

Kazimierz Furmańczyk
Stanisław Musielak
/Gdańsk/

METODY PRZEDSTAWIANIA DYNAMIKI DNA MORSKIEJ STREFY BRZEGOWEJ Z WYKORZYSTANIEM ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniach dna strefy brzegowej morza stwarza szerokie możliwości analizy materiałów nieporównywalnie cenniejszych w stosunku do tych jakie uzyskuje się tradycyjnymi metodami.

Ogólnie znane są duże trudności związane np. z koniecznością powtarzania pomiarów w tych samych miejscach oraz z synchronizacją pomiarów na większym obszarze. Wpływają na to takie czynniki jak: wahania poziomu morza, zmienność warunków wiatrowo-falowych, występowanie prądów przybrzeżnych i inne. Wymienione trudności zwiększają się w miarę oddalania pomiarów od linii brzegowej.

Podstawą do analizy dynamiki rzeźby dna są profile lub sporządzone na ich podstawie plany batymetryczne. Dokładność przeprowadzonej analizy będzie więc zależna od dokładności i jednoczesności pomiarów oraz od odstępów między profilami.

Tradycyjnymi metodami profile dna sporządzane są przy użyciu echosondu umieszczonej na łodzi, która jest prowadzona wzdłuż profilu pomiarowego nabełznikiem, a odległość od niej określana jest wcięciami lub radiodalmierzem. Przykładowo pomiar kilometrowego odcinka wybrzeża profilowanego ca 100 m zajmuje w sprzyjających okolicznościach jeden dzień pracy. Przy przejściu do przestrzennej interpretacji wyników między tak odległymi profilami niemożliwe jest wierne przedstawienie rzeźby dna.

Taki sam przykładowo obszar może być objęty jednym zdjęciem lotniczym, z którego metodą mikrofotometryczną można sporządzić profile o dowolnych odstępach.

Plan batymetryczny sporządzony w oparciu o takie profile może być jeszcze dokładniejszy dzięki analizie obrazu dna na zdjęciu, pomiędzy liniami profilów.

W niniejszym opracowaniu, poświęconym metodom przedstawiania dynamiki dna strefy brzegowej morza, wykorzystano jako materiały wyjściowe: profile i plany batymetryczne dwóch obszarów, sporządzone na podstawie zdjęć lotniczych poligonu morskiego "Lubiatowo". Pierwszy obszar o powierzchni 200 tys. m² obrazuje zmiany roczne od 14 VII 1972 do 6 VIII 1973 roku, natomiast drugi obszar o powierzchni 138 tys. m² obrazuje zmiany kwartalne od 6 VIII 1973 do 5 XI 1973 roku.

Z rozwojem zainteresowań strefą brzegową morza i z intensywnym jej zagospodarowaniem, specjaliści szeregu dyscyplin naukowych gromadzą coraz więcej cennych informacji o tej strefie. Jednakże informacje te ze względu na niezwykle złożoność przebiegu działających tu procesów nie zawsze udaje się przedstawić w prostej formie graficznej lub zwięzłej formule matematycznej. Szczególnie wiele trudności wiąże się z analizą i graficznym przedstawieniem zagadnień, dotyczących dynamiki osadów i rzeźby dna.

W opracowaniu zaprezentowano najczęściej stosowane metody przedstawiania dynamiki dna, uzupełnione nowymi propozycjami autorów.

Najbardziej rozpowszechnioną metodą przedstawiania zarówno dynamiki rzeźby jak i dynamiki osadów dna strefy brzegowej jest porównanie profili poprzecznych, wykonywanych prostopadle do linii brzegowej w określonym odstępie czasu. Przykładem takiego porównania są przedstawione na rys. 1a* zmiany w profilach A i B zarejestrowane w odstępie rocznym, oraz na rys. 1b, zmiany w profilach C i D zarejestrowane w odstępie kwartalnym. Analiza zmian głębokości wzdłuż nałożonych profili pozwala określić miejsca zarówno akumulacji i abrazji dna, jak i uzyskać dane liczbowe wielkości tych procesów. Jednakże analiza zmian w oparciu o profile nie daje jeszcze orientacji w przestrzennym przebiegu procesów omawianej strefy, a interpolacja wyników między profilami o dużych odstępach może być nieścisła lub niejednokrotnie nawet błędna ze względu na dużą zmienność zjawisk.

Inną metodą dającą niekiedy dobre wyniki w analizie dynamiki rzeźby terenu na lądzie /np. przemieszczanie się wydym, abrazja klifów/ jest porównanie dwóch planów batymetrycznych /warstwicznych/ nałożonych na siebie. Przykład takiego nałożenia dwóch planów batymetrycznych przedstawiono na rys. 2a i 2b.

Jak widać z przedstawionych rysunków, proste nałożenie planów batymetrycznych daje niezwykle zagmatwany i nieczytelny obraz, ze względu na wielokierunkowe zmiany zachodzące w rozpatrywanej strefie. W tej po-

* Patrz wszystkie rysunki na końcu artykułu.

stacji nałożone plany mogą jedynie służyć jako materiał wyjściowy do selektywnego przedstawienia zawartych w nich informacji.

Kolejną znacznie bardziej czytelną metodą opracowania danych z przekrojów i map batymetrycznych jest sporządzanie rozkładu zmian deniwelacji dna w określonym przedziale czasowym /tzw. mapy deformacji/ przedstawionego na rys. 3a i 3b. Metoda ta jest szczególnie przydatna w przypadku, gdy należy dokładnie wyjaśnić przestrzenną lokalizację zmian rzeźby dna lub bilansu osadów, ponieważ ujawnia miejsca rozmywu i akumulacji oraz podaje wielkości liczbowe tych zmian. Nie dają one jednak pełnej informacji o objętości przemieszczanego materiału. Największą wadą tej metody jest brak powiązania zmian z sytuacją wyjściową.

Dlatego też cennym uzupełnieniem wydaje się być przedstawienie zmian deniwelacji dna na tle stanu wyjściowego, co zaprezentowano na rys. 4a i 4b. W celu zwiększenia czytelności uzyskanych w ten sposób map, zmiany deniwelacji ograniczono do trzech przedziałów:

- obszary o niewielkiej deformacji $\pm 0,5$ m/
- obszary intensywnej akumulacji /większej od + 0,5 m/
- obszary intensywnego rozmywania /większego od -0,5 m/.

Wielkość przedziałów zmian można przyjmować dowolnie, w zależności od potrzeby i charakteru badań oraz wartości samych zmian.

Zwiększenie czytelności mapy deformacji dna można uzyskać przez pokazanie ich na tle zmian położenia osi wałów rewowych. Przykłady takiego uzupełnienia map deformacji przedstawiono na rys. 5a i 5b.

Zaproponowane uzupełnienia i modyfikacje map deformacji pozwalają na powiązanie zmian z poziomym przemieszczeniem się form dna /wałów rewowych/ i wyznaczeniem miejsc ich deformacji. Brak w nich jednak powiązania ze zmianami objętości samych form.

Dlatego też proponuje się przedstawienie dynamiki form dna metodami, które wstępnie proponujemy nazwać diagramową i wektorową. Mapy wykonane tymi metodami przedstawiono na rys. 6a i 6b oraz rys. 7a i 7b. Zmiany położenia osi wałów rewowych i obniżeń międzyrewowych przedstawiono na rys. 6 linią ciągłą /stan początkowy/ i przerywaną /stan końcowy/, natomiast na rys. 7 przy pomocy wektorów poziomego przemieszczenia form. Zmiany głębokości położenia wierzchołków i obniżeń pokazane są na rys. 6 diagramem półkolistym, gdzie promień półokręgu obrazuje wielkość zmian, a szraf - ich charakter, natomiast na rys. 7 wielkość zmian podano w sposób cyfrowy. Zaproponowane metody stanowią uzupełnienie już istniejących sposobów, ilustrując w przejrzysty sposób dynamikę przestrzenną form dna.

Dają one możliwość łatwego odczytania wielkości przemieszczeń zarówno poziomych jak i pionowych osi wałów rewowych i obniżeń międzyrewowych.

Przedstawione dotychczas metody nie dają możliwości analizy bilansu osadów dennych badanego obszaru. Mając wartości zmienności w przekroju wzdłuż poszczególnych profilów lub przestrzenne rozmieszczenie deformacji na mapie trudno zorientować się w ogólnym bilansie osadów.

