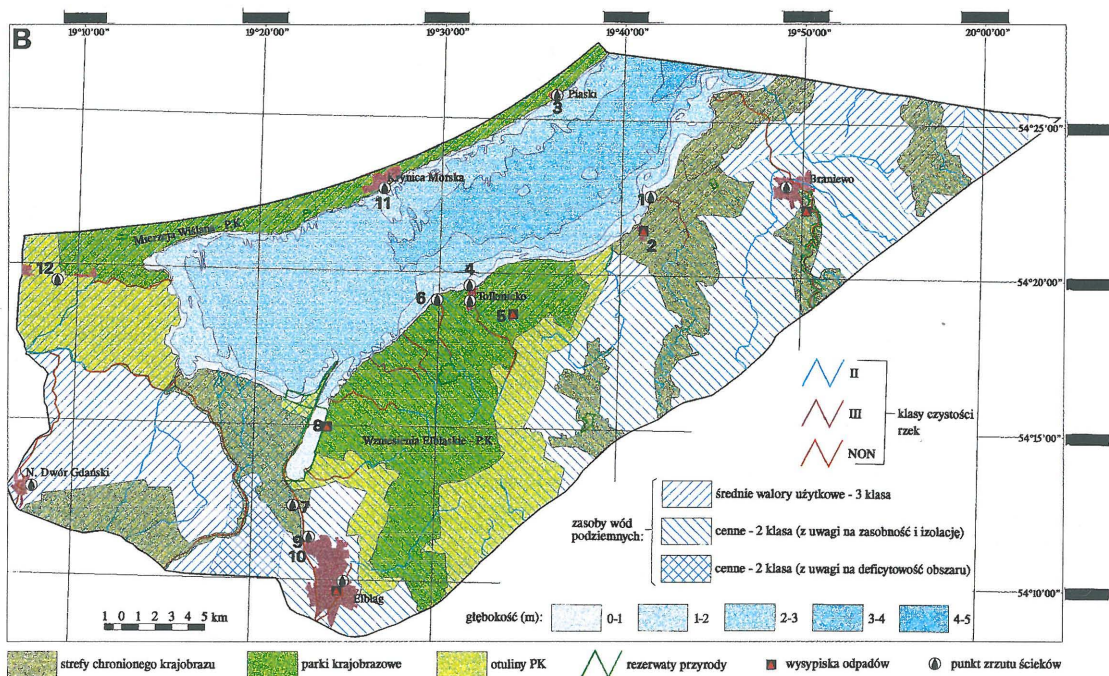
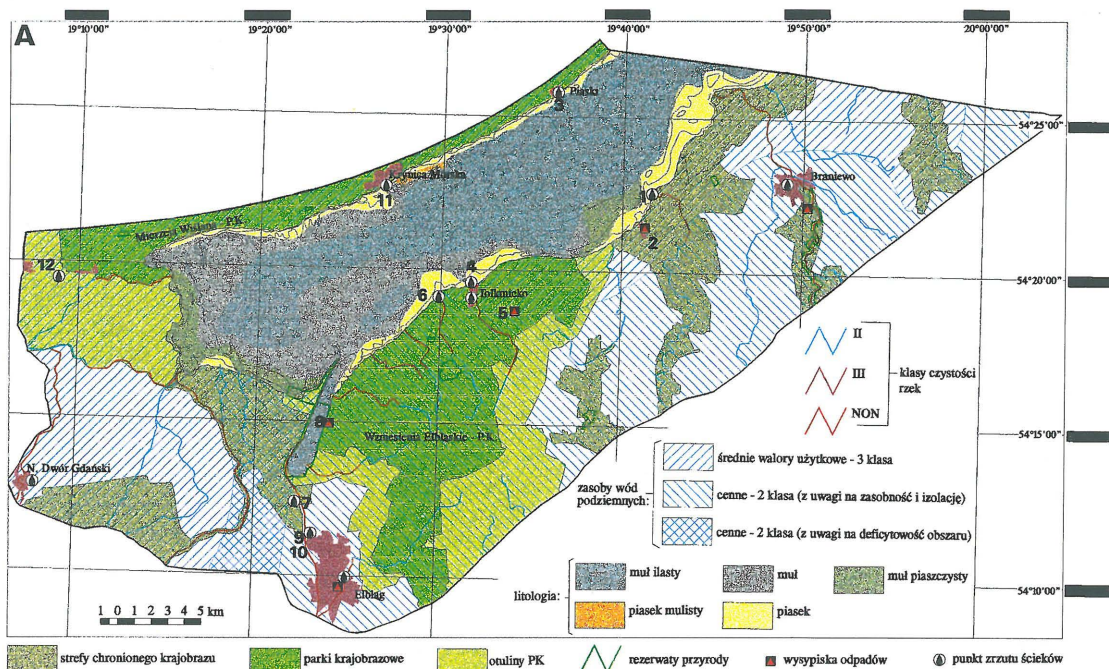
Ryc. 2. Zapis termalny (pasmo 6.) zdjęcia Landsat TM zarejestrowanego 26.05.1987 r. — cieplejsza tonacja barw akwenów wodnych oznacza wyższą temperaturę



