

Land Information System

PL. 9206-02-04/II

KOMPLEKSOWE WYKORZYSTANIE INFORMACJI ZE ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Część III

Szczegółowe aplikacje zdjęć lotniczych
w różnych dziedzinach gospodarki narodowej

Skrypt został przygotowany na zamówienie Głównego Geodety Kraju, w ramach projektu PHARE PL. 9206-02-04/II, przez:

- ☛ Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH w Krakowie;
- ☛ Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjno-Kartograficznej w Sieradzu wchodzące w skład Konsorcjum „AEROFOTO 97”.

Kraków - Sieradz, maj 1998

SPIS TREŚCI:**Część III**

16. Ortofotomapa jako kartometryczny produkt przetwarzania zdjęć lotniczych oraz jako element bazowy systemów geoinformacyjnych	16-1
16.1 Wstęp - od fotomapy do wirtualnej ortofotomapy	16-1
16.2 Od przetwarzania strefowego do różniczkowego	16-1
16.3 Ortoektyfikacja, ortoobraz, ortofotomapa	16-3
16.4 Ortofotomapa w Polsce i wybranych krajach	16-7
16.4.1 Ortofotomapy w Austrii	16-7
16.4.2 Ortofotomapy w Szwecji	16-8
16.5 Ortofotomapa jako forma mapy i element systemu geoinformacyjnego w świetle tendencji rozwojowych geomatyki	16-9
16.6 Współczesne technologie wykonywania ortofotomapy	16-11
16.7 Systemy do opracowania i użytkowania cyfrowej ortofotomapy	16-12
16.8 Potrzeba aktualnej geoinformacji na bazie ortofotomapy	16-13
16.9 Ortofotomapa w systemach wspomagania decyzji	16-14
16.10 Analiza porównawcza ortofotomapy i ewidencji gruntów	16-14
16.11 Ćwiczenia	16-15
16.12 Warsztaty	16-17
16.13 Literatura	16-17
17. Interpretacja i pomiary obrazów stereoskopowych z użyciem fotogrametrycznej stacji cyfrowej VSD	17-1
17.1 Wprowadzenie	17-1
17.2 Sposób realizacji sztucznego efektu stereoskopowego w VSD	17-1
17.3 Obrazy cyfrowe w VSD	17-2
17.4 Organizacja dostępu do obrazów cyfrowych	17-3
17.5 Uruchomienie programu VSD i wybór pola roboczego	17-3
17.6 Stereopercepcja w VSD	17-4
17.7 Kursor i jego funkcje	17-5
17.8 Funkcje obrazowe VSD	17-7
17.9 Funkcje wektorowe	17-7
17.10 Wektoryzacja stereogramów	17-9
17.11 Import map wektorowych 2D i 3D oraz zapisanie wyników	17-10
17.12 Uwagi końcowe	17-13
17.13 Aktywne klawisze sterujące programem VSD - opcja stereo	17-15
18. Dostępność do biblioteki obrazów cyfrowych poprzez sieć komputerową. Kompresja i dekompresja obrazów	18-1

Zestaw A

A1. Administracja i zarządzanie	A1-1
A1.1 Potrzeby informacyjne w administracji i zarządzaniu	A1-1
A1.1.1 Zadania samorządu terytorialnego	A1-1
A1.1.2 Bariera informacyjna	A1-2
A1.1.3 System informacji o terenie jako narzędzie zarządzania	A1-3
A1.1.4 Zadania samorządów lokalnych wynikające z odpowiednich przepisów a zawartość informacyjna zdjęć lotniczych	A1-4
A1.2 Wprowadzenie do Komputerowych Systemów Wspomagania Decyzji	A1-6
A1.2.1 Uwagi ogólne	A1-6
A1.2.2 Definicje podstawowych pojęć	A1-7
A1.2.3 Rodzaje decyzji	A1-10

A1.2.3.1 Decyzje z uwzględnieniem wielu kryteriów	A1-10
A1.3 Literatura.....	A1-12
A1.4 Konspekt do ćwiczeń.....	A1-12
A1.4.1 Zadania dla bloku tematycznego A.....	A1-12
A1.4.2 Zadania dla bloku tematycznego B	A1-13
A2. Rolnictwo i użytkowanie gruntów	A2-1
1. Wprowadzenie	A2-1
1.1. Gleba jako zasadnicza, naturalna podstawa rolnictwa	A2-1
1.2. Centralne miejsce pedosfery	A2-1
A2.1. Użytkowanie rolnicze na podstawie zdjęć lotniczych	A2-2
A2.2. Ocena użytków zielonych i upraw rolniczych	A2-3
A2.3. Szacowanie degradacji gleb z powodu erozji powierzchniowej i liniowej, niszczenie dróg polnych	A2-4
A2.4. Warunki wodne w glebie i melioracje	A2-5
A2.5. Jakość użytków zielonych.....	A2-15
A2.6. Geoinformacyjne systemy wspomagania zarządzania i planowania na terenach rolniczych	A2-15
A2.7. Optymalizacja struktury przestrzennej terenów wiejskich.....	A2-15
A2.8. Ćwiczenia.....	A2-16
A2.9. Zajęcia warsztatowe.....	A2-16
Literatura.....	A2-17
A3. Leśnictwo i ochrona przyrody	A3-1
A3.1 Określenie zmian zachodzących w ekosystemach leśnych pod wpływem oddziaływania przemysłu.....	A3-1
A3.2 Zastosowanie zdjęć lotniczych w leśnictwie i ochronie przyrody (Lasy Państwowe, Parki Narodowe, Krajobrazowe, strefy chronione).....	A3-6
A3.2.1 Historia zastosowań zdjęć lotniczych w leśnictwie.....	A3-6
A3.2.2 Zastosowania ortofotografii cyfrowej w leśnictwie	A3-7
A3.3 Wielkopowierzchniowy monitoring stanu zdrowotnego lasów przy wykorzystaniu spektrostrefowych zdjęć lotniczych	A3-10
A3.3.1 Krzywe spektrofotometryczne roślinności. Czynniki wpływające na przebieg krzywych	A3-10
A3.3.1.1 Odbicie promieniowania od liści i igieł.....	A3-11
A3.3.2 Ujęcie stanu zdrowotnego lasu na barwnych zdjęciach spektrostrefowych.....	A3-16
A3.3.2.1 Lotnicze zdjęcie spektrostrefowe	A3-16
A3.3.2.1.1 Czas wykonywania zdjęć.....	A3-16
A3.3.2.1.2 Film spektrostrefowy	A3-16
A3.3.2.1.3 Jakość radiometryczna zdjęcia lotniczego	A3-17
A3.3.2.1.3.1 Kontrast barw na zdjęciu lotniczym.....	A3-17
A3.3.2.1.3.2 Wskaźnik barw	A3-18
A3.3.2.1.4 Trasa nalotu	A3-18
A3.3.2.1.5 Obiektywy	A3-19
A3.3.2.1.6 Skala zdjęcia	A3-19
A3.3.2.1.7 Pokrycie terenu przez zdjęcia	A3-20
A3.3.2.2 Zalety zdjęć spektrostrefowych.....	A3-20
A3.3.3 Inwentaryzacja stanu zdrowotnego lasu.....	A3-20
A3.3.3.1 Siatka powierzchni próbnych	A3-20
A3.3.3.2 Jednostopniowy i wielostopniowy wybór powierzchni próbnej	A3-21
A3.3.4 Fotointerpretacja drzewostanów na zdjęciach lotniczych i kartowanie biotopów	A3-23
A3.3.5 Interpretacja wizualna zdjęć spektrostrefowych	A3-23
A3.3.6 Identyfikacja gatunku.....	A3-23
A3.3.7 Klucz fotointerpretacyjny uszkodzeń koron drzew.....	A3-24
A3.3.8 Wyniki interpretacji wzrokowej.....	A3-31
A3.4 Planowanie i estetyka krajobrazu. Projektowanie autostrady przez grunty leśne oraz zalesień terenów nieużytków i gruntów rolniczych.....	A3-34
A3.5 Literatura.....	A3-38
A4. Ewidencja gruntów i budynków.....	A4-1
A4.1 Podstawy prawne prowadzenia ewidencji gruntów i budynków	A4-1

A4.2 Charakterystyka istniejącego systemu ewidencji gruntów i budynków	A4-1
A4.3 Przekształcanie ewidencji gruntów i budynków w nowoczesny kataster nieruchomości	A4-3
A4.4 Kataster nieruchomości a zdjęcia lotnicze	A4-6
A4.5 Wykorzystanie zdjęć lotniczych i ortofotomap do porównania stanu własności lub władania (ewidencja) i faktycznego stanu użytkowania	A4-7
A4.6 Aktualizacja ewidencji gruntów i budynków na podstawie ortofotomapy cyfrowej.....	A4-7
A4.7 Wykrywanie samowoli budowlanej oraz budowli wzniesionych niezgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego	A4-9
A4.7.1 Zarys systemu planowania przestrzennego	A4-9
A4.7.2 Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego	A4-9
A4.7.3 Decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu	A4-9
A4.7.4 Pozwolenie na budowę	A4-11
A4.7.5 Geodezyjna dokumentacja powykonawcza - tryb wnoszenia budynków na mapę zasadniczą i mapę ewidencyjną.....	A4-12
A4.7.6 Wyszukiwanie w oparciu o ortofotomapę samowoli budowlanych oraz lokalizowanie budynków wzniesionych w terenach przeznaczonych w planie zagospodarowania przestrzennego na inne cele.....	A4-12
A4.7.6.1 Zadanie I	A4-12
A4.7.6.2 Zadanie II	A4-12

Zestaw B

B1. Administracja i zarządzanie	patrz A1-1
B2. Planowanie przestrzenne i urbanistyka	B2-1
B2.1 Wykorzystanie zdjęć lotniczych w planowaniu przestrzennym i urbanistyce	B2-3
B2.1.1 Zapotrzebowanie na materiały kartograficzne w planowaniu przestrzennym i urbanistyce	B2-7
B2.1.2 Zapotrzebowanie i wykorzystanie opracowań fotogrametrycznych	B2-7
B2.1.3 Wykorzystanie modelu stereoskopowego terenu otrzymanego ze zdjęć lotniczych.....	B2-14
B2.1.4 Wykorzystanie zdjęć lotniczych kolorowych	B2-14
B2.2 Inwentaryzacja terenu z wykorzystaniem zdjęć lotniczych dla obszarów małego i dużego inwestowania z wyróżnieniem zabudowy, użytkowania rolniczego, roślinności, wód, komunikacji, przemysłu, itp	B2-14
B2.2.1 Studia dla potrzeb planowania przestrzennego	B2-14
B2.2.2 Określenie kierunku zmian i ich dynamiki.....	B2-14
B2.3 Zmiany użytkowania terenu oraz jego funkcji na podstawie multitemporalnych zdjęć lotniczych, wraz z określeniem tendencji tych zmian.....	B2-15
B2.4 Ocena koncepcji zagospodarowania terenu w oparciu o różne techniki fotointerpretacyjne, w aspekcie polityki środowiskowej	B2-21
B3. Inżynieria i budownictwo.....	B3-1
B3.1 Wykorzystanie zdjęć lotniczych i ortofotomap dla przygotowania podkładów do projektowania inwestycji budowlanych i inżynierskich.....	B3-1
B3.1.1 Sporządzanie projektów inwestycji budowlanych w świetle prawa budowlanego.....	B3-1
B3.1.2 Rola i miejsce zdjęć lotniczych w procesie projektowania inwestycji.....	B3-2
B3.1.3 Wykorzystanie zdjęć lotniczych przy projektowaniu dróg	B3-2
B3.1.4 Ćwiczenie I - Pomiar profilu terenu do próby projektu wysokościowego odcinka autostrady	B3-4
B3.2 Monitoring postępu realizacji inwestycji na podstawie cyklicznych zdjęć i produktów pochodnych.....	B3-5
B3.3 Ćwiczenie II - Odczytywanie budowli i urządzeń inżynierskich na zdjęciach w różnych skalach	B3-7
B3.4 Ocena stopnia zagrożenia obiektów inżynierskich deformacjami typu osuwiskowego	B3-7
B3.5 Pozyskiwanie danych do geoinformatycznych systemów wspomagających zarządzanie inwestycją.....	B3-8
B3.5.1 Składniki baz danych dla systemów informatycznych.....	B3-8
B3.5.2 Fotogrametria i teledetekcja jako podstawowe źródła danych	

do systemów informatycznych.....	B3-9
B4. Monitoring i ochrona środowiska.....	B4-1
B4.1 Wprowadzenie	B4-1
B4.2 Modele środowiska	B4-2
B4.3 Teledetekcyjny monitoring środowiska	B4-4
B4.3.1 Przykład teledetekcyjnego monitoringu środowiska	B4-8
B4.3.1.1 Wprowadzenie	B4-8
B4.3.1.2 Monitorowanie przekształceń środowiska rejonu składowiska fosfogipsów	B4-12
B4.3.1.3 Konkluzje	B4-14
Literatura.....	B4-14
B4.4 Ćwiczenie.....	B4-16
B4.5 Strefa brzegowa morza.....	B4-20
B4.5.1 Wiadomości ogólne	B4-20
B4.5.2 Elementy strefy brzegowej i ich wygląd na zdjęciach lotniczych	B4-21
Literatura.....	B4-31
B4.5.3 Ćwiczenia	B4-31
B4.5.4 Warsztaty	B4-31
Część informacyjna	i
Informacje o autorach	i

B4. MONITORING I OCHRONA ŚRODOWISKA

Stanisław Mularz

B4.1 WPROWADZENIE

Środowisko jest to ogół wszystkich czynników ożywionych (biotycznych) i nieożywionych (abiotycznych) tworzących dany obszar, wzajemnie powiązanych i ulegających zmianom. Części składowe środowiska (komponenty) bezustannie na siebie oddziałują, co prowadzi do zmiany warunków w jakich zachodzą kolejne stadia przeobrażeń środowiska, także z udziałem człowieka. W skrajnych przypadkach czynnik tzw. antropopresji prowadzi do trwałych nieodwracalnych zmian w środowisku, najczęściej o charakterze degradacyjnym.