Jedną z najlepszych metod przedstawienia dynamiki osadów jest krzywa batygraficzna. Zasada jej konstruowania jest podobna do znanych konstrukcji krzywej hipsograficznej i innych krzywych tego typu. Krzywe batygraficzne dla badanych obszarów w określonych okresach czasu pokazane są na rys. 8a i 8b. Sporządzenie takich krzywych z różnych okresów czasu dla obszaru o dokładnie tych samych granicach daje możliwość analizy zmian objętości osadów na badanym obszarze. Powierzchnia zawarta między krzywymi /nałożonymi na siebie/ będzie równa bilansowi osadów badanego obszaru w określonym przedziale czasowym, co można przedstawić w następującej postaci całkowitej:

$$\int_0^H [\varphi_2(h) - \varphi_1(h)] dh = Q_t$$

Wartość bilansu osadów Q_t można praktycznie wyznaczyć mierząc planimetrem powierzchnię między krzywymi, a chcąc uzyskać objętość wyrażoną w m^3 należy uzyskaną wartość Q_t pomnożyć przez powierzchnię badanego obszaru w m^2 oraz podzielić przez 100 %

$$V_t = Q_t \cdot \frac{P}{100\%}$$

Można też bilans osadów wyznaczyć analitycznie /bez użycia planimetru/ według zaproponowanego poniżej wzoru:

$$V_t = \frac{n \cdot P}{100\%} \left(\sum_{n=h}^{n=H-h} [f_2(n) - f_1(n)] + \frac{1}{2} (A + B) \right)$$

gdzie:

$$A = f_2/0/ - f_1/0/$$

$$B = f_2/H/ - f_1/H/$$

h - wartość cięcia warstwicowego w /m/

P - powierzchnia badanego obszaru w / m^2 /

$f_2/h/$ i $f_1/n/$ - wartość procentowego udziału powierzchni danej izobaty w powierzchni badanego obszaru w odpowiednio drugim i pierwszym okresie czasu.

Ten prosty wzór, którego głównym trzonem jest zwykła suma różnic wartości procentowych dwóch okresów dla poszczególnych głębokości oraz połowa różnic dla głębokości zerowej oraz maksymalnej, możliwy jest również w stosowaniu bez konieczności dokładnego konstruowania wykresu krzywych do pomiaru planimetrem. Obliczony przykładowo tą metodą bilans osadów dla pierwszego obszaru wynosi $+ 265\ 250\ m^3$, a dla drugiego obszaru $-1000,5m^3$.

Z przedstawionych powyżej metod i uzupełnień oraz nowych propozycji autorów wynika, że dynamika form jest najlepiej czytelna w metodzie diagramowej i wektorowej, natomiast do badania bilansu osadów najbardziej przydatną jest metoda krzywych batygraficznych.

Analizując materiał przedstawiony na profilach i na mapach, należy również nadmienić, że skomplikowany nieciągły przebieg trzeciej rewy w drugim z badanych okresów na obszarze pierwszym, był możliwy do odczytania jedynie ze zdjęć lotniczych, gdyż jak widać z profili A i B na rys. 1a przebieg trzeciej rewy jest wieloznaczny. Zaobserwowane duże lokalne zmiany głębokości, widoczne na rys. 3b przy ogólnym bilansie bilskim zeru, łatwo dają się wytłumaczyć poziomym przemieszczeniem wałów rewowych widocznym na rys. 6b i 7b.

Wszystkie omówione metody pozwalają na przedstawienie różnej interpretacji dynamiki form rzeźby dna morskiego, co też było celem danego opracowania.

Dla wyjaśnienia czynników powodujących zarejestrowaną dynamikę rzeźby dna, konieczne jest przeprowadzenie analizy warunków hydrodynamicznych i meteorologicznych w badanym akwenie, w tym samym okresie czasu. Analiza taka pozwoli powiązać zaobserwowane zmiany rzeźby dna z przebiegiem powodujących je czynników. Takie powiązanie pozwoli również na prognozowanie przebiegu dynamiki rzeźby i bilansu osadów oraz wykorzystanie wykonanych badań przy projektowaniu wszelkiej działalności gospodarczej w rozpatrywanej strefie.

LITERATURA

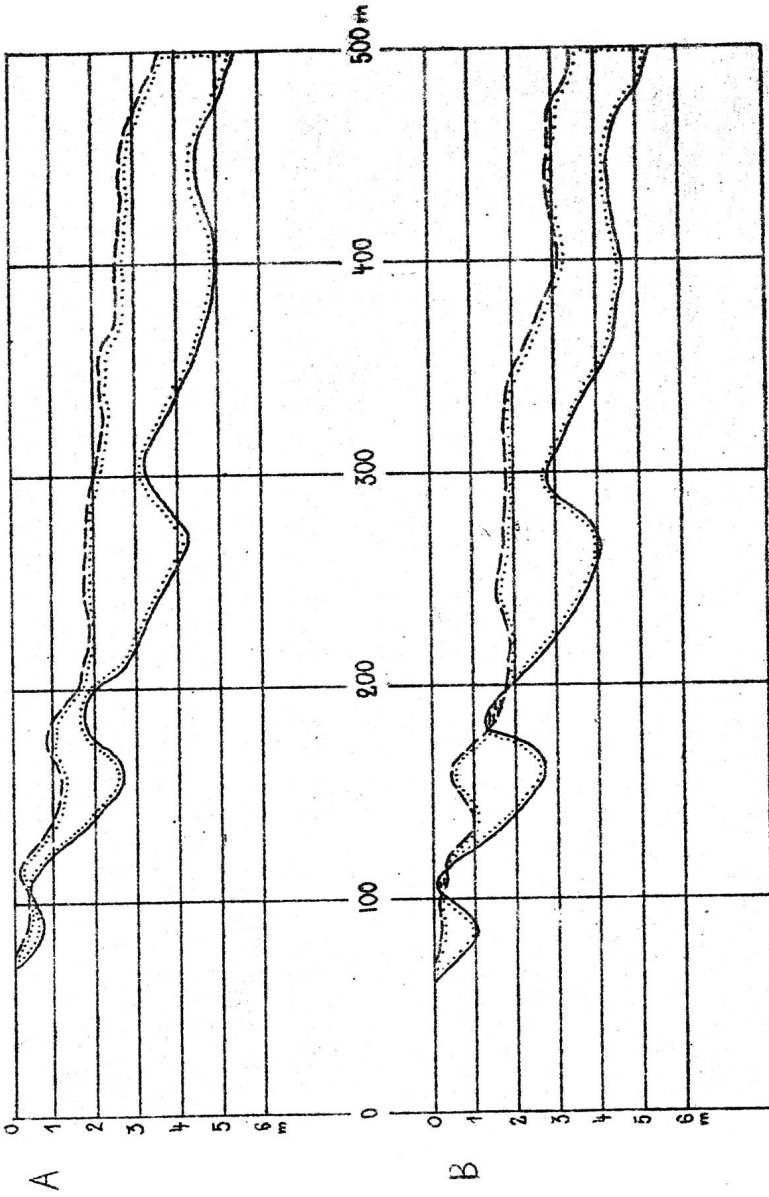
1. Dołotow J.S., Szadrin I.F., Jurkiewicz M.G., O dynamice reliefu podwodnowo błęregowowo skłona skóżennowo rakuszcycznym materiałom, "Nowyje issl.bier.proc.", Moskwa 1970.
2. Johnson J.W., Dynamics of nearshore sediment movement, Bull.Amer.Assoc. Petrol.Geologists, v. 40, N.9, 1956.

3. Korobowa I.J., Deformacja reljefa przybrzeżnej strefy i jej wpływ na zanosimost podchodnowo kanała portu Kłajpeda, "Nowyje issl.bier.proc." Moskwa 1970.
4. Safjanow G.A., Batigraficzeskaja krawaja - metod analiza litodinamiki bieregowej strefy, "Kompleksnyje issl.prirody okieana", Izd.MGU, 1973.
5. Safjanow G.A., Dinamika bieregowej strefy moriej, Izdatielstwo Moskowskogo Gos.Uniwersyteta, 1973.