Ryc. 3. Kompozycja barwna (kolory zbliżone do naturalnych) zdjęcia satelitarnego SPOT zarejestrowanego 25.10.1995 r.

następnie przetworzeniu metodą wyrównania histogramów. Dopiero z tak przetworzonych wyciągów spektralnych utworzono kompozycję barwną, stosując następujące filtry: TM-3 — filtr czerwony, PC2 — filtr zielony, PC3 — filtr niebieski (ryc. 1). Włączenie kanału termalnego (TM-6) do kompozycji barwnej spowodowało pewien spadek rozdzielczości zdjęcia, lecz dało w efekcie nowe informacje, które nie występują w obrazach zarejestrowanych w widzialnym zakresie widma oraz w bliskiej podczerwieni.

Zdjęcie satelitarne, zarejestrowane w kanale termalnym (TM-6) poddano przetworzeniu polegającym na wydzieleniu powierzchni ekwivalentnych, odpowiadających jednakowym przedziałom temperatury wody. Dążąc do zachowania zasobu informacyjnego zawartego w tym zdjęciu, wydzielone przedziały barwne — z wyjątkiem przedziałów skrajnych — odpowiadają poje-



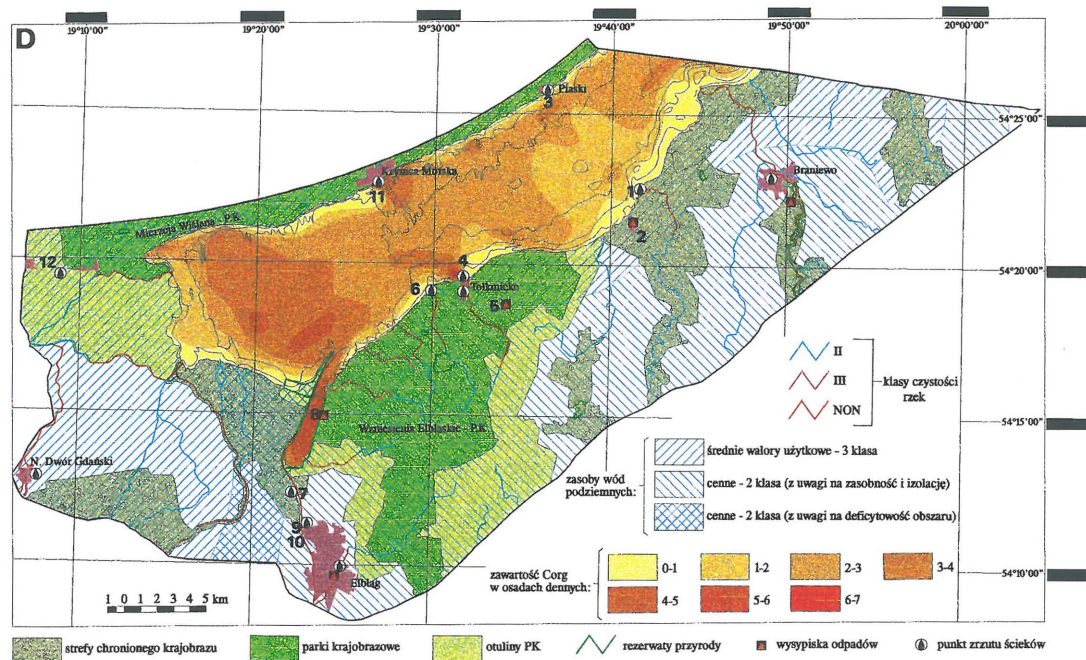
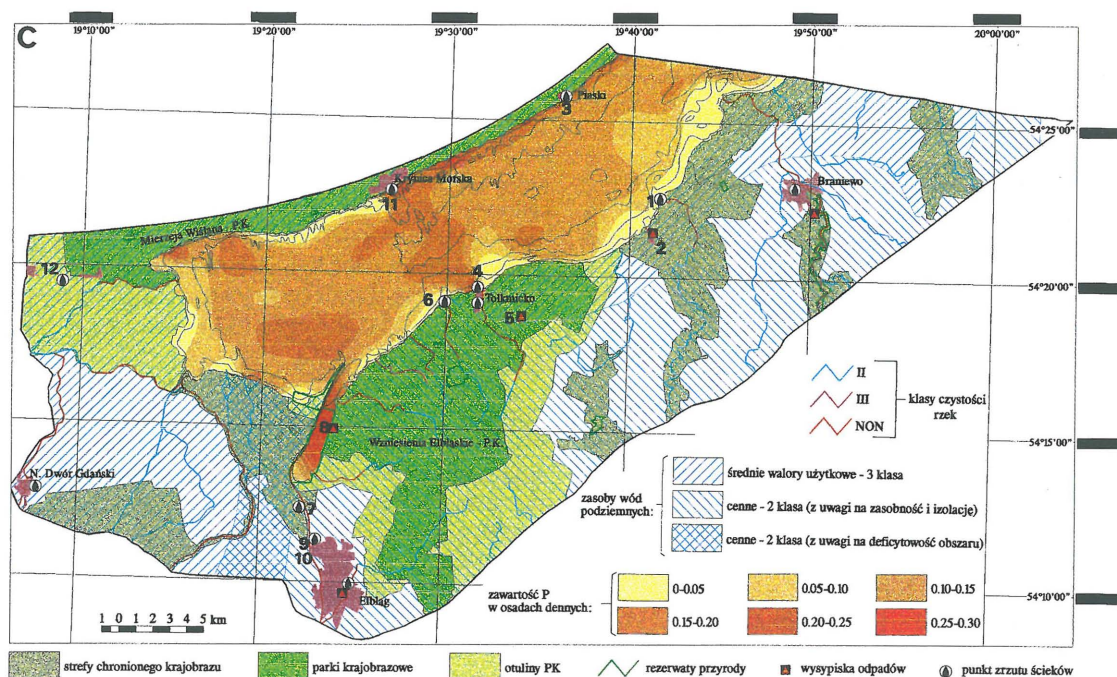
dynczym poziomom szarości numerycznego zapisu obrazu źródłowego (ryc. 2).

