IV Akademia Kartografii i Geoinformatyki
„Modelowanie czasoprzestrzenne”
Wrocław 22-24 maja 2024 r.

Politechnika Wrocławska
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

ZMIANY WYBRANEGO FRAGMENTU KORYTA NYSY KŁODZKIEJ NA PODSTAWIE MATERIAŁÓW KARTOGRAFICZNYCH I TELEDETEKCYJNYCH OD KOŃCA XIX WIEKU

DOLNY ŚLĄSK
Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego
Wydział Geodezji i Kartografii

Karolina Pachuta

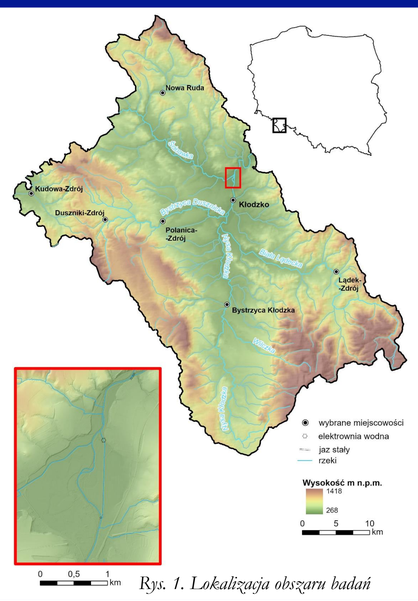
Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, Wydział Geodezji i Kartografii, Wybrzeże J. Słowackiego 12-14, 50-411 Wrocław, e-mail: karolina.pachuta@dolnyslask.pl

WPROWADZENIE

Głównym celem badań było określenie **zmian morfologii koryta** Nysy Kłodzkiej w okolicy wsi Ławica od końca XIX wieku na podstawie ogólnodostępnych materiałów kartograficznych i teledetekcyjnych. Dawne mapy są niezwykle cennym źródłem informacji w analizach związanych z obszarową oraz czasową zmiennością stosunków wodnych. W aspekcie położenia geograficznego największym znaczeniem i stopniem rozpoznania, zaraz obok osad oraz dróg, cechuje się sieć rzeczna. Bardzo często tworzyła podstawowy element orientacyjny treści dawnych przekazów kartograficznych. Dlatego **archiwalne mapy** są wykorzystywane jako szczególnie ważne i bogate źródło informacji o strukturze sieci hydrograficznej. Dotyczy to zwłaszcza układu, kształtu sieci rzecznej w poszczególnych okresach jej przekształceń, zachodzących zarówno pod wpływem czynników antropogenicznych, jak i naturalnych. Zmiany odcinka Nysy Kłodzkiej w Ławicy zostały zanalizowane na podstawie materiałów kartograficznych oraz teledetekcyjnych. Wykorzystano archiwalne mapy topograficzne, zdjęcia lotnicze, ortofotomapę wykonaną z wysokorozdzielczych zdjęć lotniczych niskiego pułapu pozyskanych za pomocą bezzałogowego statku powietrznego (ang. UAV - Unmanned Aerial Vehicle) oraz najbardziej aktualną dostępną ortofotomapę dla tego obszaru pobraną z centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. Źródła kartograficzne posłużyły do **odtworzenia przebiegu** koryta w różnych okresach. Materiały teledetekcyjne, oprócz odwzorowania biegu rzeki, dały możliwość analizy procesów fluwialnych zachodzących w korycie, które scharakteryzowano na podstawie widocznych form korytowych.
Przedstawione wyniki to efekty mojej pracy badawczej (zaktualizowanej i zanalizowanej w oparciu o najnowsze dostępne materiały), która została zakończona obroną pracy magisterskiej w 2020 roku na Uniwersytecie Wrocławskim.