Wyróżnia się zazwyczaj środowisko:

- geograficzne,
- przyrodnicze,
- naturalne.

Środowisko geograficzne jest syntezą komponentów naturalnych i antropogenicznych i bywa niekiedy utożsamiane z pojęciem krajobrazu (geokompleksu) czyli fizjognomią powierzchni Ziemi, lub jej części, będącą splotem rzeźby terenu, wód, warunków klimatycznych świata roślinnego i zwierzęcego oraz działalności ludzkiej, pozostających we wzajemnym oddziaływaniu na siebie.

Środowisko przyrodnicze tworzą elementy przyrody ożywionej i nieożywionej w tym także zmienione przez człowieka. Np., w wyniku eksploatacji złóż kopalin użytecznych dochodzi zazwyczaj do trwałego przeobrażenia różnych komponentów środowiska w rejonie eksploatacji górniczej (przekształcenia geomechaniczne, zmiany stosunków wodnych, zmiany sposobu użytkowania terenu itp.).

Środowisko naturalne mają tworzyć w założeniu, pierwotne, “dziewicze” komponenty abiotyczne i biotyczne, które poddawane są tylko przeobrażeniom na skutek oddziaływania sił Natury, a więc zjawiskom i procesom zachodzącym samoistnie bez ingerencji człowieka. W skali całego globu tylko nieliczne enklawy spełniają to kryterium, bowiem czynnik antropopresji ujawnia się obecnie, z większym lub mniejszym natężeniem niemal wszędzie.

Efekty działalności człowieka, zarówno w środowisku nieożywionym jak i ożywionym, obserwuje się w wymiernej postaci jako: zużycie nieodnawialnych złóż kopalin użytecznych, degradacje pokrywy glebowej, zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych, przekształcenia krajobrazu, zmiany klimatu i inne. Wytwarzane przez człowieka różnego rodzaju polutanty docierają do trudno dostępnych szczytów górskich, łądolodu Antarktydy czy największych głębin oceanicznych.

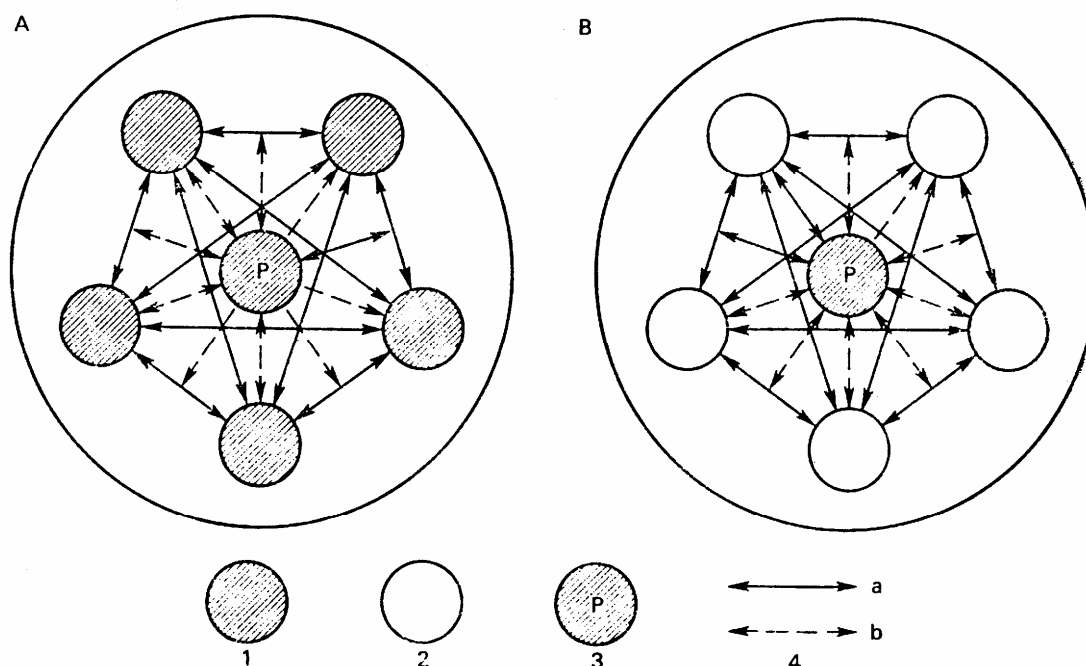
Monitoring środowiska jest to system gromadzenia i przetwarzania danych o środowisku (lub jego elementach) służący do kontrolowania jego zmian oraz jako wsparcie do podejmowania zoptymalizowanych decyzji. Przez monitoring środowiska rozumie się zatem *system kontrolno-ostrzegawczy* służący nie tylko rejestracji stanu środowiska i śledzenia zachodzących w jego obrębie zmian ale również stwarzających podstawę do prognozowania i przeciwdziałania negatywnym skutkom tych zmian w formie odpowiedniego postępowania decyzyjnego. Np. dobrze funkcjonujący system monitoringu powietrza atmosferycznego winien umożliwić wykrywanie na danym obszarze trującego smogu, prognozę co do jego zasięgu i sposobu rozprzestrzeniania oraz powinien zawierać elementy decyzyjne gwarantujące skuteczne ostrzeżenie mieszkańców o powstającym zagrożeniu oraz, przewidziane z góry, sposoby przeciwdziałania negatywnym skutkom tego zjawiska, z ewakuacją ludności włącznie.

B4.2 MODELE ŚRODOWISKA

W pojęciu środowiska występuje, podobnie jak w przypadku każdej przestrzeni, przede wszystkim struktura materialna.

Z formalnego punktu widzenia środowisko można rozpatrywać jako:

- zbiór obiektów materialnych i energii oraz ich oddziaływań wzajemnie na siebie oraz na tzw. podmiot środowiska stanowiący albo odrębny komponent środowiska, albo określony ich zespół;
- zbiór samych tylko oddziaływań (reakcji), gdzie nie jest istotna natura materialna oddziaływań, a istotne jest tylko działanie wzajemne i oddziaływanie w stosunku do podmiotu (Rys.1).



Rys. 1. Modele środowiska: A - środowisko jako zbiór obiektów materialnych i ich wzajemne oddziaływania (wzajemne na siebie i na podmiot - obiekty materialne jako “nosiciele” relacji oddziaływania); B - środowisko jako zbiór samych oddziaływań

1 - komponenty materialne, 2 - komponenty jako “nosiciele” oddziaływań, 3 - podmiot, 4 - oddziaływania: a - między komponentami, b - w stosunku do podmiotu (wg T. Bartkowskiego, 1986)

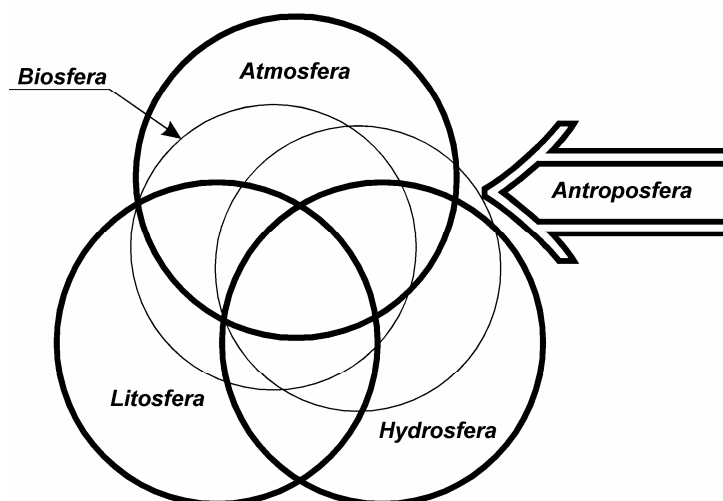
Podmiot środowiska może mieć różną naturę i obejmować różny zakres znaczeniowy. Może nim być:

- ⇒ istota żywa (roślina, zwierzę, człowiek) czyli elementy biotyczne,
- ⇒ obiekt abiotyczny (jezioro, góra, dolina rzeczna, lodowiec itp.),
- ⇒ proces biotyczny, fizyko-chemiczny lub techniczny,
- ⇒ element podstawowy zbiorowości (indywiduum), np. środowisko człowieka, określonej rośliny lub zwierzęcia,
- ⇒ określona zbiorowość; społeczeństwo, gatunek, forma życia, populacje itp.

W świetle innych koncepcji środowisko może być traktowane samo tylko otoczenie (*mereostruktura*) bez swobodnego centrum. Jest to interakcyjny układ obiektów wzajemnie powiązanych relacjami, wg pewnej zasady.

W innym ujęciu model środowiska stanowi układ obiektów powiązanych relacjami ze sobą a także z podmiotem umieszczonym w centrum oddziałującym z obiektami na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Jest to tzw. *holostruktura* czyli układ interakcyjny zorientowany na punkt centralny.

Model środowiska w układzie geosfer



Rys. 2. Środowisko jako kategoria systemowa i kategoria przestrzenna

Realny model części abiotycznej środowiska tworzą tzw. sfery ziemskie (geosfery) dostępne do zdalnego i bezpośredniego monitorowania (Rys.2).

Litosfera - inaczej sfera kamienna (skorupa ziemska) stanowi twarde podłoże złożone z serii skał magmowych, osadowych i przeobrażonych (metamorficznych), w obrębie którego rozwijają się wszelkie procesy i zjawiska modelujące powierzchnię Ziemi. Najbardziej zewnętrzną “naskórkową” część litosfery stanowią gleby.

Gleby, chociaż są niezwykle ważnym komponentem środowiska (por. rozdz. A2), nie tworzą w ujęciu modelowym odrębnej geosfery. W najbardziej ogólnej definicji gleba to “mniej lub więcej skruszona, przeobrażona i ożywiona, płytka powierzchniowa zwietrzelina skorupy ziemskiej, zbudowanej z różnych skał” (Lazar J., 1977).

Hydrosfera obejmująca wszystkie wody ziemskie, zarówno powierzchniowe (w tym przede wszystkim akweny morskie i oceaniczne) jak i wody podziemne tworzące, oddzielne lub połączone hydraulicznie, horyzonty wodne. Kolektor dla wód podziemnych stanowią przede wszystkim serie porowatych skał osadowych (piaskowce, zlepieńce) oraz wolne przestrzenie w postaci spękań, szczelin i pustek w innych rodzajach skał.

Atmosfera ziemska a właściwie najważniejsza jej dolna część - *troposfera* (7-18 km) stanowiąca powietrze atmosferyczne w postaci mieszaniny gazów, głównie azotu (78%), tlenu (21%) oraz dwutlenku węgla, wodoru i domieszki gazów szlachetnych - argonu, helu i innych). Charakterystyczne cechy atmosfery to intensywne wymiana ciepła z powierzchnią litosfery i hydrosfery, silne mieszanie się mas powietrza z koncentracją pary wodnej na skutek efektu parowania.

Biosfera obejmuje w całości świat istot żywych, czyli inaczej mówiąc czynnik ożywiony (biotyczny) środowiska, którego człowiek jest integralną częścią. Głównymi obszarami rozwoju biosfery są hydrosfera oraz przypowierzchniowa warstwa litosfery, w tym zwłaszcza pokrywa glebowa. Atmosfera jest nieporównanie uboższym siedliskiem żywych organizmów, ale w zamian pełni funkcję bardzo ważnego biostymulatora (wymiana fazy gazowej, transport zarodników, nasion, substancji odżywczych itp.).