Fotointerpretacja. Na przetworzonych zdjęciach, na podstawie zmian przezroczystości i temperatury wód można prześledzić zjawisko mieszania się mas wodnych, pochodzących z różnego rodzaju dopływów lądowych z masami wód Zalewu Wiślanego i Zatoki Gdańskiej.

Przezroczystość wód. Należy stwierdzić, że przezroczystość wód jest ogólnie mało zróżnicowana, jest to związane z małą ilością fitoplanktonu. Okres jego maksymalnego rozwoju przypadający najczęściej w sierpniu lub na początku września uwidacznia się wyraźnie w przezroczystości wód. Na maj przypada okres początków jego rozwoju. W związku z tym stosunkowo małe zróżnicowanie przezroczystości wód nie jest zjawiskiem zaska-

kującym (ryc. 1). Poniżej przedstawiono zestawienie klas względnej przezroczystości wód w rejonie Zalewu Wiślanego oraz ujścia Wisły do Zatoki Gdańskiej (tab. 1).

Wody Zalewu Wiślanego cechują się ogólnie rzeczbiorą niską przezroczystością (klasy 4 i 5). W części zachodniej zalewu u ujścia rzek Nogatu, Szarpawy i Elbląg, a także w rejonie Kątów Rybackich przezroczystość jest nieco większa (klasa 2). Na obszarze Zatoki Gdańskiej wzdłuż Mierzei Wiślanej można również zaobserwować niższą przezroczystość w stosunku do dalej położonych wód zatoki. Może to być spowodowane wpływem batymetrii. Ponadto, na zdjęciu na skutek zmian przezroczystości bardzo dobrze są widoczne wody wprowadzane do Zatoki Gdańskiej przez przepok Wisły pod Świbnem, a także wody



Ryc. 4. Mapy waloryzacji przyrodniczej Zalewu Wiślanego i okolic sporządzone przy użyciu oprogramowania GIS

wprowadzane przez niezidentyfikowane źródło zanieczyszczeń na wschód od ujścia Martwej Wisły, w pobliżu Sobieszewa.

Zróżnicowanie temperatur. W odróżnieniu od niewielkiego zróżnicowania przezroczystości wód w dniu 26 maja 1987 r. obserwuje się znaczne zróżnicowanie temperatury wody zarówno w Zalewie Wiślanym, jak i Zatoce Gdańskiej. Dlatego też analiza zdjęcia satelitarne umożliwia pozyskanie wielu nowych informacji co do sposobu mieszania się masy wody oraz transportu osadów. Poniżej zestawiono klasy względnych zmian temperatury wód oraz ich barwy na zdjęciu (ryc. 2).