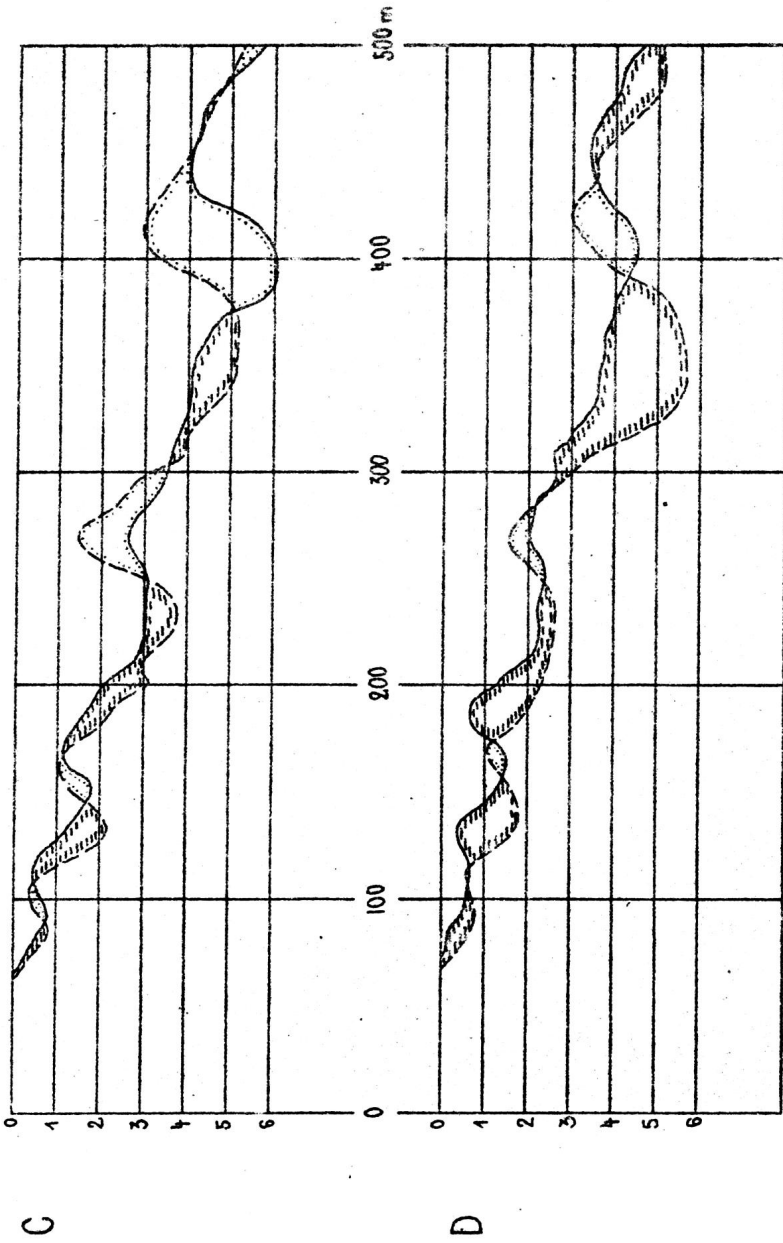
Kazimierz Furmańczyk
Stanisław Musielak

METHODS FOR PRESENTING A SEA-BED VARIATIONS
IN THE SHORE ZONE USING AERIAL PHOTOGRAPHS

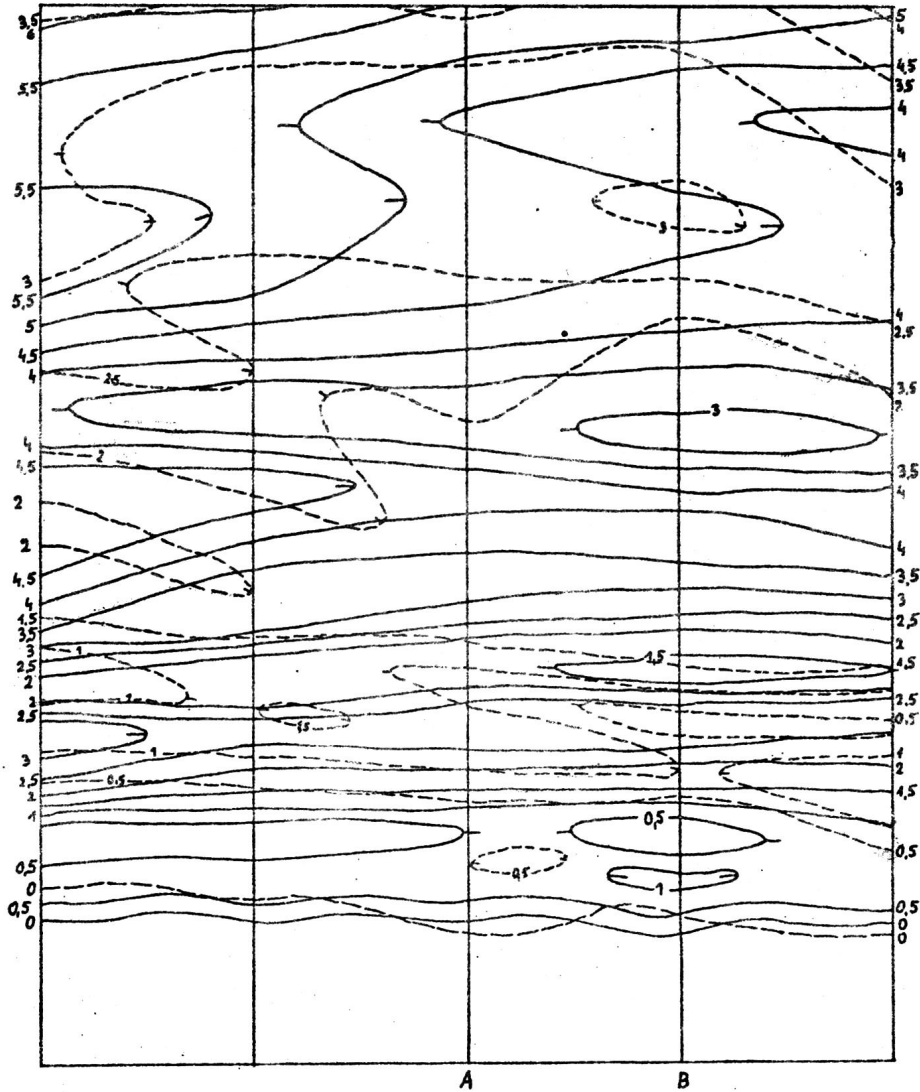
The paper describes the most frequently applied methods of presenting variations in the form and balance of bottom sediments /comparison of bathymetric profiles, superimposition of bathymetric charts, recording of the distribution of changes of the Bed denivelation in a particular space of time, the so-called deformation charts indicating translocations of sandbank-ridge axes, superimposition of bathygraphic curves/, supplemented with new suggestions by the authors /presentating of bottom sediment variation by the so-called diagrannatic and vector methods, and presentation of sea-bottom level changes against the original situation/. The starting material used was the profiles and bathymetric charts drawn on the basis of aerial photographs of the sea exploratory area "Lubiatowo". An analysis of the methods presented has shown that variations on sedimentation forms are best seen when the diagram and the vector methods, as suggested by the authors, are used, whereas most useful for the study of sediment balance is the method based on the superimposition of bathygraphic curves.