Antroposfera czyli innymi słowy przestrzeń życia i działalności człowieka anektuje w coraz większym stopniu wszystkie sfery ziemskie wraz ze światem roślin i zwierząt. Działalność człowieka, zwłaszcza w sensie inżynierskim i technologicznym (*technosfera*) ma najczęściej degradacyjny charakter w stosunku do środowiska geograficznego. Stąd między innymi wypływa potrzeba a nawet konieczność monitorowania środowiska, aby poprzez kontrolowanie stanu i śledzenie zachodzących zmian, zapobiegać w porę nadmiernej degradacji poszczególnych jego komponentów.

B4.3 TELEDETEKCYJNY MONITORING ŚRODOWISKA

Pomiędzy sferami tworzącymi środowisko zachodzi bez przerwy wymiana materii i energii. Wody parują i w części przechodzą do atmosfery, by następnie w postaci opadów zasilać wody powierzchniowe i podziemne. Woda opadowa infiltruje w głąb skał, częściowo łączy się chemicznie z niektórymi ich składnikami, częściowo spływa po nich ługując pewne elementy i unosząc rozdrobnione okruchy skalne, za pośrednictwem cieków powierzchniowych, do akwenów morskich i oceanicznych. Tam zaś składniki nierozpuszczalne sedymentują na dnie, powodując przyrost skorupy ziemskiej - litosfery. Wulkany wyprowadzają z głębi litosfery duże ilości par, gazów oraz pyłów i popiołów, które częściowo dołączają się do atmosfery a częściowo rozpuszczają i osadzają w hydrosferze.

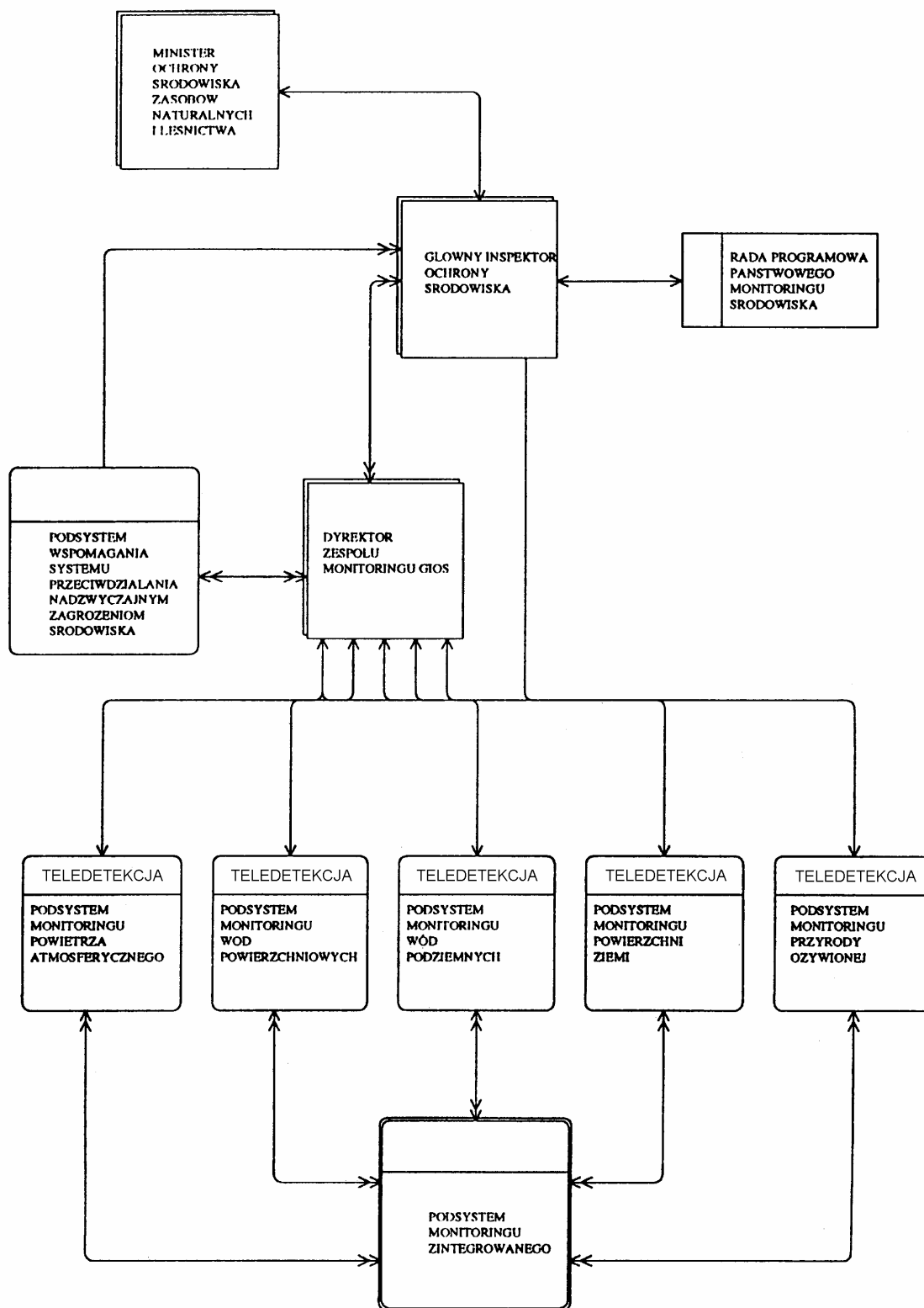
Z kolei działalność człowieka wpływa w coraz większym stopniu na przebieg wielu zjawisk i procesów naturalnych, w tym przede wszystkim na erozję pokrywy glebowej. W tej ustawicznej wymianie materii pomiędzy atmosferą, hydrosferą, litosferą i biosferą uczestniczą rozmaite pierwiastki chemiczne. Każdy z nich odgrywa swoją rolę, każdy krąży w sposób dla siebie właściwy w przypowierzchniowych sferach ziemskich. Te skomplikowane cyrkulacje pierwiastków mają charakter ciągły i zachodzą na naszych oczach. Badanie ich jest przedmiotem monitoringu bezpośredniego głównie geo- i hydrochemicznego, opartego na punktowym opróbowaniu określonej części składowej środowiska.

Natomiast monitoring prowadzony z wykorzystaniem zdalnych metod rejestracji pozwala na określenie relacji przestrzennych oraz jakościową/iłościową ocenę badanego elementu środowiska.

Obowiązujący w naszym kraju program Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) nawiązuje do modelu środowiska w postaci sfer i zawiera w swojej strukturze organizacyjnej sześć głównych podsystemów :

- monitoring powietrza atmosferycznego,
- monitoring wód powierzchniowych,
- monitoring wód podziemnych,
- monitoring powierzchni Ziemi,
- monitoring przyrody ożywionej,
- monitoring zintegrowany.

Oddzielne ogniwo strukturalne, funkcjonujące na poziomie dyrektora zespołu monitoringu, Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska stanowi "Podsystem wspomagania systemu przeciwdziałania nadzwyczajnym zagrożeniom środowiska".



Rys. 3. Struktura organizacyjna państwowego monitoringu środowiska

Współcześnie prowadzony monitoring środowiska musi opierać się na dobrze zorganizowanym systemie informatycznym, który umożliwia racjonalne magazynowanie gromadzonych danych, ich efektywne przetwarzanie i prowadzenie analiz tematycznych z wykorzystaniem Systemów Informacji Geograficznej (GIS).

Koncepcja organizacji systemu informatycznego PMŚ opiera się na administracyjnej strukturze Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska, które w połączeniu z organami administracji państwowej, terenowej i samorządowej gromadzą dane o środowisku na szczeblu województwa lub regionu. Dane te łącznie z informacjami zbieranymi przez inne instytucje zasilają Centralną Bazę Danych o Środowisku, zlokalizowaną w Głównym Inspektoracie Ochrony Środowiska. Stamtąd przetworzone i zweryfikowane przez Instytuty Naukowe sprawujące nadzór merytoryczny nad podsystemami monitoringu, dane o środowisku trafiają do Organów Administracji Państwowej jako szczebla decyzyjnego w postaci komunikatów raportów i opracowań.

We wszystkich, przewidzianych w programie PMŚ podsystemach, udział teledetekcji w pozyskiwaniu informacji o stanie głównych komponentów środowiska powinien być znaczący.

W niektórych przypadkach, np. w odniesieniu do badania zasięgu i charakteru propagacji zanieczyszczeń pyłowych w atmosferze, metody teledetekcji satelitarnej stanowią jedyne i niezastąpione źródło informacji.

Dymy emitowane do atmosfery, zwłaszcza przez zakłady przemysłowe, są doskonale widoczne na wielospektralnych obrazach satelitarnych. Z pułapu satelitarnego uzyskuje się jednoczesną niemal rejestrację obecności skażeń pyłowych w powietrzu atmosferycznym na dużym obszarze (Rys.4). Pozwala to na określenie zasięgu, kierunku i charakteru rozprzestrzeniania się pyłów, oraz wyniesienia smug dymowych nad powierzchnię terenu. Można także dokonać ilościowej oceny względnego stężenia pyłów w atmosferze oraz określić geometrię i sposób rozcieńczania się smugi, w funkcji odległości od emitora.



Rys. 4. Dymy nad centralną częścią Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego - przykład monitoringu powietrza atmosferycznego z pułapu satelitarnego (fragment sceny systemu LANDSAT MSS)

Zdjęcia lotnicze i zobrazowania satelitarne stanowią obiektywne źródło danych o skażeniach wód powierzchniowych substancjami ropopochodnymi, zrzutami ścieków komunal-

nych i przemysłowych, a także można na ich podstawie interpretować efekty eutrofizacji jezior i zbiorników retencyjno-energetycznych.

Z kolei zobrażenia wieloczasowe (*multitemporalne*) pozwalają na śledzenie zjawisk i procesów dynamicznych np. przebieg fali powodziowej, rozprzestrzenianie się pożaru kompleksów leśnych, narastanie trwałych przekształceń geomechanicznych w rejonach eksploatacji górniczej, itp.

Zdjęcia lotnicze stanowią również doskonały materiał do inwentaryzacji składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych, w tym również tzw. “dzikich wysypisk” (Rys.5).



Rys. 5. Dokumentacja fotolotnicza “dzikiego” wysypiska

B4.3.1 Przykład teledetekcyjnego monitoringu środowiska (Ekologiczne aspekty składowania fosfogipsów)

B4.3.1.1 Wprowadzenie

Kompleksowy charakter degradacji środowiska może być następstwem niewłaściwej lokalizacji składowiska odpadów przemysłowych. Zmianym tego przykładem jest budowa składowiska odpadów fosfogipsowych Zakładów Chemicznych "Police" w Policach k. Szczecina (Rys.6).

Główną masę odpadów fosfogipsowych (93-95%) stanowi gips - dwuwodny siarczan wapnia ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a więc związek analogiczny do występującego w warunkach naturalnych i powszechnie wykorzystywanego surowca. Pozostałe 5-7% stanowią szkodliwe zanieczyszczenia i to szkodliwe nie tylko z szologicznego punktu widzenia, ale również uciążliwe dla ewentualnej utylizacji tych odpadów. Do najważniejszych zanieczyszczeń swobodnie migrujących należy zaliczyć: *kwasy fosforowy, fosforany, fluorokrzemian sodowy, siarczan sodu, fluorek wapnia i kwas krzemowy*. Warto przy tym dodać, iż pewne partie odpadów mogą również zawierać domieszkę *pierwiastków radioaktywnych*, ze względu na ich obecność w importowanym surowcu, głównie apatytach.

Dla zobrazowania skali powstających zagrożeń można powiedzieć, iż w ciągu roku na składowisko dostaje się około 150 - 210 tys. ton różnego typu zanieczyszczeń, w przewadze substancji o negatywnym oddziaływaniu na poszczególne komponenty środowiska.

Z tej ilości około 10% przypada na rozpuszczalne związki fosforu, co w skali rocznej daje ładunek rzędu 15-20 tys. ton, obciążający potencjalnie środowisko wodne. Należy przy tym pamiętać, iż transportowane na składowisko odpady zawierają około 30 - 40 % wody, co wybitnie ułatwia migrację polutantów na zewnątrz masywu zwałowiska. Jednakże głównym czynnikiem decydującym o skali i przebiegu procesów niszczących sferę przyrodniczą jest niedostosowanie technologii budowy zwały do istniejących warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych.

Wymowną tego ilustrację stanowi, największa w dotychczasowej praktyce budowy zwały, awaria technologiczna powstała w dniu 29 kwietnia 1989 r (Rys.7). Skutki tej awarii, przede wszystkim w odniesieniu do środowiska wód powierzchniowych, można określić mianem katastrofy ekologicznej. W efekcie bowiem powstania na froncie zwałowym gigantycznego osuwiska typu waporowego, o kubaturze rzędu 2,2 mln m³ nastąpiło przerwanie obwałowań i przedostanie się do rzeki Odry dużej ilości wód odciekowych i pulpy fosfogipsowej w postaci jednorazowego ładunku zanieczyszczeń. Zbiornik tych mediów o objętości około 50-60 tysięcy m³ "wlał się" do koryta tzw. Wąskiego Nurta w następstwie gwałtownego wypiętrzenia dalekiego przedpoła zwały. Uwolniony w wyniku awarii duży ładunek skażonych mediów spłynął wraz z nurtem Odry do Zalewu Szczecińskiego i dalej do Bałtyku potęgując zanieczyszczenie wód tych akwenów. Tak więc, degradacyjny wpływ składowiska fosfogipsów na sferę przyrodniczą, w tym zwłaszcza środowisko wodne, ujawnia się nie tylko w bezpośrednim sąsiedztwie zwały ale także w obrębie rozległego estuarium rzeki Odry (Rys.8).