Temperatury Zalewu Wiślanego są wyraźnie wyższe w stosunku do Zatoki Gdańskiej. Natomiast w obrębie zalewu zaznaczają się w części zachodniej, u ujścia rzek Elbląg, Szprotawy i Nogatu temperatury niższe. Rozkład temperatur zalewu w pobliżu granicy państwowej z Rosją jest zakłócony przez chmury.

Z kolei temperatura wód Zatoki Gdańskiej jest stosunkowo chłodniejsza od wód wprowadzanych przez Wisłę, co umożliwia prześledzenie sposobu mieszania się tych mas wodnych i drogi transportu osadów. Zarówno wody wpływające z Wisły do Zatoki Gdańskiej przez przekop pod Świńnem, jak i przez Wisłę Śmiałą są wyraźnie zróżnicowane

temperaturowo. Tworzone przez te wody struktury wachlarzowe są poprzecinane pasmami wód chłodniejszych i cieplejszych.

Metody teledetekcyjne — SPOT

Charakterystyka zdjęcia. Zdjęcie z satelity SPOT-2 zostało wykonane 25 października 1995 r. o godzinie 10.40 a.m. Ma ono rozmiar 60 X 60 kilometrów (w artykule jest reprodukowana jego część, ryc. 3) i obejmuje większą część Zalewu Wiślanego położonego w obrębie granic Polski. Zdjęcie zostało zarejestrowane w wariacie wielospektralnym (trzy kanały spektralne w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni): B 1 (zakres zielony) — 0,50–0,59 mikrometra; B 2 (zakres czerwony) — 0,61–0,68 mikrometra; B 3 (bliska podczerwień) — 0,79–0,89 mikrometra jego rozdzielczość wynosi 20 X 20 metrów, a zapis stopni szarości w poszczególne kanały wykonano w kodzie 8 bitowym.

Przetworzenie zdjęcia. Utworzono kompozycję barwną w kolorach zbliżonych do rzeczywistych (ryc. 3) stosując następujący zestaw pasm i algorytmów: B1 kolor niebieski, B2 kolor czerwony, B2 X 3 + B3/4 kolor zielony.

Osiągnięto zadawalającą jakość i zróżnicowanie obrazu zarówno w obrębie akwenów wodnych (Zalew Wiślany, Zatoka Gdańska), jak również przyległych obszarów lądowych.

Ponadto utworzono kompozycję według algorytmu tak zwanego Indeksu Wegetacyjnego (normalized *Difference Vegetation Index* — NDVI) według formuły:

$$NDVI = (B3 - B2)/(B3 + B2)$$

Utworzona kompozycja nie charakteryzowała się zadawalającą jakością.

Fotointerpretacja. Podobnie jak w przypadku zdjęcia satelitarnego Landsat TM na zdjęciu SPOT dobrze jest widoczny proces mieszania się wód niesionych przez rzeki (Nogat, Szkarpa, Elbląg, Cieplicówka) z bardziej słonymi wodami zalewu przepływającymi, jak widać na zdjęciu od północy (wachlarzowate struktury o zmiennym fototonie). Obecność prądów można zauważyć w pobliżu Tolkmicka, w postaci współkształtnych do brzegu smug — ryc. 3.

Na podstawie modelu hydrodynamicznego prędkości przepływu opracowanego dla polskiej części zalewu w 1994 r. największe prędkości przepływu można zaobserwować w rejonach przybrzeżnych. Prądy te są skierowane w stronę Cieśniny Piławskiej. W rejonach oddalonych od brzegu przepływy są słabsze i skierowane w stronę przeciwną.

Wzdłuż Mierzei Wiślanej, w obrębie Zalewu Wiślanego, zaznacza się wyraźnie roślinność (szuwarek, trzcina itp.). Natomiast w zachodnim krańcu zalewu wody zmieniają wyraźnie fototon, co może być związane z niezidentyfikowanym źródłem zanieczyszczenia.

Podsumowanie wyników fotointerpretacji zdjęć satelitarnych

Wyniki fotointerpretacji zdjęć satelitarnych Landsat TM oraz SPOT wskazują, że zachodnia część Zalewu Wiślanego wzdłuż umownej linii Kąty Rybackie–Suchacz charakteryzuje się odmienną przezroczystością i temperaturą co jest najprawdopodobniej związane z procesem mieszania się słodkich wód doprowadzanych do zalewu przez rzeki z bardziej słonymi wodami zalewu, napływającymi od północy. Fakt ten z pewnością oddziałuje na sedymentację oraz zawartości w osadach fosforu oraz azotu, na co wskazują wyniki badań geochemicznych.