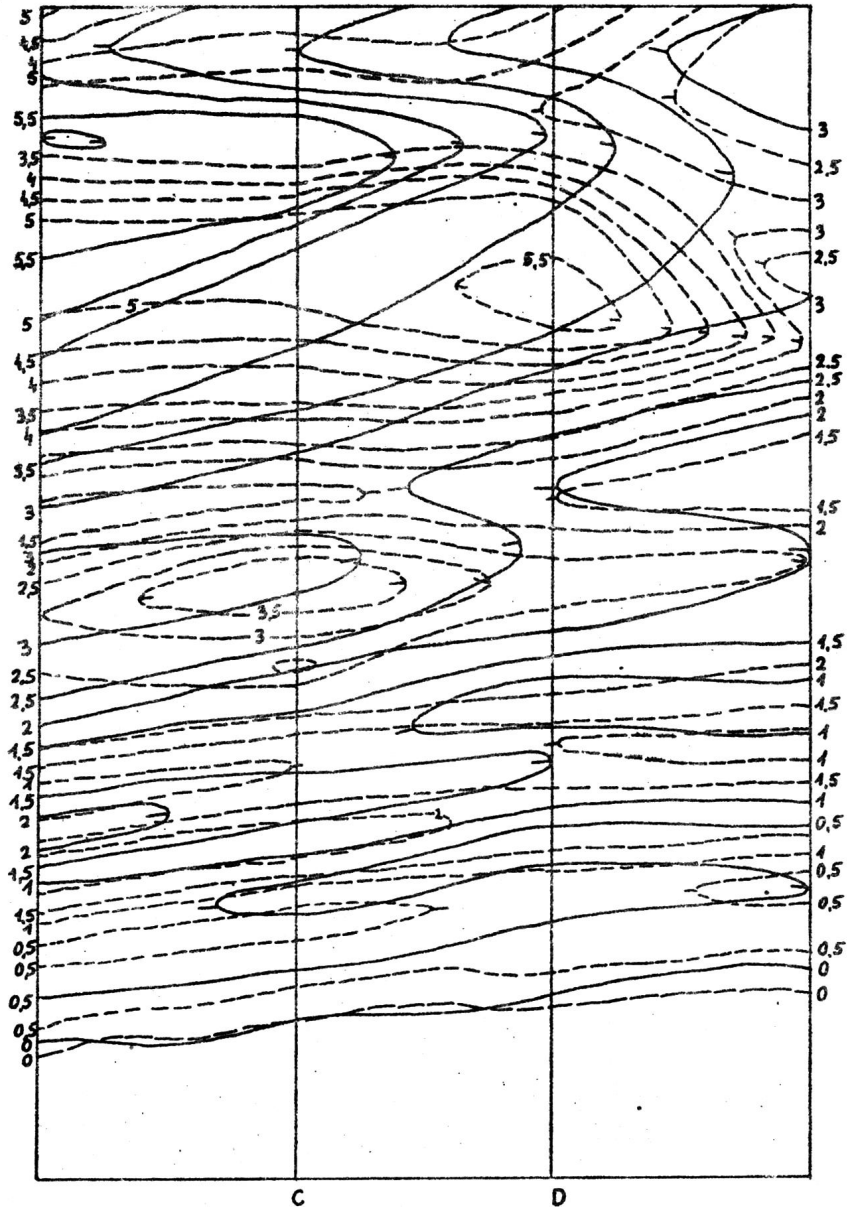
Rys. 1a Porównanie przekrojów



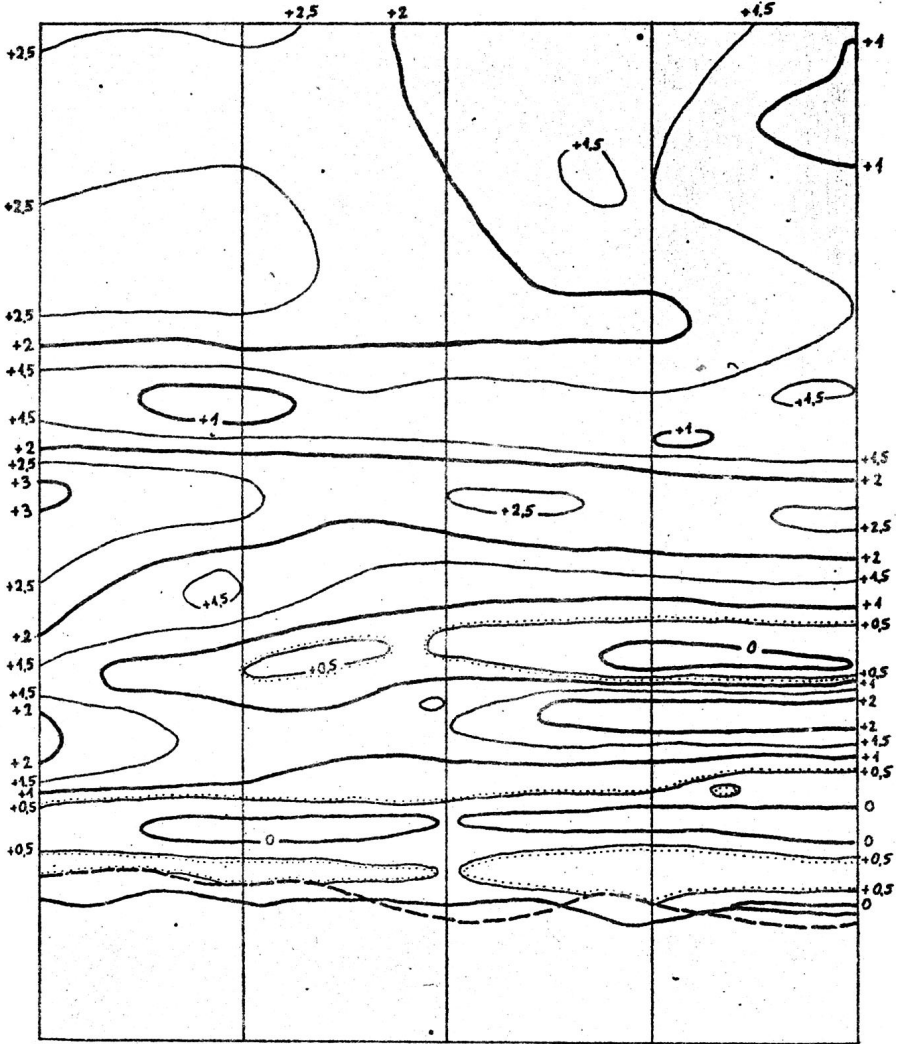
Rys. 1b Porównanie przekrojów



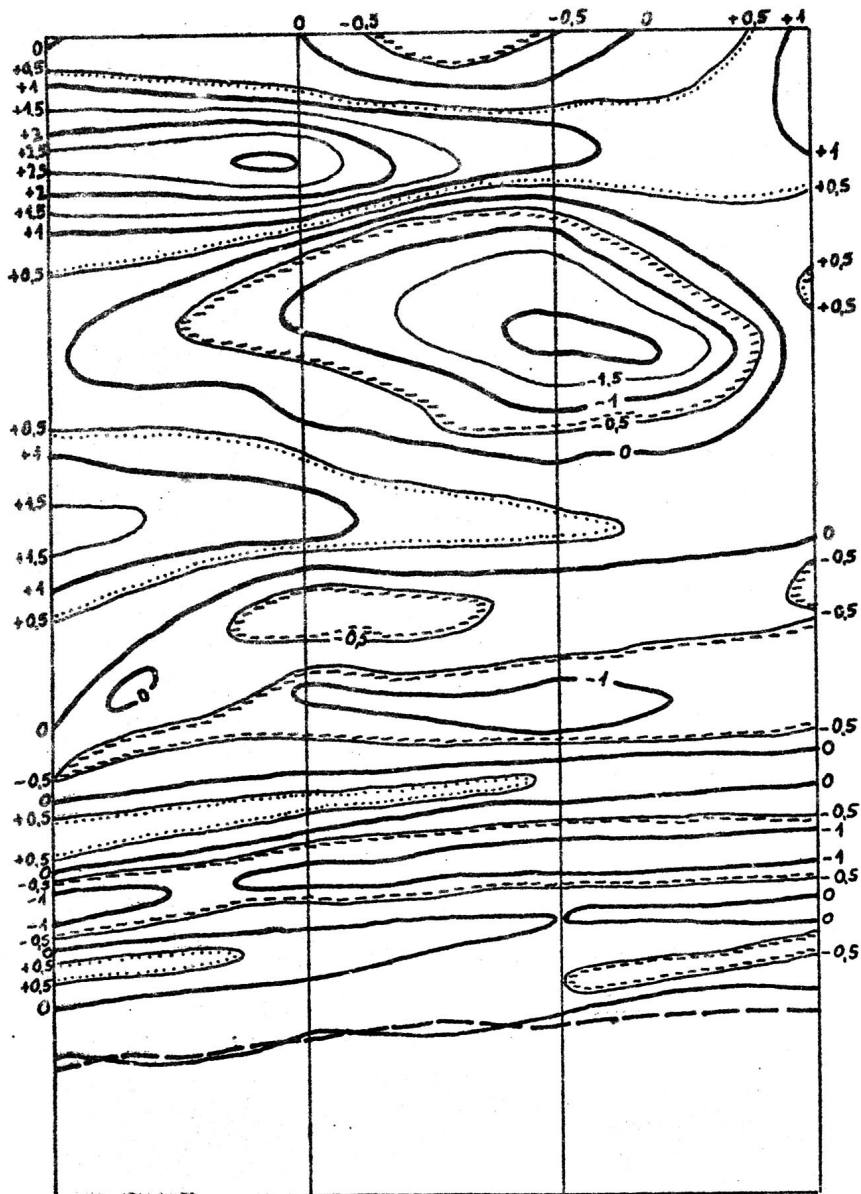
Rys. 2a Zmiany obrazu batymetrii w okresie 14 VII 1972
- 6 VIII 1973