Rys. 6. Składowisko odpadów fosfogipsowych Zakładów Chemicznych "Police"
1 - masyw zwału, 2 - strefa deformacji wyporowych, 3 - zbiorniki skażonych wód odciekowych, 4 - rozplawy pulpy fosfogipsowej

Rys. 7. Dokumentacja fotolotnicza olbrzymiego (2,2 mln m³) osuwiska typu waporowego na froncie zwałowania. Widoczna na zdjęciu bryła osuwiska spowodowała przerwanie wału przeciwpowodziowego i raptowne wylanie się zbiornika skażonych wód odciekowych do rzeki Odry (porównaj także Rys. 6)

Rys. 8. Składowisko odpadów fosfogipsowych na tle sieci wód powierzchniowych (obraz satelitarny SPOT SX 2)

B4.3.1.2 Monitorowanie przekształceń środowiska rejonu składowiska fosfogipsów

Przekształcenie geomechaniczne

Większość problemów natury sozologicznej, jak również poważnych trudności i komplikacji ruchowych związanych z deponowaniem odpadów fosfogipsowych w Zakładach Chemicznych "Police" jest pochodną niewłaściwej lokalizacji składowiska. Pod zwałowanie przewidziano bowiem obszar dwóch polderów, które ze względu na nieczynny system melioracyjny kwalifikowały się do kategorii nieużytków. Przed rozpoczęciem prac zwałowych był to teren płaski położony w całości na niskim, zalewowym tarasie rzeki Odry, w lewobrzeżnej części jej doliny.

Z geotechnicznego punktu widzenia, zwał materiałów odpadowych budowany jest na słabym, niestatecznym podłożu, złożonym z pakietu gruntów organicznych (torfy i namuły organiczne) o miąższości przeciętnie 8 - 11 m, maksymalnie do około 15 m.

W warunkach obciążeń determinowanych technologią zwałowania dochodzi do wyporu bezpośredniego podłoża spod stopy zwału. Ciągłe dosypywanie materiału zwałowego, a co za tym idzie przyrost obciążeń statycznych i dynamicznych prowadzi do tworzenia się rozległej strefy deformacji, która obejmuje swoim zasięgiem nie tylko rejon przyskarpowy ale również dalekie przedpole zwałowiska, przeciętnie na dystans 150-200 m, niekiedy nawet do 500 m. W miarę postępu frontu zwałowania proces deformacji obejmuje coraz to dalsze partie przedpola. W obrębie strefy wypartej zachodzą intensywne przemieszczenia mas, w wyniku których tworzą się skomplikowane struktury o charakterze fałdowym przeciętnie do 1/3 wysokości sypanej warstwy zwału, odnoszonej do pierwotnego poziomu terenu (Rys.6).

Dotychczasowy sposób deponowania odpadów powoduje daleko idące przekształcenia typu geomechanicznego, zarówno w obrębie bezpośredniego podłoża jak też w strefie okalającej korpus zwału.

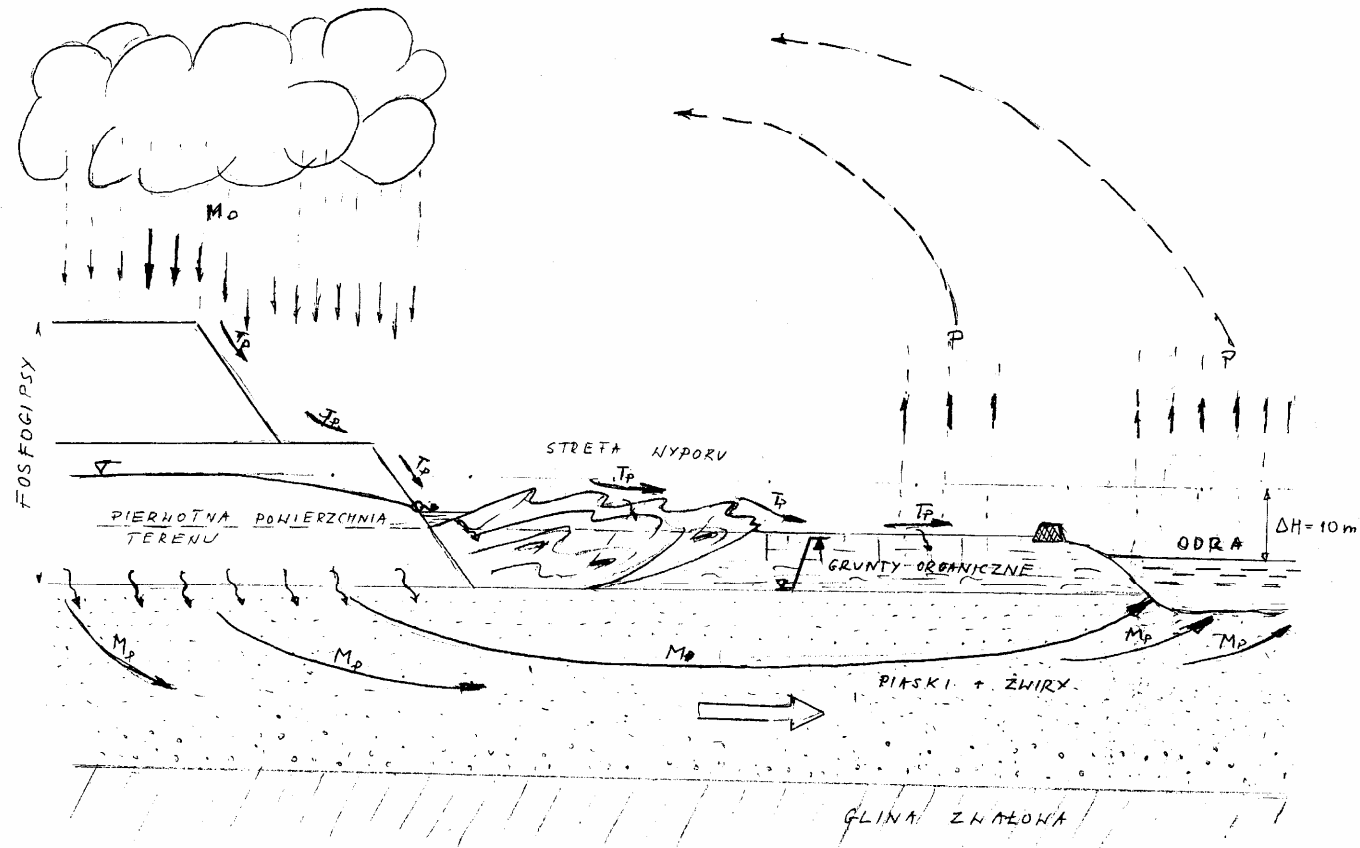
W obrębie obszaru deformacji ulega całkowitemu zniszczeniu pierwotna struktura ośrodka gruntowego a wypiętrzane i fałdowane na przedpolu masy stanowią mieszaninę gruntów rodzimych z materiałem zwałowym.

Fakt ten oprócz doraźnych uciążliwości ruchowych może również stwarzać określone problemy dla późniejszego prowadzenia zabiegów rekultywacyjnych.

Degradacja środowiska wodnego

Z ekologicznego punktu widzenia, skutki przekształceń geomechanicznych determinują w znacznym stopniu postępującą degradację środowiska wodnego, w tym przede wszystkim wód podziemnych. W wyniku wypierania podłoża spod stopy zwału ulega bowiem zniszczeniu, naturalna pokrywa słabo przepuszczalnych utworów organicznych. W warunkach bezwyporowych, pakiet gruntów organicznych, po odpowiednim skompromowaniu na skutek obciążenia zwałem, mogłyby stanowić dość skuteczną izolację, chroniącą głębiej zalegające wody gruntowe przed przenikaniem zanieczyszczeń ze składowiska. W rezultacie wyporu następuje usunięcie lub w pewnych partiach znaczne zredukowanie grubości warstwy gruntów organicznych w podłożu zwału i powstanie w ten sposób bezpośrednich kontaktów hydraulicznych umożliwiających migrację szkodliwych mediów z masywu składowiska do wód podziemnych.

Propagację zanieczyszczeń warunkują właściwości filtracyjne wodonosca, który stanowi około 30 metrowej miąższości seria utworów piaszczysto żwirowych, podścielonych pokładem glin zwałowych (Rys.9).



Rys. 9. Schemat migracji zanieczyszczeń w rejonie składowiska fosfogipsów

T_p - transport powierzchniowy; M_p - migracja podziemna w warstwie wodonośnej; P - parowanie; M_0 - migracja z opadami

Aktualnie mamy już do czynienia z ciągłym przepływem zanieczyszczeń ze składowiska do rzeki Odry w obrębie, głównego w tym rejonie, horyzontu wód podziemnych (Rys.9).

Z danych uzyskanych w oparciu o uproszczone modele hydrodynamiczne wynika, iż propagacja zanieczyszczeń do horyzontu wód podziemnych może wykraczać już daleko poza obszar składowiska nawet na dystans kilku lub kilkunastu kilometrów. Stanowi to więc zagrożenie o kapitalnym znaczeniu z punktu widzenia ochrony środowiska tym rejonie.

W obrębie wód powierzchniowych natomiast, mamy do czynienia ze swobodnym niemal przemieszczaniem się zanieczyszczeń z obszaru składowiska. Wymianie wód sprzyja zarówno układ nawadniająco-drenujący rzeki Odry, jak też wyniesienie morfologiczne jakie stanowi masyw zwałowiska wraz ze strefą wyporu. Na podstawie interpretacji materiałów fotolotniczych określono sposób oraz główne kierunki spływu wód opadowych, wód filtracyjnych oraz "odcieków" wypływających z masywu zwału i wyciskanych z podłoża z rejonu składowiska na przedpole i dalej do sieci cieków powierzchniowych (Rys.8, Rys.9).

Stwierdzono, że wody spływające z rejonu składowiska transportują znaczne ilości części nierozpuszczalnych w postaci zawiesiny najdrobniejszych frakcji materiału zwałowego na dalekie przedpole (Rys.6, Rys.8).

Warto dodać, iż największe ładunki części nierozpuszczalnych przedostają się do wód powierzchniowych z czoła świeżo sypanego zwału tzn. wówczas, gdy materiał jest nawodniony i dodatkowo rozluźniony poprzez transport na składowisko.

B4.3.1.3 Konkluzje

Rezultaty monitoringu z wykorzystaniem materiałów fotolotniczych wskazują, iż składowisko fosfogipsów, budowane w złożonych warunkach geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i hydrologicznych stanowi poważne obciążenie dla środowiska przyrodniczego.

Zakłady Chemiczne "Police" podjęły aktualnie wdrożenie kompleksowego programu monitoringu i ochrony środowiska w rejonie składowiska fosfogipsów, z wykorzystaniem zarówno metod bezpośrednich jak również technik teledetekcyjnych. Szczególnie ważną kwestią jest określenie, w sposób wymierny i kompleksowy, zakresu degradacji środowiska wodnego, w tym przede wszystkim kierunków i zasięgu migracji zanieczyszczeń zarówno w obrębie wód powierzchniowych jak i podziemnych.

Kwestia skutecznego przeciwdziałania postępującej degradacji środowiska powinna znajdować się w centrum uwagi przy projektowaniu dalszej rozbudowy składowiska odpadów fosfogipsowych. Należy również podjąć odpowiednie badania i doświadczenia nad skutecznymi sposobami rekultywacji, zarówno jeśli chodzi o masyw zwałowiska jak i strefy okalające. Jest to problem złożony i niełatwy zwłaszcza w kontekście skali przekształceń geomechanicznych oraz skażeń chemicznych przedpola zwału.