Mapy numeryczne w formacie ArcInfo

Waloryzacja przyrodnicza Zalewu Wiślanego i okolic. Zalew Wiślany leży w północno-wschodniej części województwa elbląskiego. Od wód Zatoki Gdańskiej oddziela go Mierzeja Wiślana (ryc. 4A). Od północnego-zachodu przylega doń równina deltowa Wisły zwana Żuławami Wiślanymi, od południa zaś Wysoczyzna Elbląska. Powierzchnia zalewu wynosi 838 km², z czego 328 km² znajduje się w granicach Polski. Średnia głębokość wynosi 2,7 m, a maksymalna 5,7 m (Łazarienko & Majewski, 1975) (ryc. 4B). Pod względem hydrologicznym jest to zbiornik słonawowodny o średnim zasoleniu 3‰.

Z morzem Bałtyckim Zalew Wiślany łączy się poprzez Cieśninę Piławską. Około 70% powierzchni dna masy zalewu pokrywają muły ilaste (ryc. 4A), co przy płytkości tego zbiornika sprawia, że osady te są jednym z głównych źródeł zawiesiny ograniczającej przezroczystość. Innym źródłem zawiesiny jest fitoplankton. Fitoplankton rozwija się sezonowo z uwagi na dostępność światła i substancji biogenicznych. Zimą jego rozwój jest ograniczony dostępnością światła, co prowadzi do nagromadzenia w toni wodnej rozpuszczonych, łatwo dostępnych dla roślin form azotu i fosforu nieorganicznego. Wiosną, ustąpienie pokrywy lodowej i wzrost natężenia promieniowania świetlnego przy dużej zawartości substancji biogenicznych powoduje gwałtowny zakwit fitoplanktonu. Zakwity fitoplanktonu znacznie obniżają przezroczystość wody. Wyczerpanie któregośkolwiek składnika substancji biogenicznych powoduje obumieranie fitoplanktonu, który opada na dno zbiornika. Ponowne nagromadzenie — dopływ biogenów ze źródeł zewnętrznych, uwalnianie z osadów dennych — związków azotu i fosforu nieorganicznego umożliwia dalsze zakwity. Rozwój fitoplanktonu kończy się późną jesienią z uwagi na niewielką ilość światła słonecznego. Nadmiar substancji biogenicznych sprzyjający zakwitom fitoplanktonu prowadzi do niekorzystnych zmian struktury troficznej zbiornika. Badania roślinności naczyniowej w połowie lat siedemdziesiątych (Pliński i in., 1978) wykazały — w stosunku do stanu z lat pięćdziesiątych — zmniejszenie jej powierzchni zasiedlenia, zmniejszenie ilości zespołów, zubożenie taksonów. Stan ten wiązano z wpływem eutrofizacji i intensywnością zakwitów szczególnie sinic. Ostatnie prace (Pliński, 1995; Dubrawski, 1995) wskazują iż ten trend się umocnił — zaobserwowano spadek ilości lub zanik takich gatunków jak: osoka aloesowata (*Stratiotes aloides* L.), strzałka wodna (*Sagittaria sagittifolia* L.), grzybieńczyk wodny (*Nymphoides peltata* Knitz), rdzestnica przesyta (*Potamogeton perfoliatus* L.) — i potwierdzają wrażliwość roślinności naczyniowej na spadek przezroczystości wody. Charakterystycznym składnikiem roślinności naczyniowej zalewu są jednorodne zbiorowiska trzciny (*Phragmites communis*) porastające brzegi szczególnie wschodniej jego części do Krynicy Morskiej zbiorowiska trzin (ryc. 5–7). Dalej na zachód pojawiają się oczeret jeziorny (*Schoenoplectus lacustris* L.).

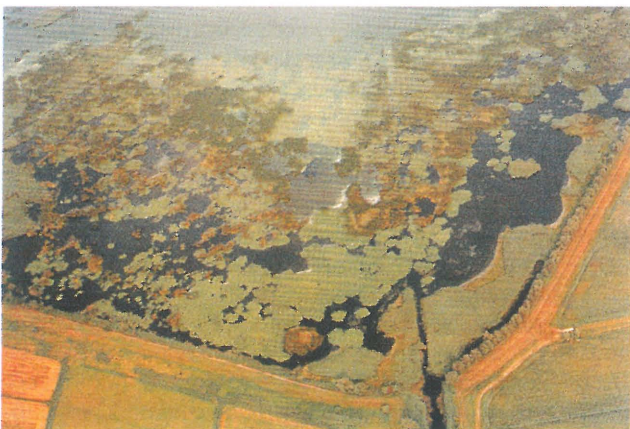
Najbogatsze zbiorowiska roślinności występują na zachodnim brzegu Zalewu Wiślanego (od Przebrna poprzez Kąty Rybackie, ujście Szkarpawy, Nogatu), gdzie obok trzin, oczeretu i sitowia leśnego (*Scirpus silvaticus* L.) pojawia się pałka wąskolistna (*Typha angustifolia* L.), a także roślinność o liściach pływających (grzybienie) i liściach zanurzonych.