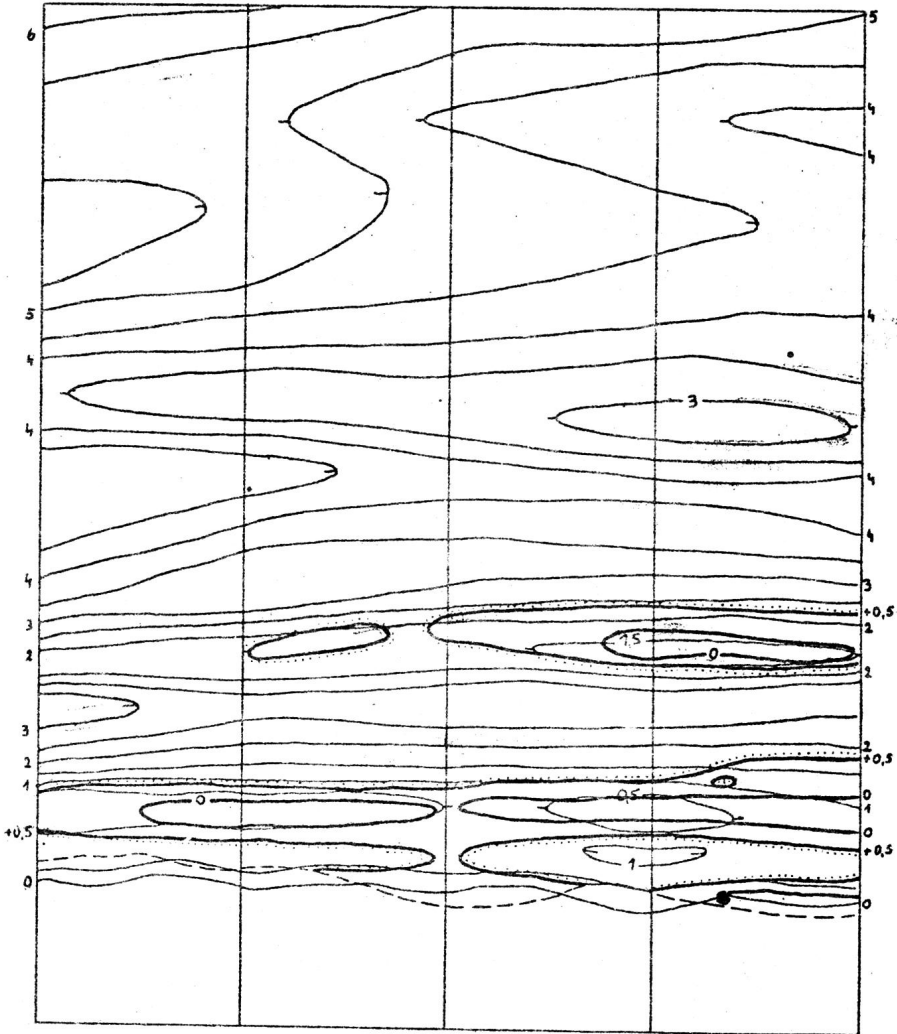
Rys. 2b Zmiany obrazu batymetrii w okresie
6 VIII 1973 - 5 XI 1973