Literatura

Andronikow W. L., 1986: *Teledetekcja gleb*, PWN, Warszawa

Bartkowski T., 1986: *Zastosowania geografii fizycznej*, PWN, Warszawa

Ciołkosz A. (red), 1980: *Zastosowanie teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego*, Mat. III Sympozjum Teledetekcji, PWN

Kuźnicki F., Białousz S. Skłodowski P., 1979: *Zastosowanie teledetekcji w kartografii gleb w "Podstawy gleboznawstwa z elementami kartografii i ochrony gleb"*, PWN, Warszawa

Lazar J., 1977: *Gleboznawstwo z podstawami geologii*, PWN, Warszawa

- Marczuk G. I., 1985: *Modelowanie matematyczne problemów środowiska naturalnego*, PWN, Warszawa
- Szafer W. (red.), 1965: *Ochrona przyrody i jej zasobów*, (T.I, T.2), PAN, Zakład Ochrony Przyrody, Kraków
- Passendorfeer E., (red.) 1968: *Zarys nauk geologicznych*, Wyd. Geol. Warszawa
- Program Państwowego Monitoringu Środowiska*, 1992, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Oficyna Wydawnicza OIKOS, Warszawa
- Siuta J., (red.), 1978: *Ochrona i rekultywacja gleb*, PWRiL, Warszawa
- Winogradow B. W., 1983: *Satelitarne metody badania środowiska przyrodniczego*, PWN, Warszawa
- Wostokowa E. A., Suszczenija W. A., Szewczenko Ł. A., 1988: *Ekologiczeskoje kartografirowanie na osnowie kosmiczeskoj informacji*, Moskwa, "Nedra"

B4.4 ĆWICZENIE (2 GODZ.)

Temat: "LOKALIZACJA WYSYPISKA ODPADÓW DLA MIASTA KRAKOWA"

Przedmiotem analizy jest obszar 40 × 40 km okolic Krakowa.

Dane wejściowe:

- Cyfrowy Model Wysokościowy: *nmtx3.img* (*nmtwarx3.img* do oglądania)
- mapa głównych rodzajów i gatunków gleb: *gatglex3.img*
- kompleksy rolniczej przydatności gleb: *landux3.img*
- mapa użytkowania terenu (klasyfikacja Landsata): *mapa34_r.img* (*mapa34ap.img* do oglądania)
- mapa rozkładu opadów: *opady.img*
- wektory: *rzeki.vec*, *dro1.vec*

Warunki:

1. Nachylenie powierzchni terenu < 3,5 stopnia
2. Ekspozycja powierzchni terenu: wschodnia
3. Wysypisko powinno być zlokalizowane na glebach gliniastych, ilastych lub aluwialnych
4. Tereny przeznaczone pod wysypisko powinny znajdować się w obrębie nieużytków bądź kompleksów zbożowo-pastewnych lub użytków zielonych
5. Opady powinny być w strefie niskich opadów lub bardzo niskich.

Opis podstawowych procedur programu IDRISI podany jest w rozdziale 10 (część II) "Fotointerpretacja zdjęć lotniczych i wniesienie wyników na mapę" pkt 10.5.

Nachylenie powierzchni terenu < 3,5 stopnia

SURFACE

Slope + Aspect

Input elevation model: *nmtx3*

Output file names:

Slope: *nach*

Aspect: *ekspo*

Degrees

Conversion factor: 1

RECLASS

image

user-defined reclass

Input file: *nach*

Output file: *nach1*

Assign a new value: 1

To all values from: 0

To just less than: 3,5

Assign a new value: 0

To all values from: 3,5

To just less than: 99999

Ekspozycja powierzchni terenu: wschodnia

expo RECLASS ekspol

1	45	135
1	-1	0
0	0	45
0	135	9999

Wysypisko powinno być zlokalizowane na glebach gliniastych, ilastych lub aluwialnych

gatglex3 RECLASS gleby1:

0	0	2
1	2	4
0	4	6
1	6	9999

Opady powinny być w strefie niskich opadów lub bardzo niskich

opady RECLASS opady4

RECLASS

image

equal-interval reclass

Input file: opady

Output file: opady4

number class: 4

opady4 RECLASS opady1

1	0	3
0	3	9999

Tereny przeznaczone pod wysypisko powinny znajdować się w obrębie nieużytków lub kompleksów zbożowo-pastewnych lub użytków zielonych

landux3 RECLASS landu1

0	1	3
1	3	4
0	4	5
1	5	7
0	7	9999

mapa34_r RECLASS mapa34_1

0	1	3
1	3	4
0	4	9999

legenda mapy użytkowania terenu
mapa34_4

Modelowanie

Operację logicznego mnożenia map wskaźnikowych (Bool'a) wykonujemy modułem OVERLAY, zgodnie ze schematem blokowym:

OVERLAY

First image: *nach1*

Second: *expo1*

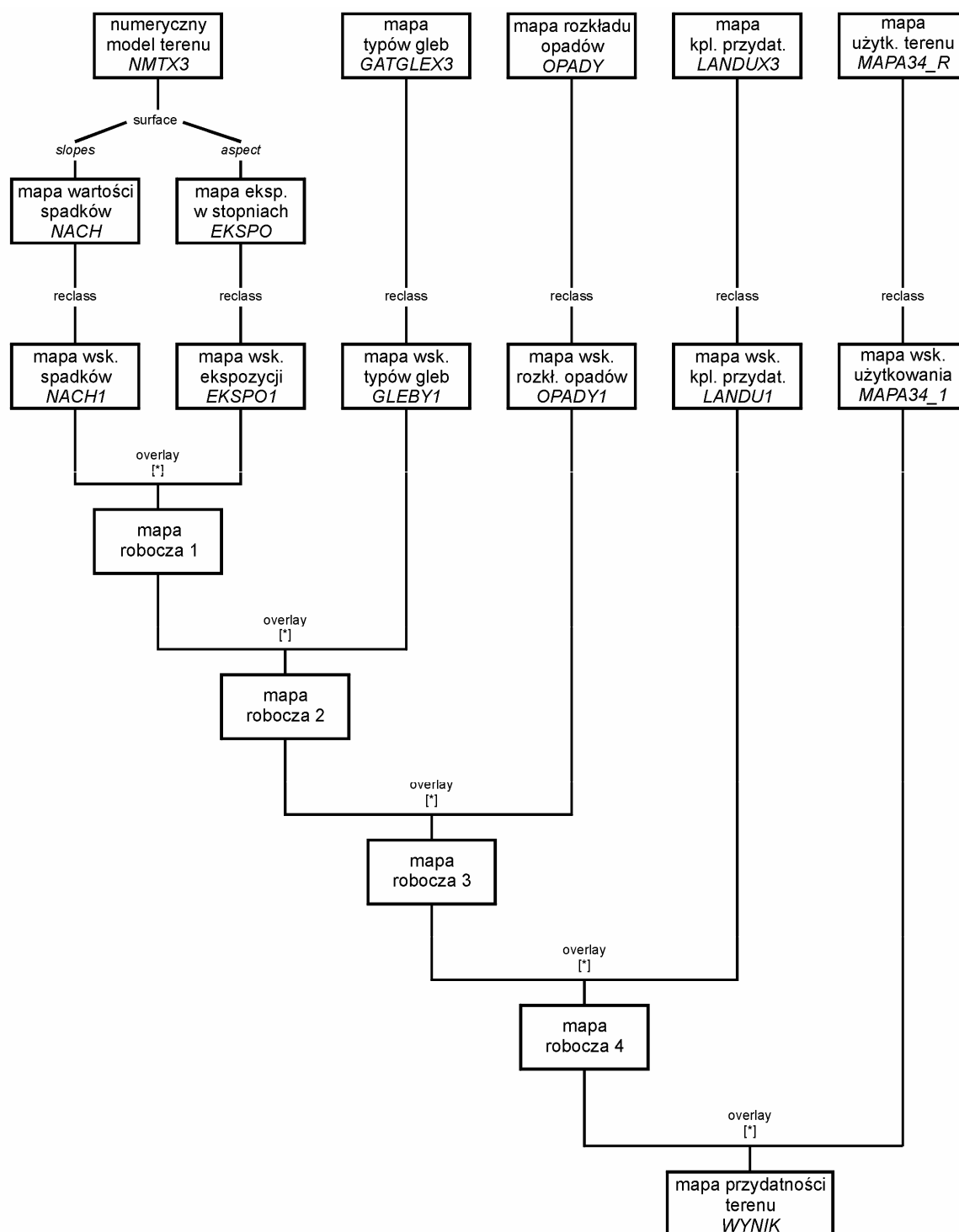
First * Second

Output image: *I*

nach1	*	ekspo1	=	1 (mapa robocza 1)
1	*	gleby1	=	2 (mapa robocza 2)
2	*	opady1	=	3 (mapa robocza 3)
3	*	landu1	=	4 (mapa robocza 4)
4	*	mapa34_1	=	WYNIK (mapa przydatności)

Dodatkowy warunek: obszar pod projektowane wysypisko odpadów powinien być nie mniejszy niż 100 ha.

Modułem GROUP dokonujemy operacji pogrupowania wszystkich pikseli z sąsiedztwa (N, E, S, W, N-W, N-E, S-W, S-E) a następnie za pomocą modułu AREA obliczamy powierzchnię dla wydzielonych wcześniej działek. Jako przydatne kwalifikujemy te kategorie, których powierzchnia ≥ 100 ha.



Rys. 10. Schemat blokowy kolejnych operacji

B4.5 STREFA BRZEGOWA MORZA

Kazimierz Furmańczyk

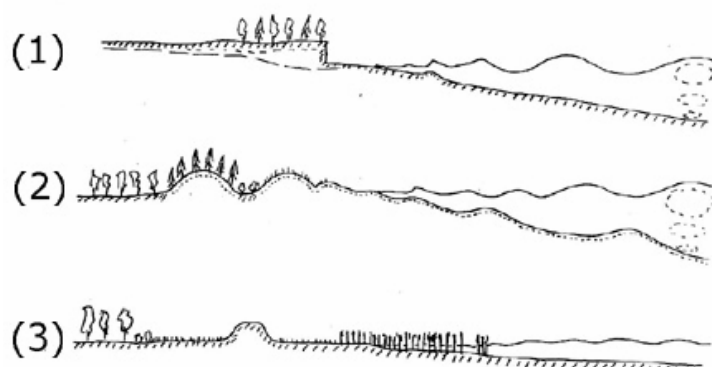
B4.5.1 Wiadomości ogólne

Strefa brzegowa morza jest najbardziej aktywnym obszarem, w którym zachodzi ciągły proces wzajemnego oddziaływania lądu i morza. Obejmuje ona zarówno część lądową, jak też część wodną. Jako granicę lądową tej strefy możemy przyjąć zasięg wpływu morza a więc zasięg obniżenia poziomu wód gruntowych spowodowany obecnością brzegu klifowego lub zasięg wydm. Jako granicę morską przyjmujemy obszar, gdzie wpływ falowania i współczesnych zmian poziomu morza zaczyna być zauważalny. Można przyjąć w uproszczeniu, że granica ta maksymalnie odpowiada dla Bałtyku przebiegowi izobaty 10 m. Łącznie więc strefa brzegowa morza jest stosunkowo wąskim, okalającym brzeg morza obszarem o szerokości zmiennej wahającej się w zależności od warunków od kilkuset metrów do 2-3 km. Strefa brzegowa morza dotyczy zarówno tak zwanych wód otwartych, jak i morskich wód wewnętrznych jak Zalew Szczeciński, Wiślany lub Zatoka Pucka. Ze względu na niewielkie głębokości, w zasadzie całe obszary Zalewów mogą być zaliczane jako strefa brzegowa morza.

Procesy interakcji morza i lądu zachodzące w strefie brzegowej występują ze zróżnicowaną intensywnością. Dwa czynniki hydrologiczne sterują intensywnością tych procesów: są to falowanie i zmiany poziomu morza. Ogólnie wiadomo, że wiatr wiejący nad morzem generuje falowanie, które w połączeniu ze zmieniającym się poziomem wody wskutek tzw. spiętrzenia sztormowego niekiedy osiągającego rozmiary katastrofy powoduje erozję brzegu (niszczenie brzegu). Zostaje wówczas zniszczony fragment wydmy czy klifu, lub woda przelewa się przez niską wydmy bądź przerywa ją i zalewa położone za nią tereny. Materiał pochodzący ze zniszczonego brzegu trafia do wody. Drobne frakcje wynoszone są w postaci zawiesiny daleko od brzegu i osadzane na dnie na większych głębokościach. Frakcje piaszczyste pozostają w strefie brzegowej biorąc udział w budowie jej dna oraz plaży.

Falowanie i zmiany poziomu morza uruchamiają system prądów przybrzeżnych w postaci złożonych układów cyrkulacyjnych, które obok falowania są transporterami osadów piaszczystych zarówno wzdłuż jak i poprzecznie do brzegu. W czasie ucichania sztormu połączonego z opadaniem poziomu morza uruchamiany jest proces akumulacji, czyli odbudowy brzegu. Natychmiastowa odbudowa klifu czy wydmy jest niemożliwa, natomiast odbudowuje się plaża, z której następnie wiatr częściowo odbudowuje wydmy. Poprzez układy cyrkulacyjne osady piaszczyste częściowo przemieszczają się też wzdłuż brzegu do miejsc o przewadze procesów akumulacyjnych. Przejawia się to w występowaniu szerszej plaży, z której w czasie silnego wiatru drobny piasek jest wywiewany i formowany w postaci wydmy.