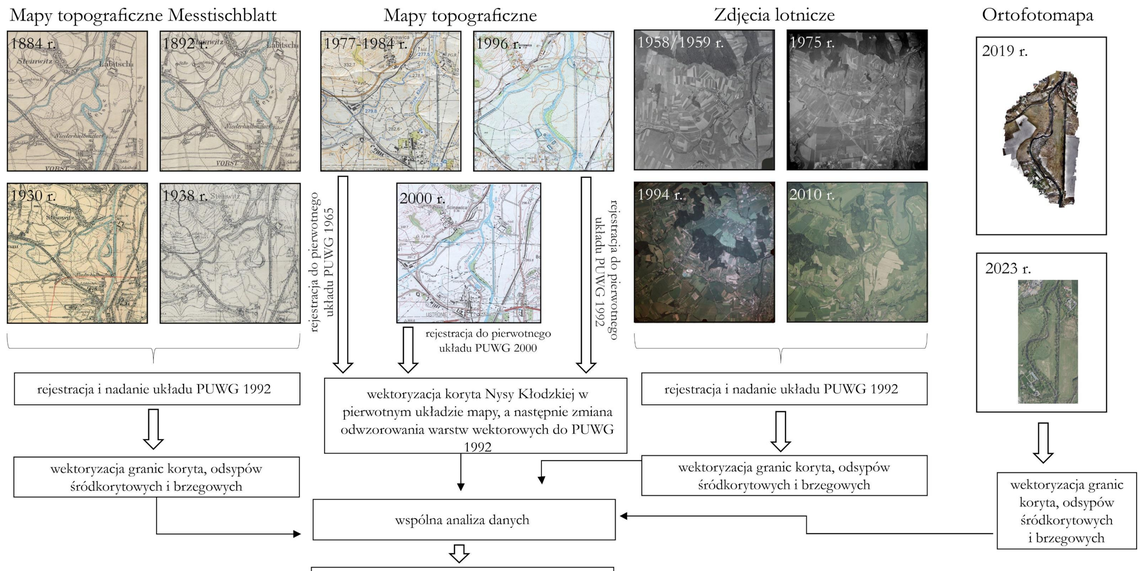
OBSZAR BADAWCZY

Badany odcinek Nysy Kłodzkiej położony jest na obszarze ziemi kłodzkiej w środkowej części Sudetów. Rzeka stanowi jeden z największych i najzasobniejszych w wodę lewobrzeżnych dopływów Odry, a także jest głównym ciekiem odwadniającym obszar Sudetów. Źródła Nysy Kłodzkiej znajdują się na zachodnich stokach Masywu Śnieżnika na wysokości około 975 m n.p.m. Całkowita długość rzeki to około 181,7 km, a powierzchnię całego dorzecza szacuje się na 4599 km2. Analizą objęto **fragment Nysy Kłodzkiej** w okolicy wsi Ławica zlokalizowanej na północ od Kłodzka wraz z ujściem jej lewobrzeżnego dopływu Ścinawki. Długość badanego odcinka wynosi około 3 km i położony jest na wysokości 270–444 m n.p.m. Średnie roczne przepływy w korycie Nysy Kłodzkiej odnotowane w Kłodzku w okresie pomiarowym 1951–2011 wynosiły 12,84 m^3/s. Średnie roczne stany wód odnotowane na tym posterunku wodowskazowym w tym samym okresie wynosiły 97,2 cm. Najwyższy przepływ na Nysie Kłodzkiej w Kłodzku zanotowany został podczas fali powodziowej 8 lipca 1997 roku. Maksymalny przepływ wynosił tego dnia 1340 m^3/s.