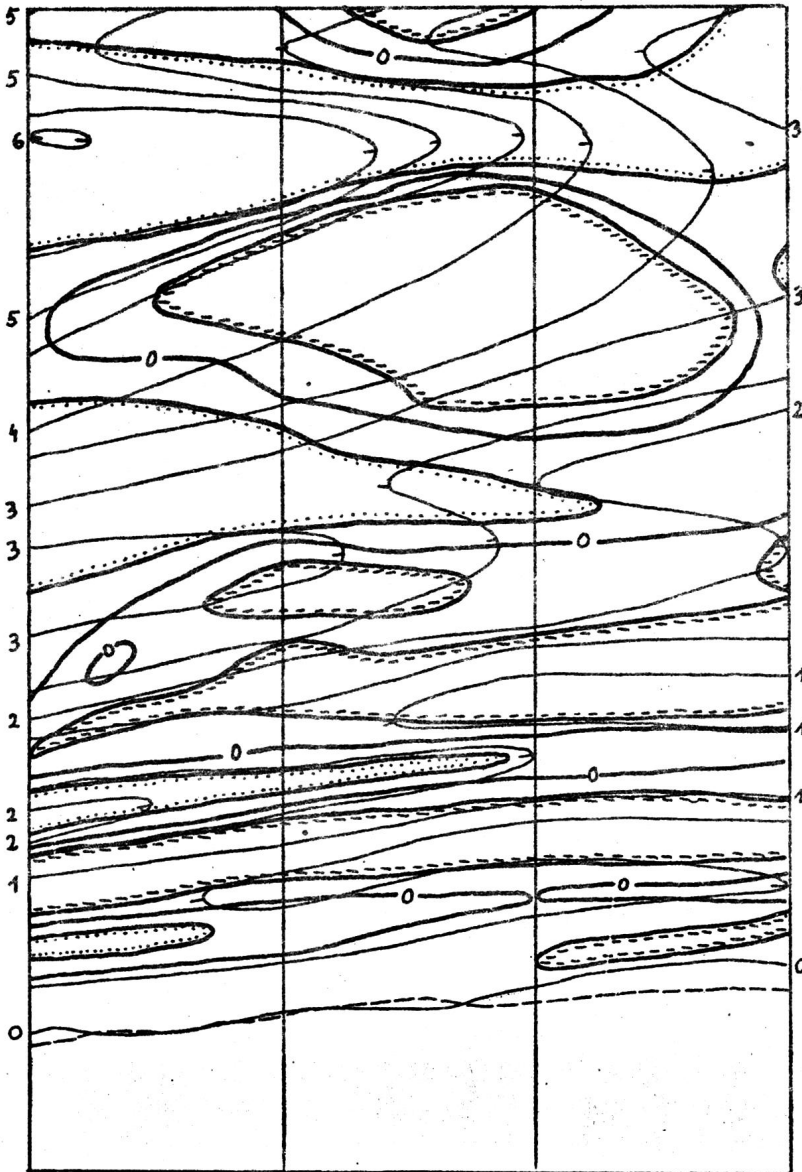
Rys. 3a Rozkład zmian deniwelacji dna



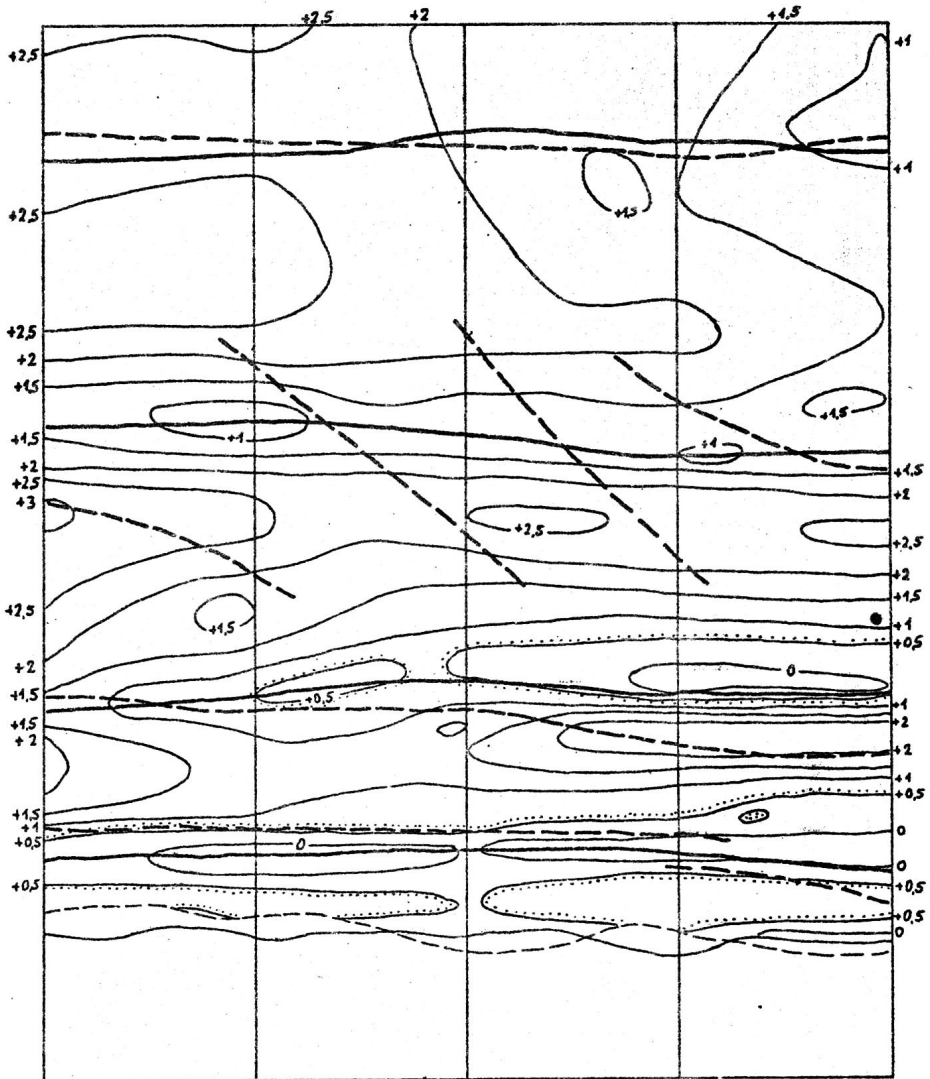
Rys. 3b Rozkład zmian deniwelacji dnia



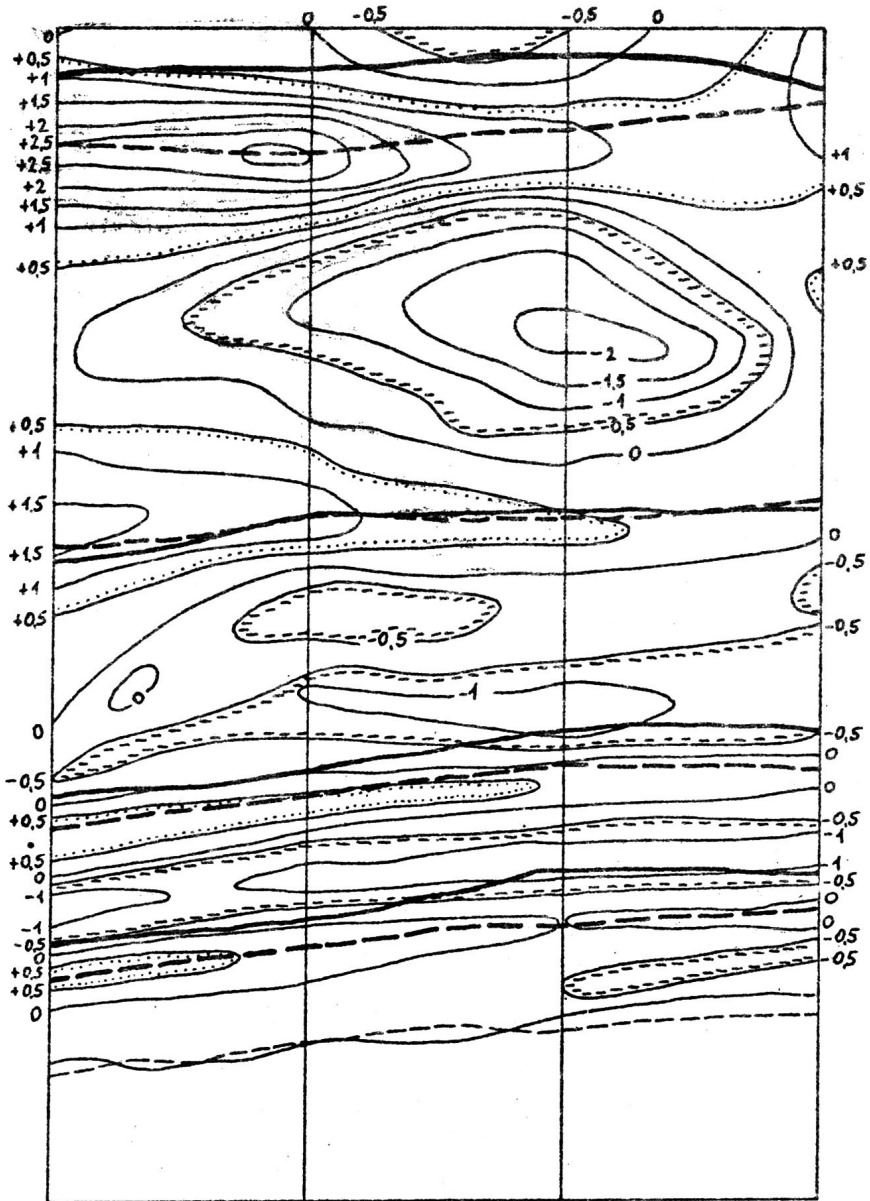
Rys. 4a Rozkład zmian deniwelacji dna na tle stanu początkowego



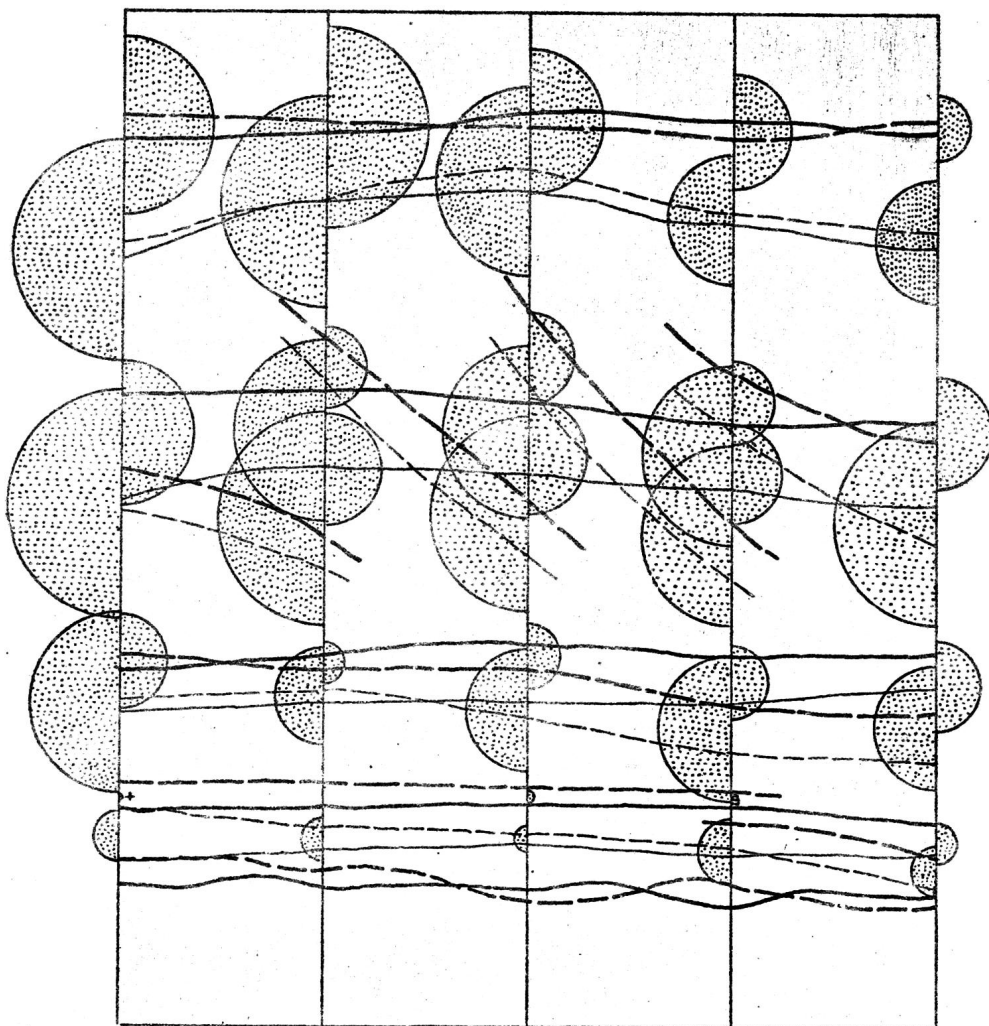
Rys. 4b Rozkład zmian deniwelacji dna na tle stanu początkowego