Na polskim wybrzeżu występują trzy główne typy brzegów pokazane w przekroju na Ryc. 1. Pierwszy z nich to brzeg morenowy, na którym najczęściej występuje forma klifu. Klify zbudowane są na ogół z glin zwałowych lub piasków fluwialnych o różnych proporcjach. Inaczej mówiąc jest to materiał polodowcowy o zróżnicowanym składzie granulometrycznym od frakcji pylastych i ilastych do głazów. Drugi typ to brzeg wydmy, na którym na zapleczu plaży znajdują się wydmy lub ich ciągi, zamykające pradolinę lub dolinę, bądź też odgradzające jezioro przybrzeżne. Niekiedy tworzą one mierzeję lub cypel. Trzeci typ to brzegi płaskie występujące w ujściach rzek lub fragmentów pradolin uchodzących do zalewów. Są to brzegi zbudowane z osadów rzecznych, silnie podmokłych, często torfów, intensywnie zarośnięte przez roślinność szuwarową. O ile dwa pierwsze typy brzegów występują zarówno przy tzw. otwartym morzu jak i w zalewach, o tyle trzeci typ brzegów obok poprzednich występuje wyłącznie w zalewach i zatoce Puckiej.



Ryc. 1. Przekroje głównych typów naturalnych brzegów morskich występujących w Polsce

- (1) Brzeg morenowy najczęściej w formie klifu
- (2) Brzeg wydmy
- (3) Brzeg płaski

W ostatnich latach obserwuje się na świecie erozyjną tendencję zmian brzegów spowodowaną wzrostem poziomu morza związanym z globalnym ociepleniem klimatu. Taką samą tendencję wykazuje również polski brzeg. Jednak można na nim wyróżnić szereg odcinków o stałej tendencji akumulacyjnej. Zarówno na odcinkach brzegu o erozyjnej lub akumulacyjnej tendencji występują przemiennie fragmenty bardziej stabilne oraz fragmenty bardziej dynamiczne, gdzie brzeg ulega przemiennie erozji i akumulacji. Tego typu periodyczność występuje na obu rodzajach brzegów: klifowym i wydmy. Można zaobserwować więc takie zjawiska jak chwilowo zakumulowana wydma przed klifem (lub na nim), bądź też podmyta wydma w postaci skarpy wydmy (czasem nieprawidłowo zwana klifem wydmy).

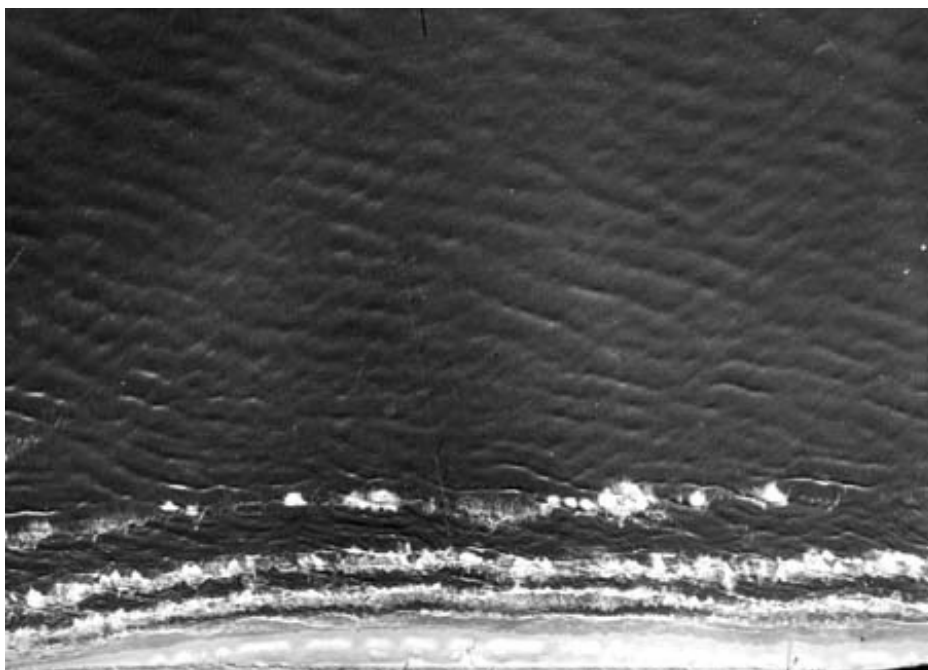
Trzeba byłoby wyróżnić zatem oprócz ogólnej tendencji brzegu (akumulacyjnej lub erozyjnej) zbadanej w skali 50 czy 100 lat również aktualną, chwilową fazę jego rozwoju. Poznanie i zrozumienie prawidłowości tych procesów, jakie zachodzą w strefie brzegowej jest kluczem do odpowiedzialnego gospodarowania w tej strefie.

Strefa brzegowa stanowi pewien system wzajemnego oddziaływania wody i lądu z wiatrami, falowaniem wiatrowym i zmianami poziomu morza jako czynnikami sprawczymi. Jest to system naturalny-uregulowany. Większość działań człowieka powoduje zakłócenie tego systemu, czyli ulega on na pewnym odcinku rozstrojeniu. Rozstrojenie to polega na pojawieniu się wymuszonej erozji lub wymuszonej akumulacji. Przykładowo budowli, która ma chronić brzeg przed erozją - towarzyszy silna erozja brzegu w sąsiedztwie tej budowli, itp. Również katastrofalny sztorm, któremu towarzyszy znaczne podniesienie poziomu morza powoduje bardzo silną erozję brzegu, często rozmywa on wydmy, a woda wdiera się głęboko w ląd. Taki sztorm zdarzający się raz na kilkadziesiąt lat również "rozstraja" system strefy brzegowej. Musi upłynąć pewien czas, aż system dostosuje się do nowych warunków.

B4.5.2 Elementy strefy brzegowej i ich wygląd na zdjęciach lotniczych

- Falowanie

Czynnikiem powodującym zmiany w strefie brzegowej jest falowanie i towarzyszący mu wzrost poziomu morza.



Ryc. 2. Silne falowanie w strefie brzegowej morza (fot. K. Furmańczyk)

Silne falowanie jest widoczne na zdjęciu (Ryc.2) bardzo wyraźnie. Można określić kierunek propagacji fal oraz ich długość. Widoczna jest transformacja fal w strefie brzegowej. Polega ona na ugięciu fal wywołanym ich oddziaływaniem z dnem, załamaniem ich nad wałami rewowymi i w rezultacie zmianą ich długości i kierunku. Po załamaniu stają się krótsze i coraz bardziej prostopadłe do brzegu. Widoczny jest również ślad zasięgu nabiegania fal na plażę. W przypadku silnego falowania widać załamanie fal nad kolejnymi wałami rewowymi. Woda jest wówczas na tyle zmacona, że dno jest niewidoczne. Przy słabym falowaniu widoczne jest załamanie na ogół tylko nad pierwszym, licząc od strony brzegu, wałem rewowym i widoczna jest również rzeźba dna. Bardzo dobrze widoczne jest na zdjęciach falowanie (nawet drobne) w odbłasku światła słonecznego.

- Rozlewy olejowe

Na zdjęciach lotniczych, w odbłasku światła słonecznego bardzo delikatnie sfalowana powierzchnia morza jest widoczna w postaci jasnej, owalnej plamy. W obszarze odbłasku widoczne są ciemniejsze smugi świadczące o lokalnej zmianie parametrów falowania spowodowanej występowaniem plamy rozlewu olejowego (Ryc. 3). Nawet bardzo cienki film olejowy występujący na powierzchni wody jest widoczny w odbłasku światła. Wykonując zdjęcia lotnicze w pewnych odstępach czasu, np. co pół godziny można śledzić zmianę lokalizacji plamy i określić prędkość i kierunek jej przemieszczania się.

- Zawiesina

Może być kilka źródeł materiału występującego w wodzie w postaci zawiesiny:

- drobne frakcje osadów dennych zawieszona w wodzie wskutek silnego falowania,
- drobne frakcje osadów z erodowanego klifu,
- fitoplankton, szczególnie w czasie jego zakwitów,
- zawiesina wnoszona do morza przez rzeki (Ryc. 4),
- lokalne zrzuty ścieków, zawierających drobne cząstki tworzące zawiesinę,
- pyły transmitowane z lądu przez wiatr.



Ryc. 3. Ciemniejsze smugi rozlewów olejowych w obszarze objętym odbłaskiem światła słonecznego na wodzie - brzeg płaski, zarośnięty (zdjęcie lotnicze ze zbiorów PHARE)



Ryc. 4. Zasięg zawiesiny wnoszonej przez rzekę (zdjęcie lotnicze ze zbiorów PHARE)

Zawiesina może występować na dużym obszarze lub lokalnie. Na dużym obszarze występuje w czasie bardzo silnego falowania lub zakwitów fitoplanktonu. Natomiast lokalny zasięg będzie w przypadku wpływu rzeki lub zrzutu ścieków. Nawet przy występowaniu zawiesiny na dużym obszarze, widoczne są zazwyczaj lokalne zmiany jej koncentracji. Układają się one zazwyczaj zgodnie z układami cyrkulacyjnymi. Ponadto w strefie brzegowej działają prądy o kierunkach między innymi poprzecznych do brzegu. Porywają one cząsteczki z dna tworząc lokalnie zawiesinę wynoszoną następnie na większe odległości od brzegu. Noszą one

nazwę prądów rozrywających. Takie lokalne zasięgi zawiesiny są czasami widoczne na zdjęciach z okresów sztormowych.

- Temperatura

Zróżnicowanie temperatury powierzchni morza w strefie brzegowej i akwenach przyległych bardzo dobrze uwidocznione jest na obrazach satelitarnych zarejestrowanych w kanałach termalnych. Skala możliwych do zaobserwowania zjawisk zależna jest od rozdzielczości obrazu satelitarnego, a więc od rozmiarów piksela. Wprawdzie niniejszy kurs dotyczy ukazania możliwości wykorzystania zdjęć lotniczych, jednakże niektóre zjawiska związane z cyrkulacją wód w strefie brzegowej istotne są z punktu widzenia ochrony środowiska, zostaną więc tutaj omówione, ale bez wnikania zarówno w sposób pozyskiwania danych jak też w komputerową obróbkę obrazów.

Powierzchniowe masy wody szczególnie nad obszarami płytszymi akumulują więcej ciepła z promieniowania słonecznego niż nad akwenami głębokimi. Dlatego bardzo często na termalnych obrazach satelitarnych widoczny jest parukilometrowy pas cieplejszej wody (temperatura powierzchni) przy brzegu. Oznacza to, że w tej strefie działają układy cyrkulacyjne i jeżeli jakiegokolwiek zanieczyszczenie powierzchniowe znajdzie się tam, to w zasadzie nie wychodzi poza tę strefę. Związane jest to z kierunkiem wiatru dopychającym powierzchniowe masy wody do brzegu. Wszelkie ścieki zrzucane prosto do morza w tych warunkach pozostają w strefie brzegowej i rozprzestrzeniają się przenoszone prądami przybrzeżnymi i cyrkulacyjnymi.

Przy zaistnieniu pewnych warunków wiatrowych, czyli wiatru z kierunków od wschodniego do południowo - zachodniego, w różnych miejscach polskiego wybrzeża pojawia się zjawisko upwellingu. Polega ono na tym, że powierzchniowe, cieplejsze masy wodne zostają odepchnięte od brzegu, a na ich miejsce podchodzą z dna wody chłodniejsze. Obserwuje się wówczas gwałtowny spadek temperatury wody przy brzegu, co jest szczególnie latem uciążliwe dla osób przebywających na wczasach. Jest to jednocześnie korzystniejsze zjawisko dla oczyszczenia wody w strefie brzegowej, gdyż zanieczyszczone lokalnie wody powierzchniowe odpychane są dalej od brzegu i wchodzą w układ ogólnej cyrkulacji wód w południowej części Bałtyku.

Ponadto istnieje możliwość wykonywania zobrazowań termalnych z samolotów przy użyciu skanerów lub kamer termalnych, jednakże w Polsce do badań strefy brzegowej stosuje się to sporadycznie.