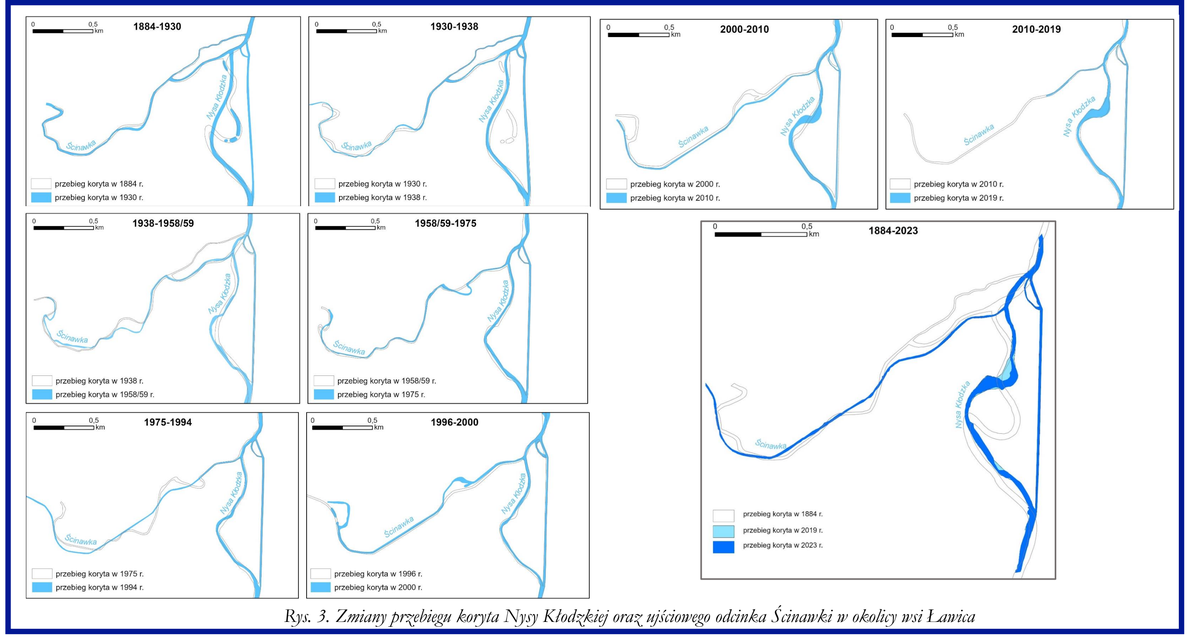
Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań

METODY BADAWCZE I ŹRÓDŁA DANYCH



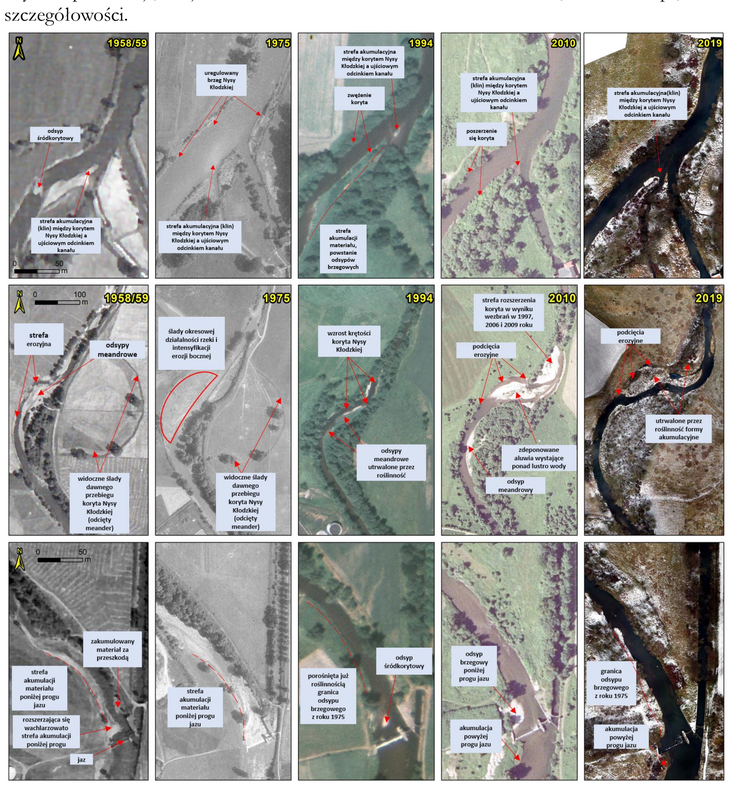
Rys. 2. Uproszczony schemat przeprowadzonych prac badawczych

NYSA KŁODZKA NA MAPACH TOPOGRAFICZNYCH I ZOBRAZOWANIACH LOTNICZYCH



Rys. 3. Zmiany przebiegu koryta Nysy Kłodzkiej oraz ujściowego odcinka Ścinawki w okolicy wsi Ławica