Podstawowym czynnikiem warunkującym dynamikę wód zalewu jest wiatr. Na warunki wiatrowe znaczny wpływ ma ukształtowanie morfologiczne otaczającego rejonu. Za-

lew jest odsonięty w stosunku do przeważających wiatrów południowo-zachodnich, wiejących wzdłuż jego podłużnej osi. Wydmy Mierzei Wiślanej wyciszają wiatry na brzegu leżącym w ich cieniu aerodynamicznym (Kwiecień, 1975). Występuje tu znacznie mniej silnych wiatrów niż na przeciwległym brzegu. Wiosną najczęściej występują wiatry z kierunków południowo-zachodnich, zachodnich, północno-zachodnich i



Ryc. 5. Zalew Wiślany, okolice Kątów Rybackich. Roślinność porastająca brzegi — zespół trzciny i oczeretów (*Scirpo-Phragmitetum*) facja z pałąką wąskolistną (*Typha angustifolia*). Obecne są zbiorowiska roślin o liściach pływających



Ryc. 6. Zalew Wiślany, okolice Płoniny. Zroźnicowane zbiorowiska roślinności. Obok zespołu trzciny i oczeretów (*Scirpo-Phragmitetum*) liczna roślinność o liściach pływających i zanurzonych



Ryc. 7. Zalew Wiślany, piaski. Roślinność szuwarowa, głównie jednorodne zbiorowiska trzciny (*Phragmites communis*); ryc. 5–7 zdjęcia wykonał Gerard Kaptur, udostępnił Inst. Morski w Gdańsku

północnych. W miesiącach letnich przeważają wiatry z sektora zachodniego. Licznie są reprezentowane także wiatry północne. W okresie jesienno-zimowym przeważają wiatry południowo-zachodnie oraz południowe i południowo-wschodnie. Częstość występowania wiatrów silnych i sztormowych w przybliżeniu pokrywa się z ogólnym rozkładem częstości kierunków i tak: najczęściej występują silne wiatry i sztormy z kierunków południowo-zachodnich i zachodnich.

Niewielkie głębokości zalewu powodują, że cyrkulacja wód zależy przede wszystkim od siły i kierunku wiatru oraz od wymiany wód pomiędzy zalewem a Zatoką Gdańską. W polskiej części zalewu największe prędkości przepływu notuje się w rejonach przybrzeżnych. W tych rejonach prądy są skierowane w kierunku północno-wschodnim, w stronę Cieśniny Piławskiej. W częściach środkowych przepływy są słabsze i skierowane w kierunku przeciwnym (Kwiatkowski, 1996).

Niemal całe województwo elbląskie, z wyjątkiem południowo-wschodnich krańców, należy do zlewiska Zalewu Wiślanego. Z głównych pod względem wielkości dorzecza rzek należy wymienić:

a) Pasłękę, której długość wynosi 169 km, a powierzchnia dorzecza 2294,5 km². Do Braniewa rzeka prowadzi wody w III klasie czystości, natomiast odcinek od Braniewa do ujścia jest zanieczyszczony i wody są zaliczane do pozaklasowych. Ten ostatni odcinek rzeki znajduje się w cofce Zalewu i jest obwałowany.

b) Elbląg — bierze początek z Jeziora Drużno; jej długość wynosi 14,5 km, a powierzchnia dorzecza 1489 km². Rzeka na całej długości prowadzi wody pozaklasowe.

c) Nogat — skanalizowana odnoga Wisły, odcięta od niej służą w Białej Górze — ma długość 62,5 km, a jej powierzchnia zlewni wynosi 1336 km². Jest to rzeka nizinna o leniwym przepływie co przy narastającej eutrofizacji powoduje zakwity glonów oraz zarastanie. Rzeka do Malborka prowadzi wody III klasy czystości, a dalej aż do ujścia wody są zanieczyszczone ponadnormatywnie.

d) Szkarpawę — prawobrzeżne ramię Wisły, odcięte od niej służą o długości 26,5 km i powierzchni zlewni 807,9 km². Wody Szkarpawy i jej dopływów są nadmiernie zanieczyszczone.

Największą rzeką biorącą swój początek na Wzniesieniach Elbląskich jest Bauda. Jej długość wynosi 59 km, a powierzchnia dorzecza 316,1 km². Do Młynar rzeka prowadzi wody w II klasie czystości, a dalej do ujścia w klasie III.