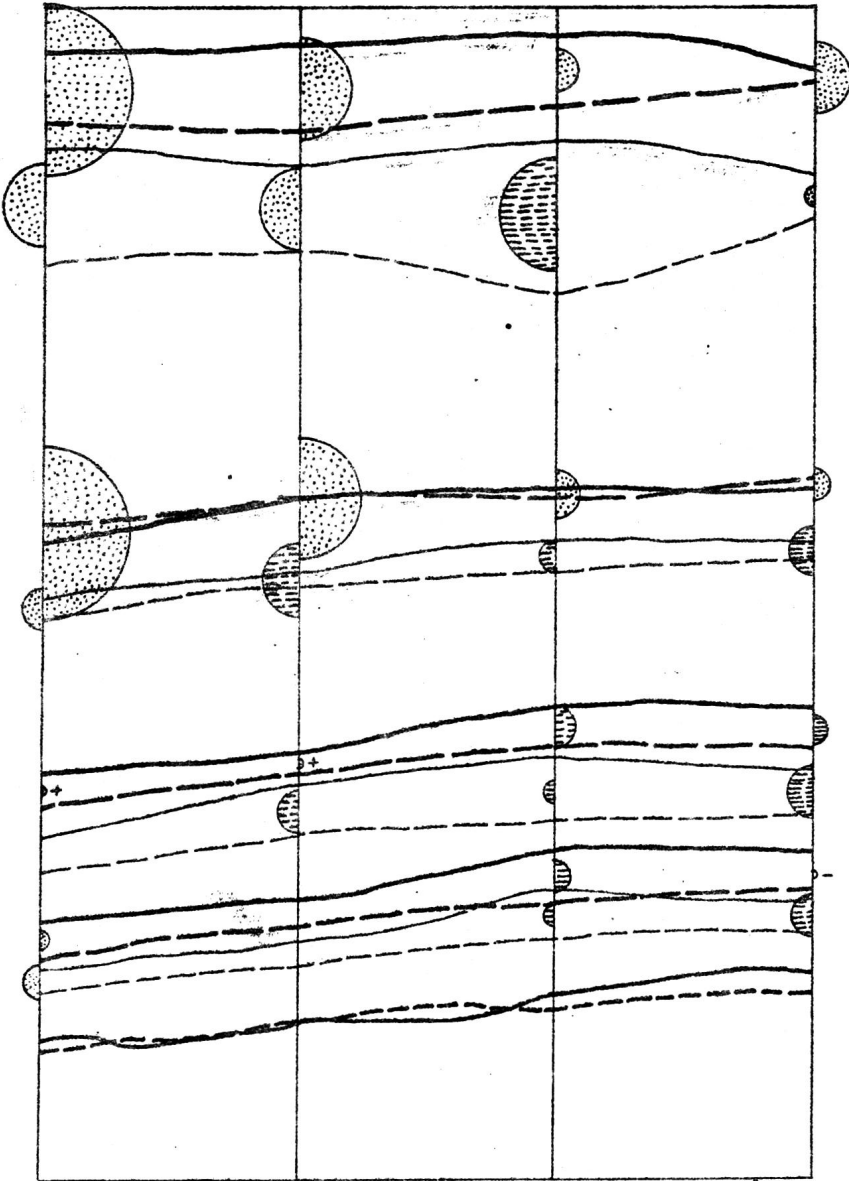
Rys. 5a Rczkład zmian deniwelacji dna wraz ze zmianą
położenia rew



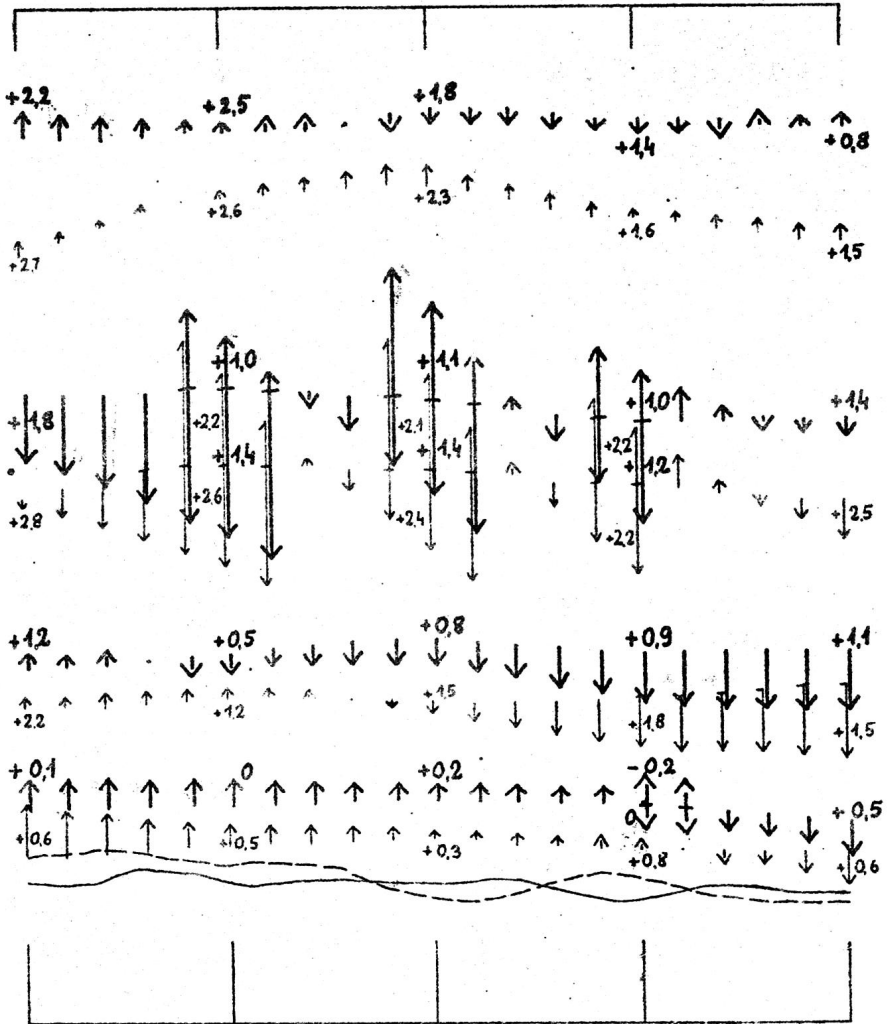
Rys. 5b Rozkład zmian deniwelacji dna wraz ze zmianą położenia rew