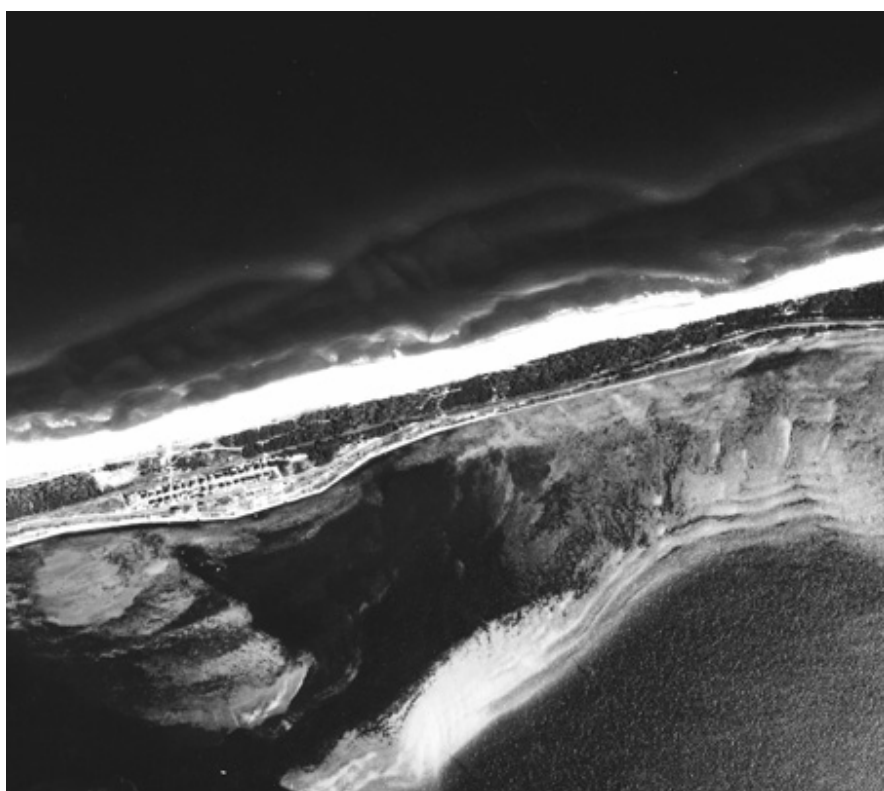
- Morfologia dna strefy brzegowej

Ukształtowanie dna w strefie brzegowej podlega ciągłym zmianom powodowanym oddziaływaniem morza z lądem. Czynnikiem powodującym zmiany ukształtowania dna są: bezpośrednie oddziaływanie falowania na dno oraz różnego rodzaju prądy tworzące układy cyrkulacyjne. Skutkiem oddziaływania fal na dno tworzone są pod wodą wały o przebiegu równoległym do brzegu zwane wałami rewowymi lub rewami. Zazwyczaj występuje od jednego do kilku wałów rewowych. Najbliższy wał rewowy położony jest najpłycej i jest najbardziej narażony na oddziaływanie fal i prądów. Dlatego podlega on najczęstszym zmianom i przebudowom i przybiera najbardziej skomplikowane kształty. Kolejne wały rewowe 2-gi i 3-ci i ewentualnie dalsze położone są coraz głębiej i w coraz większej odległości od brzegu. Odpowiednio coraz silniejsze falowanie jest w stanie modyfikować ich kształt.

Silne falowanie powoduje też lokalne podpiętrzenie wody przy brzegu. Nacisk spiętrzonej w ten sposób wody uruchamia prądy odprowadzające jej nadmiar zarówno w kierunku wzdłuż brzegu jak i prostopadle do niego. Uruchomione więc zostają układy cyrkulacyjne strefy brzegowej. Modyfikują one rzeźbę dna tworząc czasami bardzo złożone jej formy. Naj-

bardziej znaną, popularną postacią prądu odprowadzającego masy wody od brzegu w kierunku morza jest tzw. prąd rozrywający. W momencie silnego spiętrzenia wody w czasie sztormu kształtuje się on tworząc kanał, zasypując obszar międzyrewowy i przerywając rewy. Taka forma następnie pozostaje jako relatywnie stała i służy jako miejsce przepływu prądu kompensacyjnego w okresie międzysztormowym. W okresie letnim nawet w czasie niezbyt silnego falowania prąd ten uaktywnia się i stanowi duże zagrożenie dla ludzi kąpiących się i pływających w tym miejscu.

Na zdjęciu lotniczym obszary głębsze widoczne są jako ciemniejsze, natomiast płytsze jako jaśniejsze. Przy optycznie czystej wodzie morfologia dna przy polskim wybrzeżu może być dostrzegalna na zdjęciach do głębokości ok. 7-10 m. Przykładowe zdjęcie lotnicze (Ryc.5) przedstawia zróżnicowaną rzeźbę dna. Od strony otwartego morza widać nieregularny przebieg zarówno 1-go jak i 2-go wału rewowego świadczący o występowaniu w tym miejscu układu prądów. W płytkich miejscach Zatoki Puckiej, gdzie dno jest piaszczyste, widoczna morfologia dna jest złożona.



Ryc. 5. Zdjęcie lotnicze okolic Kuźnicy na Półwyspie Helskim. Widoczna morfologia dna strefy brzegowej z wałami rewowymi od strony otwartego morza i formami złożonymi od strony Zatoki Puckiej (zdjęcie ze zbiorów PHARE)

- Plaża

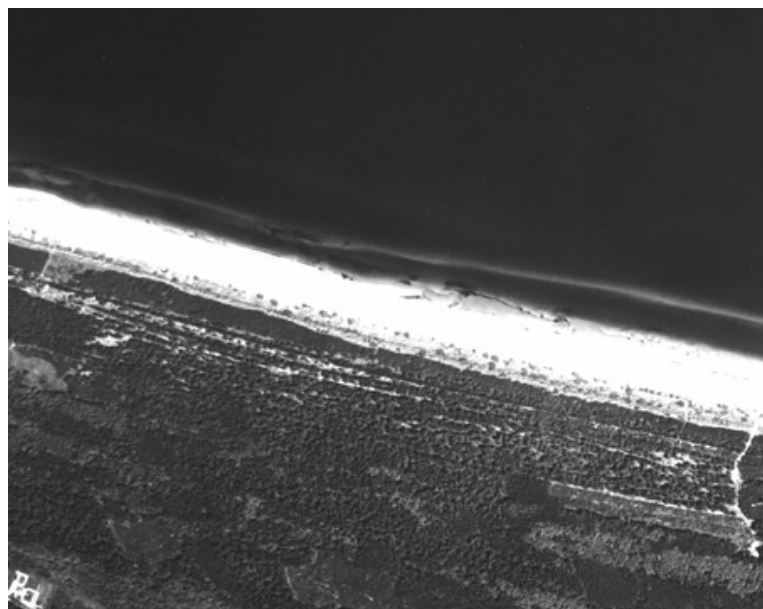
Plaża jest najbardziej atrakcyjnym miejscem letniego wypoczynku nadmorskiego. Jej istnienie gwarantuje dochód okolicznym mieszkańcom. Mogą natomiast występować miejsca na polskim wybrzeżu, gdzie brak jest plaży. Są to obszary brzegów klifowych zbudowanych z glin zwałowych z niewielką domieszką frakcji piaszczystych. Plaża na tych odcinkach jest bardzo wąska i kamienista. Drugim rodzajem obszarów, gdzie plaża prawie nie występuje, to miejsca przed umocnieniami brzegowymi w postaci opasek. Erozja brzegu w skutek odbicia fal od budowli jest tu szczególnie silna. Przykładem takich odcinków mogą być ogólnie znane

miejsca jak Rozewie, Ustronie Morskie, czy otoczenie latarni morskiej w Niechorzu (Ryc. 6 a).

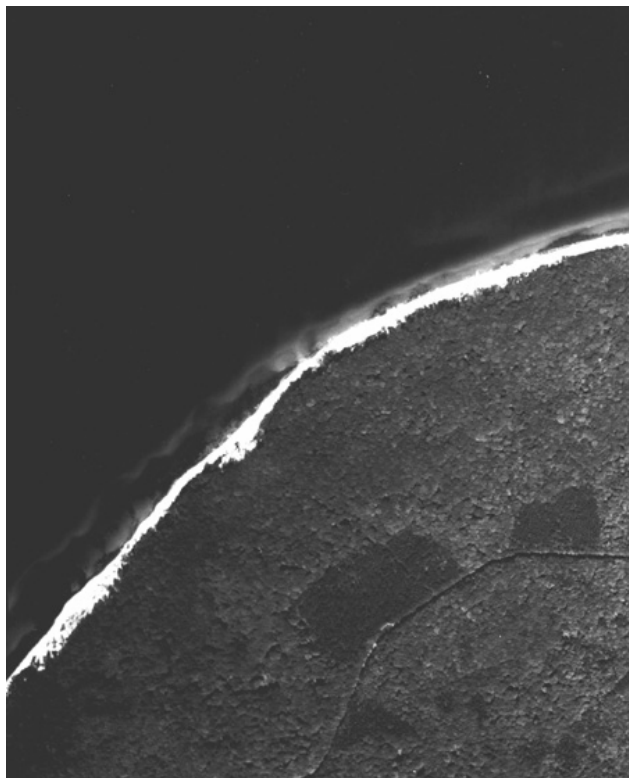
Trzecim rodzajem obszarów, gdzie brak jest plaży, to brzegi płaskie porośnięte roślinnością, występujące w zalewach (zob. Ryc.9.) lub zatoce. Plaża wraz z wałem rewowym położonym najbliżej brzegu stanowią obszar strefy brzegowej najbardziej wrażliwy na zmiany. Szerokość plaży świadczy o aktualnej tendencji rozwojowej brzegu. Odcinki o bardzo szerokiej plaży występują w miejscach o charakterze aktualnie akumulacyjnym (Ryc. 6 b). Natomiast wąskie odcinki plaży świadczą o ich charakterze erozyjnym (Ryc.6 c).



Ryc. 6 a. Wąska plaża przed opaską chroniącą latarnie morską w Niechorzu (zdjęcie lotnicze ze zbiorów PHARE)



Ryc. 6 b. Szeroka plaża na odcinku brzegu o aktualnie akumulacyjnym charakterze. Brzeg wydmy (zdjęcie lotnicze ze zbiorów PHARE)



Ryc. 6 c. Wąska plaża na odcinku brzegu o aktualnie erozyjnym charakterze. Brzeg klifowy (zdjęcie lotnicze ze zbiorów PHARE)

Zarys linii brzegowej przyjmuje kształt wyrównany lub falisty, czasami z głęboko wciętymi w plażę zatokami. Falisty kształt jest uzależniony od kierunku wiatru i aktualnych układów cyrkulacyjnych i przybiera formę tzw. sierpów o długości od kilkudziesięciu do stu kilkudziesięciu metrów. Duże zatoczki plażowe wcięte są na głębokość kilkunastu do kilkudziesięciu metrów w plażę i mają długość zazwyczaj kilkuset metrów. Niektóre zatoczki mają stacjonarny charakter (o ile się pojawiają), inne migrują wzdłuż brzegu w zmienny sposób, a geneza ich powstania i zachowania się nie jest wystarczająco poznana.

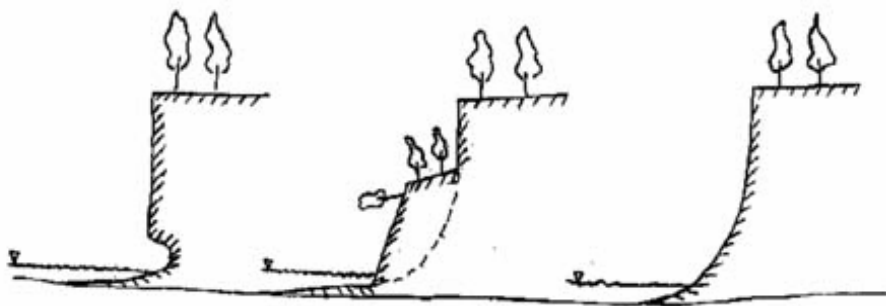
W niektórych przypadkach zatoczki plażowe zostają odcięte od brzegu przez rozwijający się wał brzegowy lub mierzeję i utworzone zostają laguny plażowe. Ciekawym jest fakt, że istnieją uprzywilejowane odcinki, w których tworzą się laguny plażowe oraz są inne odcinki, na których nigdy one nie pojawiają się.

- Brzeg klifowy

Brzeg klifowy (zob. Ryc. 1 (1)) jest dosyć specyficzny do interpretacji na zdjęciach lotniczych ze względu na stromość jego ścian. W przypadku kierunku północ-południe przy wykonywaniu szeregu zdjęć na jednym zdjęciu widoczna jest ściana klifu, a na innym tylko jego krawędź górna. Utrudnia to w zasadniczy sposób interpretację elementów brzegu klifowego. Korzystniejsze jest wykonywanie zdjęć lotem wzdłuż wybrzeża. Wygląd brzegu klifowego zależy od składu granulometrycznego klifu. Frakcje piaszczyste i grubsze decydują o istnieniu przed klifem plaży i o jej składzie oraz o ewentualnym istnieniu rew (zob. Ryc. 6 c).

Erozja klifu odbywa się cyklicznie (Ryc. 7). Początkowo podcinana jest stroma ściana klifu przez tworzenie tzw. niszy erozyjnej u jego podstawy. W pewnym momencie następuje zachwianie równowagi dynamicznej klifu i uruchamiany jest zsuw, w czasie którego materiał z klifu zostaje zdeponowany przy ścianie i u jego podstawy przesuwał się czasem linię wody w kierunku morza (pozorna akumulacja). Przy wyższych klifach następują bardziej złożone,

kilkustopniowe zsuwy. Następną fazą polega na wyerodowaniu obsuniętego materiału sprzed ściany klifu, a następną jest ponowna erozja ściany klifu.