Ogniska zanieczyszczeń. Za ogniska zanieczyszczeń uznano wysypiska, składowiska odpadów, zrzuty nieoczyszczonych ścieków do rzek lub bezpośrednio do wód Zalewu Wiślanego, a także zrzuty ścieków z oczyszczalni z uwagi na znaczne zawartości biogenów (ryc. 4). Znane wysypiska to:

♦ Frombork — wysypisko komunalne (2, numeracja według *Mapy waloryzacji przyrodniczej Zalewu Wiślanego* — patrz ryc. 4) o powierzchni 1,3 ha, odpady komunalne są gromadzone w wyrobisku kruszywa. Z uwagi na potencjalne zagrożenie dla środowiska jest projektowana jego modernizacja.

♦ Tolkmicko — wysypisko gminne w Nowince (5) o powierzchni około 2 ha, odpady komunalne i przemysłowe są składowane bez zabezpieczeń w naturalnym zagłębieniu terenu.

♦ Elbląg — składowisko odpadów paleniskowych EC Elbląg w Jagodnie (8). Składowane są tutaj popioły i żużle w ilości 13,4 tys. t.

♦ Elbląg — składowisko odpadów komunalnych w Rubnie (w pobliżu oczyszczalni ścieków) działające od 2,5 roku. Obecnie jest budowany tam zakład utylizacji odpadów i przygotowywany mogilnik na przyjmowanie szczególnie

niebezpiecznych dla środowiska odpadów np. substancje żrące, pojemniki po środkach ochrony roślin i inne.

Zrzuty nieoczyszczonych ścieków:

♦ EC Elbląg (9) — zrzut ścieków technologicznych w ilości 126 m³ do rzeki Elbląg.

♦ Kadyny (6) — zrzut ścieków nieoczyszczonych w ilości 10 m³/d.

Zrzuty oczyszczonych ścieków:

♦ Frombork (1) — mechaniczna oczyszczalnia ścieków odprowadzająca ścieki komunalne w ilości 450 m³/d bezpośrednio do zalewu.

♦ Piaski (3) — oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna zrzucająca ścieki bytowe do zalewu w ilości 44 m³/d, a w sezonie letnim 107 m³/d.

♦ Tolkmicko (4) — oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna odprowadzająca ścieki komunalne i przemysłowe (Przedsiębiorstwo Przemysłu Owocowo-Warzywnego) do zalewu w ilości 784 m³/d.

♦ Kadyny (6) — oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna odprowadzająca ścieki bytowe w ilości 87 m³/d do zalewu.

♦ Elbląg (7) — oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna ścieków w Rubnie. Ścieki komunalne są odprowadzane do rzeki Elbląg w ilości 4300 m³/d.

♦ Krynica Morska (11) — mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków. Ścieki komunalne w ilości 763 m³/d są zrzucane do zalewu.

♦ Stegna (12) — oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna ścieków komunalnych. Ścieki w ilości 484 m³/d są odprowadzane kanałem pompowym do Wisły Królewieckiej, a następnie do zalewu.

Również stocznia rzeczna (10) z uwagi na stosowane technologie i lokalizację stwarza potencjalne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego

Rozwój gospodarczy województwa — nie zawsze uwzględniający warunki przyrodnicze — spowodował, że rejon Mierzei Wiślanej oraz obrzeża Zalewu Wiślanego z Braniewem i Elblągiem zostały uznane za obszary tzw. zagrożenia ekologicznego. Zagrożenia te oraz niska odporność środowiska przyrodniczego spowodowały, że ochronę tegoż i jego racjonalne kształtowanie uznano za jeden z podstawowych celów rozwoju regionu. W tym celu utworzono Wojewódzki System Obszarów Chronionych (ryc. 4). System ten między innymi tworzą:

— Park Krajobrazowy Mierzeja Wiślana z borami sosnowymi i mieszanymi. W celu zachowania jedyne naturalnego stanowiska buka na mierzei w 1962 r. utworzono rezerwat leśny Buki Mierzei Wiślanej. Rezerwat jest położony w gminie Krynica Morska w pobliżu miejscowości Przebrno. Na mierzei w miejscowości Kąty Rybackie znajduje się rezerwat ornitologiczny Kąty Rybackie — miejsca lęgowe kormorana i czapli siwej.