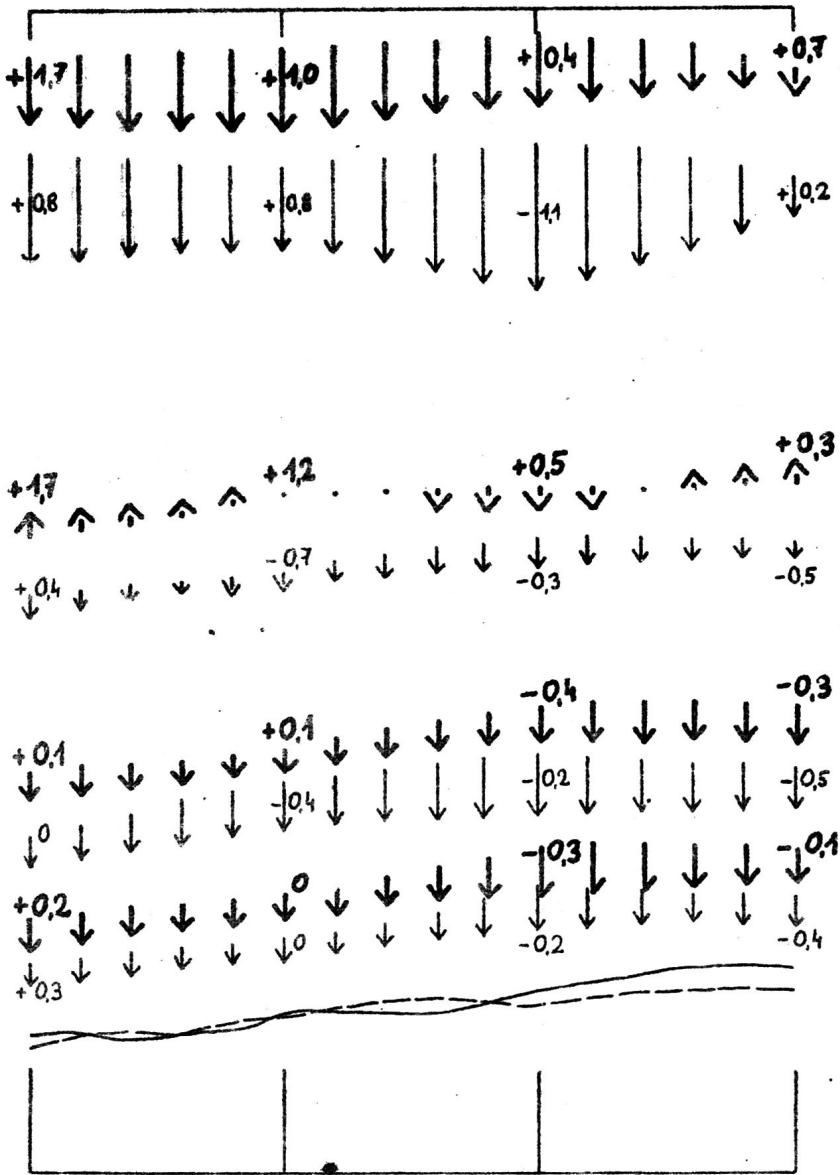
Rys. 6a Diagramowy obraz dynamiki form dna



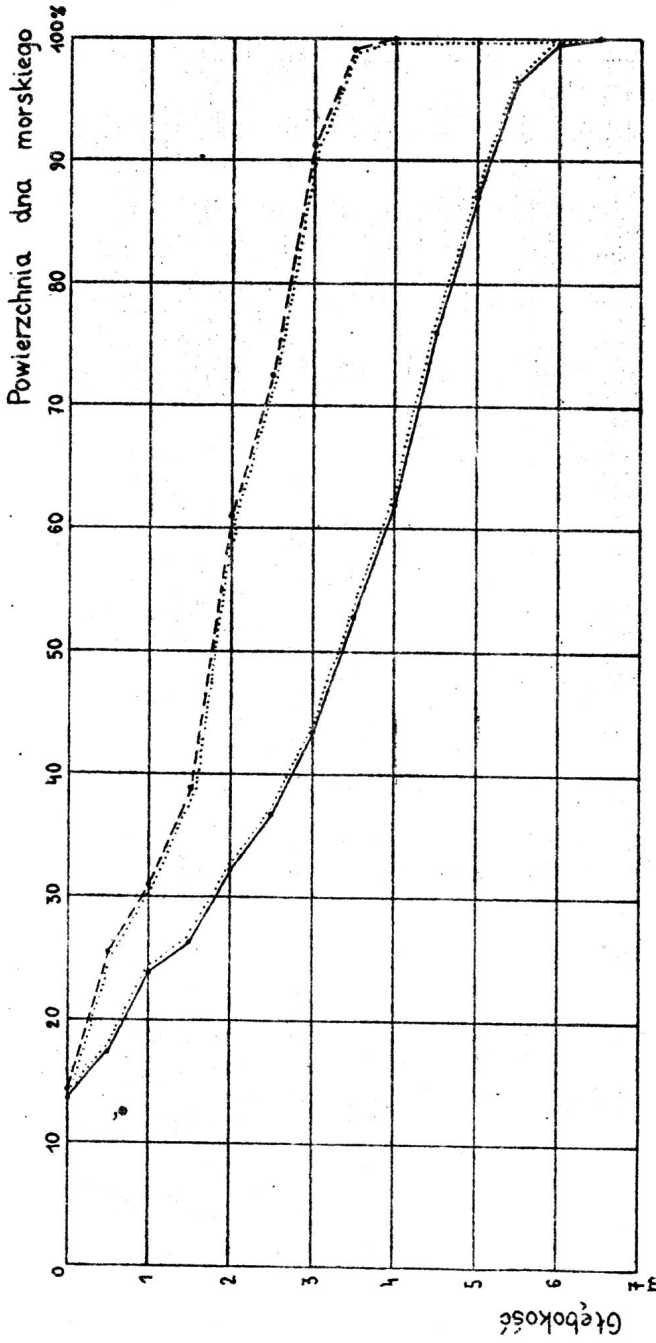
Rys. 6b Diagramowy obraz dynamiki form dna



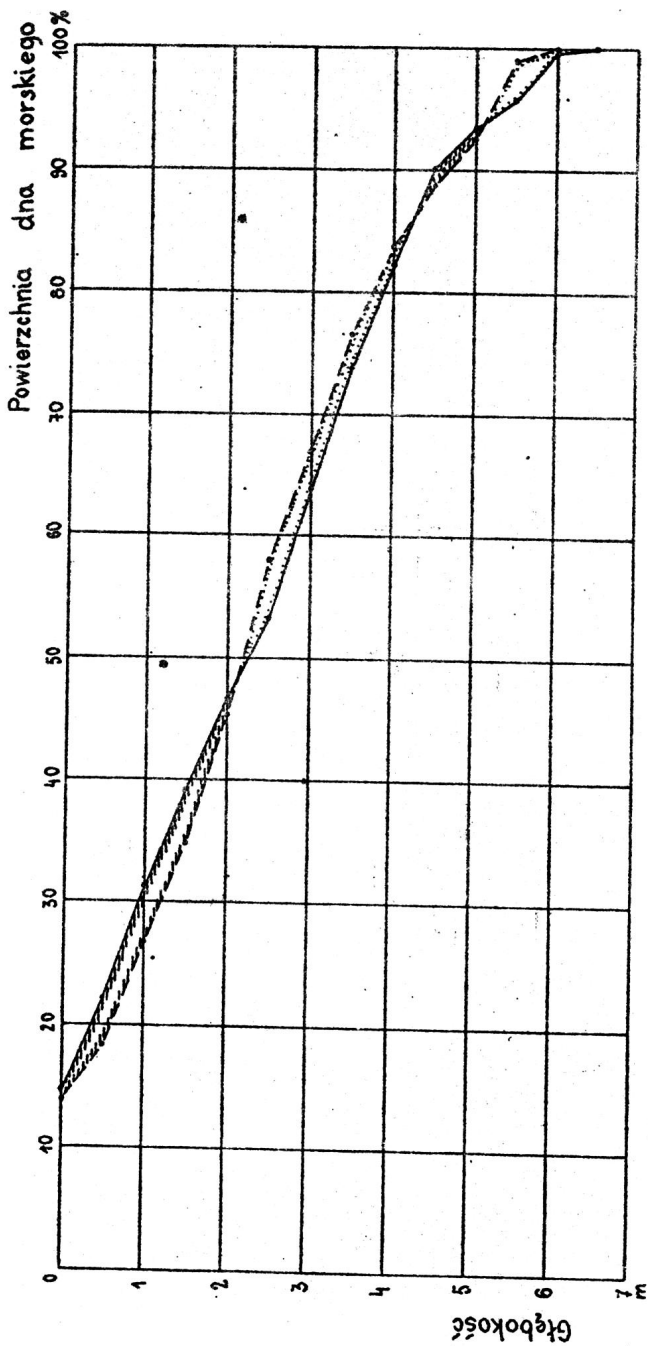
Rys. 7a Wektorowy obraz dynamiki form dna



Rys. 7b Wektorowy obraz dynamiki form dna



- Rys. 8a Krzywa batygraficzna



Rys. 8b Krzywa batygraficzna