Największe zmiany przebiegu koryta na badanym odcinku spowodowane są budową elektrowni wodnej wraz z piętrzeniem. Na podstawie mapy topograficznej Messtischblatt z 1884 roku można odtworzyć przebieg Nysy Kłodzkiej przed wybudowaniem elektrowni. Koryto rzeki pomiędzy Kłodzkiem a Ławicą ma przebieg południkowy i wykazuje **tendencję do meandrowania**. Pomiędzy rokiem 1884 a 1930 doszło do skrócenia koryta rzeki, a jeden z meandrów został odcięty. W tym czasie wybudowano kanał energetyczny widoczny już na mapie z 1930 roku (długość ok. 1160 m). Regularny układ koryta widoczny na mapach z lat np. 1930, 1938, 1958/1959 sugeruje, że prawdopodobnie przy budowie kanału zasilającego istniejącą już elektrownię wodną, przebieg koryta Nysy Kłodzkiej został uregulowany. Na mapie z 1930 roku pomiędzy naturalnym korytem Nysy Kłodzkiej, a kanałem energetycznym widoczne jest starorzecze wypełnione wodą (po odciętym meandrze). Na mapie Messtischblatt z roku 1938 forma ta nie jest już widoczna. Prawdopodobnie doszło do jej spłycenia i naturalnego zaniku, bądź zasypania. W 1938 roku po długotrwałych i intensywnych opadach miała miejsce trójkulminacyjna powódź na Nysie Kłodzkiej. Jej widoczne skutki można obserwować w zmianie przebiegu. Wzrosła krętość ujściowego koryta Ścinawki, natomiast Nysa Kłodzka ponownie intensywnie podcinała swoje brzegi. Nasiliła się erozja boczna. Na zdjęciu lotniczym z przełomu lat 1958/59 koryto przesunęło się na zachód i próbowało częściowo wrócić do swojego przebiegu z końca XIX wieku. Przebieg naturalnego koryta Nysy Kłodzkiej poniżej jazu nie uległ widocznym i znaczącym zmianom. Rzeka na przestrzeni lat wykazuje stałe **tendencję do meandrowania** i próbuje powrócić do przebiegu nawiązującego do tego sprzed budowy piętrzenia. W miejscach, w których koryto Nysy Kłodzkiej tworzyło w przeszłości zakola, intensywniej oddziałuje **erozja boczna**. Na rysunku widoczne są także skutki powodzi z 1997 roku oraz wezbrań z 2006 i 2009 roku. Koryto wyraźnie poszerzyło swoje granice i rozszerzyło się w najbardziej „wrażliwych” miejscach, szczególnie podatnych na zmiany w przypadkach **fluwialnych zdarzeń ekstremalnych**. Proces erozji bocznej wyraźnie nasilił się na zewnętrznych brzegach zakoli. Bezpośrednio po powodziach z lat: 1997, 2006 i 2009 nie wykonywano w tym miejscu nalotów, dzięki którym dostępny byłby materiał teledetekcyjny, który rzetelniej przedstawiłby sytuację obrazującą zmiany w morfologii koryta. Zdjęcie lotnicze wykonane w 2010 roku przedstawia strefę rozszerzenia się koryta. Odsłonięte brzegi były mocno podcinane kilkukrotnie w trakcie kolejnych zdarzeń ekstremalnych występujących na tym obszarze w ciągu zaledwie 13 lat (od 1997 do 2010 roku). Największe podcięcia erozyjne można zauważyć w miejscach, gdzie koryto zostało w przeszłości uregulowane. Na zakolach erozja boczna ogranicza się do brzegu zewnętrznego, a jej maksymalne natężenie występuje w strefie wyjścia nurtu z zakola. Nysa Kłodzka na tym odcinku stale dąży do powrotu na swoją dawną trasę z końca XIX wieku. W ostatnim analizowanym przedziale czasowym (2010–2019) nie stwierdzono większych morfologicznych zmian koryta. Więcej informacji można uzyskać porównując zdjęcie lotnicze z 2010 roku z bardzo dokładną ortofotomapą z 2019 roku wykonanej ze zdjęć niskiego pułapu o dużej szczegółowości.