— Park Krajobrazowy Wzniesienie Elbląskie wraz z otuliną obejmuje obszar Wysoczyzny Elbląskiej. Bogato urzeźbiona powierzchnia terenu, liczne wąwozy i jary, liczne strumienie leśne utrzymujące stałą, wysoką wilgotność powietrza oraz zasobne gleby sprzyjają rozwojowi — wymagającym pod względem siedliskowym — zbiorowiskom roślinnym, a także podnoszą atrakcyjność parku. Dominują tu lasy bukowe i mieszane z bukiem, grabem i dębem. Niewielkie powierzchnie, na glebach lżejszych, zajmują bory mieszane z bukiem, sosną, dębem szypułkowym i świerkiem. W celu zachowania naturalnych stanowisk buczyny pomorskiej utworzono w 1961 r. rezerwat Buki Wysoczyzny Elbląskiej. Rezerwat zajmuje powierzchnię 94,02 ha. Ochroną — od 1972 r. — objęto stary drzewostan (ok. 200-letni)

bukowo-dębowy tworząc rezerwat Kadyński Las. U wejścia do rezerwatu rośnie ok. 1000-letni dąb — zabytek przyrody.

— Rezerwat przyrody Zatoka Elbląska utworzono w 1991 r. w celu ochrony siedlisk ptaków wodno-błotnych.

— Obszary Chronionego Krajobrazu utworzono w celu zachowania walorów przyrodniczych, bez potrzeby zmiany stosunków własnościowych i dotychczasowych form gospodarowania. Do obszarów chronionych należą: Obszar Chronionego Krajobrazu Ujścia Nogatu i Rzeki Baudy.

Na ryc. 4 przedstawiono również zasoby wód podziemnych w rozbiciu na trzy klasy:

a) średnie zasoby użytkowe — 3 klasa,

b) cenne — 2 klasa (z uwagi na zasobność i izolację),

c) cenne — 2 klasa (z uwagi na deficytowość obszaru).

Na ryc. 4C, D przedstawiono także zawartość fosforu oraz węgla organicznego w osadach dennych zalewu. Zwraca uwagę podwyższona zawartość obu parametrów.

Podsumowanie

1. Dane wyselekcjonowane i zebrane w trakcie opracowania projektu (dane kartograficzne, ogniska zanieczyszczeń itp.) zostały uporządkowane w formie warstw informacyjnych w formacie ArcInfo. Umożliwia to opracowanie różnych, dowolnie wybranych map tematycznych oraz ułatwia analizę wybranych elementów.

2. Sposób gromadzenia informacji w powyższy sposób znacznie ułatwia aktualizację oraz dołączanie nowych warstw informacyjnych.

3. Wyniki fotointerpretacji zdjęć satelitarnych pozyskanych w różnym czasie wskazują, że zachodnia część Zalewu Wiślanego charakteryzuje się odmienną przezroczystością i temperaturą co jest najprawdopodobniej związane z procesem mieszania się słodkich wód doprowadzanych do zalewu przez rzeki z bardziej słonymi wodami zalewu napływającymi od północy.

4. Wzbogacenie zawartości P i Corg w osadach dennych zalewu jest związane z dwoma czynnikami:

— produkcja pierwotną w obrębie Zalewu Wiślanego,

— transportem rzeczny.

5. Uzyskane wyniki, zestawione w formie numerycznej powinny zostać wykorzystane przez instytucje zajmujące się zarządzaniem środowiska przyrodniczego, przy wykonywaniu ocen oddziaływania na środowisko oraz projektowaniu dużych inwestycji, w tym projektowaniu kanału żeglugowego na Mierzei Wiślanej.

Literatura

- DUBRAWSKI R. 1995 — Przedstawienie koncepcji oczyszczania i rekultywacji wód i dna Zalewu Wiślanego. Inż. Morska i Geotech., 6: 249–254.
- GRANICZNY M., KOWALSKI Z., PIĄTKOWSKA A., ROBAKIEWICZ M. & ZACHOWICZ J. 1995 — Monitoring Zatoki Gdańskiej za pomocą metod teledetekcyjnych oraz modelowania hydrodynamicznego. Prz. Geol., 43: 465–472.
- KWIATKOWSKI J. 1966 — Ocena możliwości poprawy sytuacji ekologicznej w Zalewie Wiślanym. Arch. Reg. Zarządu Gosp. Wod. w Gdańsku. Gdańsk.
- KWIECIEŃ J. 1975 — Klimat i warunki synoptyczne, Hydrometeorologiczny ustrój Zalewu Wiślanego. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa
- ŁAZARIENKO N.N. & MAJEWSKI A. (red.) 1975 — Hydrometeorologiczny ustrój Zalewu Wiślanego. Wyd. Komunikacji i Łączności. Warszawa.
- PLIŃSKI M., KREŃSKA B. & WNOROWSKI T. 1978 — Floristic relationships and biomass of vascular plants of the Vistula Lagoon. Stud. i Mater. Oceanolog. KBM PAN Sopot, 21: 161–196.
- PLIŃSKI M. 1995 — Vascular plants of the northern part of Vistula Lagoon. Bull. Marit. Inst., 22: 81–87.