Ryc. 7. Cykle erozji klifu

Na zdjęciu lotniczym na ogół widoczna jest niepokryta roślinnością, aktywna ściana klifu oraz miejsca zsuwów (czasem wielostopniowe z rosnącymi drzewami na górnych platformach oraz stożkami osuwiskowymi). Przy górnej krawędzi klifu widoczne są obszary osuwiskowe o kształcie półkuli. Znajomość występowania takich miejsc ma bardzo duże znaczenie przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego.

Niekiedy odcinek brzegu, na którym występuje klif znajduje się w fazie akumulacji. Wówczas zanikają procesy erozyjne i osuwiskowe klifu, jego ściany zaczyna porastać roślinność, a u podnóża obserwuje się akumulację wydmy.

- Brzeg wydmy

Brzegi wydmy stanowią dominującą część polskiego wybrzeża. W przekroju brzeg wydmy wygląda jak na Ryc.1(2). W górnej części plaży znajduje się wydma przednia aktualnie akumulowana z ewentualną roślinnością w stadium inicjalnym. Przylega ona do wydmy głównej, znacznie wyższej, porośniętej roślinnością trawiastą, czasem również akumulowanej. Jeżeli odcinek brzegu wydmy ma stały charakter akumulacyjny, występuje wówczas cała generacja wałów wydmych równoległych do brzegu, w różnym stopniu porośniętych (w zależności od wieku ich tworzenia). Przykładem takiego odcinka może być obszar między Świnoujściem a Międzyzdrojami na wyspie Wolin (zob. Ryc. 6 b).

Innym przykładem tego typu jest Mierzeja Łebska z ogromnym obszarem aktywnych procesów eolicznych uruchamianych wtórnie przez człowieka po zniszczeniu pokrywy roślinnej.

Właściwością odcinka wydmy o charakterze erozyjnym jest brak występowania wydmy przedniej oraz podcinanie wydmy głównej, często zalesionej.

Ponieważ brzegi wydmy występują na odcinkach wybrzeża, gdzie za nimi znajduje się na ogół teren płaski, często o rzędnej niewiele różniącej się od średniego poziomu morza, dlatego nie można nie doceniać roli wydmy, jako ochrony przed powodzią morską. Sytuacja taka występuje np. na początkowym odcinku Półwyspu Helskiego, gdzie wydma główna została prawie całkowicie wyerodowana i półwyspowi groziło przerwanie. Utworzono tam wydmy sztuczne, która odpowiednio konserwowana i uzupełniana doskonale chroni brzeg przed nadmierną erozją.

- Brzegi płaskie

Brzegi płaskie występują, obok innych typów brzegu (zob. Ryc. 1 (3)), w Zalewie Szczecińskim, Zalewie Wiślanym i w wewnętrznej części Zatoki Puckiej. Są to brzegi najczęściej podmokłe, porośnięte trzciną i szuwarami. Z tego powodu położenie linii brzegowej jest bardzo trudne do identyfikacji. Dno przed takimi brzegami jest również płaskie, o niewielkim

kącie nachylenia i najczęściej muliste (zob. Ryc. 3). Tereny położone w pobliżu takich brzegów narażone są na zalanie w czasie spięrzeń wód w zalewach, czy zatoce. Dlatego na niektórych brzegach płaskich widoczne są wały przeciwpowodziowe.

- Ujścia rzek

Rzeki wnoszą do morza dużą ilość zawiesiny oraz osadów (zob. Ryc. 4), które odkładane są na dnie przy ujściu w postaci stożka. W samym ujściu wskutek zetknięcia się nurtu rzecznoego niosącego osad z falowaniem morskimi układami cyrkulacyjnymi tworzą się mieliżny, wyspy i półwyspy o różnych kształtach. O ile rzeka jest żeglowna stanowią one przeszkodę nawigacyjną. Są wówczas przekopywane, aby umożliwić żeglugę. Piasek z pogłębiania ujścia rzeki był wyrzucany najczęściej do wody na większych głębokościach, natomiast ostatnio bywa używany gdzieś do tzw. sztucznego zasilania plaży. W takich przypadkach ujście umocnione jest falochronami (Ryc. 8). Porównując sytuację z ujścia rzeki zarejestrowaną w kolejnych latach można śledzić stopień, tempo i miejsce akumulacji brzegu.



Ryc. 8. Ujście rzeki żeglownej z widocznymi falochronami (zdjęcie lotnicze ze zbiorów PHARE)

- Roślinność

Roślinność występuje w strefie brzegowej w miejscach spokojnych nienarażonych na intensywne oddziaływanie fal lub prądów. Od strony otwartego morza występuje na większych głębokościach (około 8 m) i dlatego na zdjęciach lotniczych nie jest już dostrzegalna. Natomiast widać czasami na zdjęciach rozmaite szczątki organiczne zalegające w obniżeniach między wałami rewowymi, co stanowi istotne utrudnienie w ocenie głębokości przez optyczne przegłębienie tych obszarów. W zalewach i zatoce w miejscach osłoniętych, roślinność występuje we wszystkich nieaktywnych miejscach bez względu na głębokość. Roślinność szuwarową widać na załączonym przykładzie z rejonu Zalewu Szczecińskiego (zob. Ryc. 3),

natomiast inną roślinność bentosową porastającą kępami dno widać na zdjęciu fragmentu Zatoki Puckiej (zob. Ryc. 5).

- Budowle i zabiegi hydrotechniczne

Omawiając wygląd budowli i zabiegów hydrotechnicznych na zdjęciach lotniczych należy podkreślić, że każda ingerencja człowieka w naturalny, uregulowany, dynamiczny system strefy brzegowej powoduje lokalne “rozstrojenie” tego systemu.

Spośród budowli hydrotechnicznych na polskim wybrzeżu stosuje się: falochrony, nabrzeża w portach lub na przystaniach, bulwary, mola, opaski brzegowe, gabiony i ostrogi. Do zabiegów hydrotechnicznych zaliczymy wybieranie osadów z dna przy użyciu pogłębiarki oraz sztuczne zasilanie brzegu przez odłożenie materiału osadowego w strefie brzegowej lub na plaży.

Konstrukcje hydrotechniczne umieszczone w wodzie powodują odbicie się od nich fal, które interferują z nadbiegającymi i powodują przyspieszoną erozję dna przy budowli oraz dodatkową erozję pobliskiego brzegu. Takimi konstrukcjami najczęściej są falochrony portowe lub falochrony przy ujściach rzek., gdy wewnątrz zlokalizowany jest port (Ryc. 8).

Jak już zostało wcześniej zaznaczone rzeki wnoszą znaczną ilość osadów piaszczystych deponując je w ujściu. Częściowo materiał ten jest włączony do systemu układów cyrkulacyjnych strefy brzegowej i rozprowadzany wzdłuż brzegu. Taki odcinek brzegu ma wówczas charakter akumulacyjny, a materiał piaszczysty odłożony na plaży bierze następnie udział w budowie wydmy. Najczęściej widać asymetrię w ilości odłożonego na plaży materiału po lewej i po prawej stronie ujścia, co świadczy o przewadze transportu rumowiska z kierunku, gdzie plaża jest szersza. Po przeciwnej stronie widoczna jest zazwyczaj zwiększona erozja brzegu wskutek dodatkowego wpływu fal odbitych od falochronu oraz skomplikowana rzeźba dna.

Podobne zjawisko występuje przy pojedynczych budowlach prostopadłych do brzegu takich jak pirsy, mola, pojedyncze ostrogi. Z jednej strony takiej budowli widać poszerzenie plaży, z drugiej natomiast erozję plaży, a często i wydmy. W ich pobliżu obserwuje się również zaburzenia przebiegu wałów rewowych.

Opaski mają za zadanie chronić brzeg przed erozją. Budowane są na ogół u podnóża klifu lub wydmy wówczas, gdy plaża jeszcze istnieje. Najbliższy silny sztorm, któremu towarzyszy spiętrzenie wody rozmywa plażę, po czym następuje erozja dna przed opaską. Po obu stronach opaski obserwuje się zwiększoną erozję brzegu, a pod wodą silną przebudowę układu wałów rewowych.

Coraz częściej stosowany ostatnio rodzaj ochrony brzegów to opaska gabionowa. Są to kosze druciane o odpowiednim kształcie i wymiarze, które wypełnia się otoczakami o określonych średnicach od kilkunastu do dwudziestu paru centymetrów. Ułożone razem kosze gabionów tworzą opaskę. Najczęściej umieszcza się ją w wydmie jak przed hotelem “Bryza” w Juracie czy hotelem “Amber Baltic” w Międzyzdrojach lub u podstawy klifu jak w Jastrzębiej Górze. Ażurowa konstrukcja gabionów ma za zadanie rozpraszanie energii falowej zamiast jej odbijanie, jest więc lepszą wersją opaski. Ponieważ gabiony stosowane są w Polsce zaledwie od paru lat, za wcześniej jeszcze na ocenę skutków ich oddziaływania na strefę brzegową.

Powszechnie stosowanym sposobem ochrony brzegów są ostrogi. Są to rzędy pali drewnianych lub betonowych wbijanych w dno w linii prostopadłej do brzegu. Umieszczone są one w odległościach około 100 m od siebie. Powodują dość dużą dezorganizację pierwszego wału rewowego i znaczne przegłębienia bezpośrednio przy ostrogach. Obszar taki stanowi duże zagrożenie dla kąpiących się szczególnie w czasie nawet niewielkiego falowania. Ostrogi mają za zadanie zatrzymanie migracji piasku i zdeponowanie go na plaży. Spełniają swoje zadanie jedynie na obszarze o dodatnim bilansie rumowiska, a więc tam, gdzie nie mu-

szą być stosowane. Na obszarach erozyjnych w pierwszych latach istotnie zatrzymują i akumulują piasek, po czym zaczyna się okres kilkunastu i więcej lat stabilny, aż wreszcie następuje okres erozji brzegu. Natomiast w każdym przypadku za odcinkiem brzegu umocnionego ostrogami obserwuje się znacznie zwiększoną erozję brzegu.

Nanoszony przez rzeki materiał piaszczysty odkładany w ujściach rzek stanowi przeszkodę w żegludze. Wejścia do portów, które nie są położone w ujściach rzek, również są zasypywane przez osady. Utrzymanie żeglowności odbywa się na zasadzie wykopania toru wodnego o odpowiedniej głębokości. Wskutek naturalnej cyrkulacji wody i osadów tory wodne ulegają ciągłemu zasypywaniu i wymagają okresowego pogłębiania.

Jedną z metod ochrony brzegu jest przebudowa dna strefy brzegowej lub plaży, umieszczając tam materiał piaszczysty. Metoda ta nosi nazwę sztucznego zasilania plaży. Materiał pobierany jest z określonych miejsc na dnie, gdzie jego ubytek nie spowoduje ujemnych skutków, bądź też może pochodzić z pogłębiania torów wodnych. Jest on transportowany rurociągami na plażę, gdzie formowana jest sztuczna plaża i inicjalna forma wydmy o określonych wymiarach. W taki sposób ochraniający jest początkowy odcinek brzegu Półwyspu Helskiego (mimo zastosowanego wcześniej zespołu ostróg), które po kilkudziesięciu latach przestały być skuteczne.

Literatura

Baraniecki L. 1967: *Morfologia i dynamika podwodnych osadów piaszczystych polskiego wybrzeża Bałtyku na podstawie zdjęć lotniczych*. Fotointerpretacja w Geografii. z-4. 157 str

Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R. 1986: *Interpretacja zdjęć lotniczych*. Wyd. 2 poszerz. PWN Warszawa

Furmańczyk K. 1980: *Zarys fotointerpretacji*. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego. wyd. 2-gie zmienione. Gdańsk 283 str

Furmańczyk K. 1994: *Współczesny rozwój strefy brzegowej morza bezpływowego w świetle badań teledetekcyjnych południowych wybrzeży Bałtyku*. Wyd. Naukowe uniwersytetu Szczecińskiego. Szczecin 150 str

B4.5.3 Ćwiczenia

Kameralna, indywidualna interpretacja wybranych elementów strefy brzegowej na panchromatycznym zdjęciu lotniczym:

- usytuowanie wałów renowych,
- zarys linii brzegowej,
- zasięg roślinności wydmowej, lasu,
- lokalizacja budowli hydrotechnicznych,
- usytuowanie dróg i budynków.

B4.5.4 Warsztaty

Na podstawie analizy 2-3 zdjęć lotniczych wykonanych w odstępie kilkunastu lub kilkudziesięciu lat omówić zmiany, jakie zaszły w tym czasie:

- a) w morfologii strefy brzegowej,
- b) w zagospodarowaniu terenu.