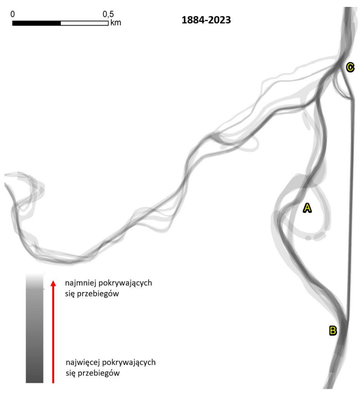


Rys. 4. Strefy erozji i akumulacji w korycie Nysy Kłodzkiej powyżej Kłodzka

Na podstawie dostępnych zdjęć lotniczych i ortofotomapy przeanalizowano konkretne fragmenty odcinków Nysy Kłodzkiej pod kątem **rozwoju form korytowych** (rys. 4). Zdjęcia lotnicze i ortofotomapa pokazują miejsce połączenia rzeki z kanałem energetycznym. W latach 50. koryto rzeki na tym odcinku nie było zbyt szerokie (około 25 m), a w pobliżu lewego brzegu uformował się niewielki odsyp śródkorytowy, którego już nie ma na zobrazowaniach z następnych lat. W miejscu połączenia się koryta z kanałem utworzyła się niewielka strefa akumulacyjna w kształcie klinu. Najbardziej jest ona widoczna w 1994 roku i wygląda jak niewielkich rozmiarów odsyp śródkorytowy pokryty roślinnością (widoczny zielony odcień). W tym miejscu wykształciła się **strefa akumulacji materiału** w postaci odsypów brzegowych, przez co koryto uległo zwężeniu. W 2010 roku obserwuje się poszerzenie koryta (około 30 m), będące prawdopodobnie efektem **powodzi w 1997 roku** i wezbrań w 2006 oraz 2009 roku. Na ortofotomapie z 2019 roku nie zauważono natomiast większych zmian w przebiegu koryta Nysy Kłodzkiej.
Około 650 m poniżej jazu w korycie kształtuje się w korycie Nysy Kłodzkiej strefa akumulacji. W latach 50. przy wejściu w zakole widoczny był wyraźny układ odsypów meandrowych o długości około 190 m i szerokości maksymalnie 40 m. Przy wklęsłych brzegach można zauważyć **liczne odsypy brzegowe**. W 1975 roku formy te były już porośnięte roślinnością, co świadczy o ich ustabilizowaniu. Stopniowo zarastały wykształcone wcześniej formy akumulacyjne.

Na odcinku ok. 200 m lewy brzeg ma charakter erozyjny, wyraźnie widoczne są ślady okresowej działalności rzek (szczególnie podczas wezbrań) oraz liczne formy erozyjne, jak np. podcięcia brzegów oraz korytowa nisza erozyjna. Na skutek oddziaływania tych procesów doszło tu do **zwiększenia krętości koryta**. Od roku 2010 obserwuje się poszerzenie koryta przy wyjściu z zakola. Jest to zapewne skutek powodzi w 1997 r. Nagromadzone w centralnej części koryta aluwia utworzyły odsypy śródkorytowe oraz boczne, których rozmiary były zdecydowanie większe niż obserwowane wcześniej. Długość największej formy wynosi około 155 m, a szerokość to 45 m. Wyraźnie zaznaczają się również strefy erozyjne na lewym brzegu. Podcięcia erozyjne widoczne na zdjęciu lotniczym z 2010 roku oraz ortofotomapie z 2019 roku zdecydowanie powiększyły się. Kartowanie terenowe wykonane w lipcu i grudniu 2019 roku potwierdziło obecność tych form. Zaobserwowano podcięcia brzegu, w niektórych miejscach stabilne, ale w innych ciągle pogłębiające się, co prowadzi do osunięć nawisów naziemnych. Akumulowane są one u podstaw brzegu erozyjnego, w pobliżu oznaczonych na rycinie odsypów śródkorytowych. Obecnie są one mocno porośnięte roślinnością, a tym samym wykazują **stabilność** w tym miejscu. Ortofotomapa z 2019 roku oraz kartowanie terenowe na miejscu nie wykazały innych większych zmian w korycie w porównaniu do roku 2010. Obserwuje się jedynie utrwalone przez roślinność odsypy śródkorytowe (o wymiarach 200 x 50 m) wykształcone w wyniku powodzi z 1997 roku, a także kolejnych większych wezbrań w 2006 i 2009 roku. Na skutek budowy piętrzenia, tradycyjnie poniżej takiego obiektu wykształciła się strefa erozji dna. **Budowa jazu** oraz przeprowadzona **częściowa regulacja koryta Nysy Kłodzkiej** miała ogromny wpływ na procesy erozyjne i akumulacyjne w sąsiedztwie obiektu.

ANALIZA STABILNOŚCI KORYTA



Rys. 5. Wizualizacja zmian położenia koryta Nysy Kłodzkiej i Ścinawki w okolicy Ławicy, uzyskana poprzez nałożenie wszystkich przebiegów koryta. Najciemniejszy odcień szarości przedstawia miejsca najbardziej stabilne w korycie.

Rys. 6. Wizualizacja koryta Nysy Kłodzkiej, na której przedstawiono częstość występowania danego odcinka na analizowanych przebiegach koryta. 10/10 oznacza, że dany odcinek występował dziesięć razy na wszystkich dziesięciu analizowanych przebiegach.

Zestawienie wszystkich przebiegów koryta Nysy Kłodzkiej uzyskanych w wyniku wektoryzacji materiałów źródłowych przedstawia rysunek 5. Im ciemniejszy kolor tym miejsce można określić jako bardziej stabilne - częściej koryto znajdowało się w takim położeniu. Na danym odcinku (B i C) pokrywa się najwięcej przebiegów, a tym samym koryto wykazuje **mniejszą zdolność do migracji**. Literą A oznaczono fragment, na którym zaobserwowano najwięcej zmian. Jest to odcinek najbardziej „wrażliwy” na oddziaływanie procesów korytowych, szczególnie w sytuacjach większych wezbrań. Koryto zostało poddane w tym miejscu **regulacji**, wyprostowano bieg rzeki i odcięto meander. Rzeka dąży nieustannie do powrotu do swojego przebiegu z końca XIX wieku. Miejsca oznaczone literami B i C (rys. 5) to odcinki, które nie uległy większym przeobrażeniom. Umocnienia brzegów w okolicy jazu stałego skutecznie powstrzymały migrację koryta.
Zmiany przebiegu Nysy Kłodzkiej określono również poprzez analizę liczby przypadków, w których dany odcinek znalazł się w zasięgu koryta. Taką wizualizację przedstawia rysunek 6. Najciemniejszy czerwony kolor przedstawia miejsca, w których przebiegało koryto w dziesięciu na dziesięć przypadków (analizie poddano dziesięć przebiegów z różnych lat). Powyższe wyniki nie uwzględniają informacji w jakich konkretnych latach bądź okresach czasowych dany odcinek był w zasięgu koryta. Zaobserwowano, że na całej długości linii koryta Nysy Kłodzkiej oraz Ścinawki liczba przypadków wynosiła co najmniej sześć (kolor żółty). Oznacza to, że w co najmniej 60% sytuacji przebiegi utrzymywały się w tym samym miejscu i **koryto nie migrowało dynamicznie** w badanym okresie niemal **140 lat**. W sześciu analizowanych przypadkach, które odtworzono z map oraz zobrazowań lotniczych koryto znajdowało się w tym samym miejscu. Najwięcej przypadków występowania koryta w tym samym fragmencie obserwuje się na odcinkach umocnionych. Najwięcej zmian wykazano w środkowym fragmencie rzeki.

WNIOSKI

1) dominującym procesem odpowiadającym za największe przeobrażenia Nysy Kłodzkiej na analizowanym odcinku jest **erozja boczna**;
2) w wyniku przeprowadzonych w przeszłości prac regulacyjnych odcięto meander, skrócono i wyprostowano bieg rzeki;
3) rzeka nieustannie dąży do powrotu do swojej trasy **sprzed regulacji**, czyli z końca XIX wieku;
4) proces erozji bocznej intensyfikuje się podczas **ekstremalnych zdarzeń fluwialnych** na zewnętrznych brzegach zakoli;
5) na zakolach erozja boczna ogranicza się do brzegu zewnętrznego, a jej maksymalne natężenie występuje w strefie wyjścia nurtu z zakola;
6) koryto wykazuje cechy stabilności przede wszystkim bezpośrednio w sąsiedztwie jazu (**umocnione brzegi**) oraz w okolicy ujścia kanału energetycznego do koryta głównego;
7) najbardziej niestabilne miejsce to środkowy odcinek, gdzie obserwuje się niszczący wpływ erozji bocznej