TELEDETEKCJA ŚRODOWISKA
47
ISSN 0071-8076
dawniej FOTOINTERPRETACJA w GEOGRAFII
WARSZAWA 2012

Zmienność układu koryt rzecznych w dolinie Narwi na odcinku między Łapami a Żółtkami w II połowie XX wieku

River channel changes in the River Narew valley between Łapy and Żółtki in the second half of the twentieth century

Marta TOBIASZ

Słowa kluczowe: koryto rzeczne, dolina Narwi, zmiana układu koryt rzecznych, ortofotomapa, zdjęcie lotnicze, zmiany warunków hydrologicznych, ArcGIS 10.0.
Key words: *river channel, the River Narew valley, river channel network changes, orthophotomap, aerial photographs, changes in hydrological conditions, ArcGIS 10.0.*

Otrzymano: 18 lipca 2012; **Zaakceptowano** 26 lipca 2012
Received*: 18 July 2012;* ***Accepted****: 26 July 2012*

The water conditions in the River Narew valley began to change in the 1970s and 1980s owing to anthropogenic and natural factors. The former included the regulation of a part of the river valley below the village of Rzędziany. As a result of these measures, the river course was shortened and its gradient increased, leading to lower water levels, shortened surface flooding periods and a gradual lowering of the groundwater level in the whole of the valley. In consequence, many active river channels are disappearing due to their overgrowing and silting. The impact of the natural factors is slower and can be observed in the whole of the valley.

From 1981 onwards, precipitation levels gradually fell. Mild winters and shorter snow cover periods resulted in reduced spring floodings. The water flow can also be significantly affected by the vegetation. Due to the overgrown banks plants can obstruct the water flow, leading to the damming of the river and consequently to the overgrowing of the river channel or avulsion. The existing vegetation also gradually leads to the narrowing of the river channels.

The paper analyses the changes in the river channel network which took place in the River Narew valley between the villages of Łapy and Zółtki in the second half of the 20th century. It also describes how the natural and anthropogenic factors have influenced the channel network and characteristics of the River Narew. The research period covers the years 1966-1997; the analysis was made using maps of the river channel network. The first map, developed on the basis of a series of panchromatic aerial photographs, shows the situation in 1966, while the second map, prepared on the basis of a spectrozonal orthophotomap, shows the location of the river channels in 1997.

These maps were compared to illustrate the extent and directions of the changes that took place in the river channel network in the researched area over the past 31 years. To this end, two differential maps were prepared using ESRI's ArcGIS 10.0

Two river channel types were distinguished: active and cut off. The first map shows all potential river channel transformations and those channels which did not undergo any changes in the researched area. This helped identify the overall maximum area occupied by the river channels in the period in question and the extent of the unchanged river channels. The second map shows six directions of changes, excluding the channels where no changes could be detected.

In 1966 the natural River Narew network was very well developed, with the channels occupying the larger part of the river valley. In 1997 the river channels had changed considerably in comparison to 1966. A part of the researched area lying within the boundaries of the River Narew National Park had a relatively well-developed river channel network, although with a visible increase of cut-off channels. At the same time, in the section below Kurowo, it was found that the number of active channels had decreased, resulting in the dominance of the single-channel system, particularly well visible in the artificially created channel in the vicinity of the village of Rzędziany, reaching as far as the village of Żółtki.

Changes in the river channel network could be observed in about 50 per cent of the area of the researched River Narew

valley floor. The dominant direction of change (50 per cent) has been the disappearance of active channels, mainly found in the southern part of the area in question. The year 1966 saw many floodings here. In the northern part of the researched area, strong vegetation growth could be observed, which led to the overgrowing of the river channels. The other significant direction of change (observable in 25 per cent of the researched area) has been the transformation of active channels into cut-off ones. Such changes were found mostly in the northern part of the area in question, between the villages of Radule and Żółtki. The third change type, covering about 17 per cent of the researched area, has been the formation of active channels, also found in the northern part of the area in question, in the so-called buffer zone of the Narew National Park. Similar changes were also observed in the vicinity of Waniewo and Radule, with few changes found in the remaining river channel categories.

To sum up, it should be concluded that the changes which took place in the area in question were both varied and significant. Most notably, they included the disappearance of active channels in the southern part of the area in question and the transformation of active channels into cut-off ones in the northern part. The extent of the changes was the smallest in the latitudinal section of the valley, between Topilec and Waniewo; this is an area with a well-developed water network, characterised by stable river channels.

Since 1996, work has been under way to restore the River Narew valley and re-create the water conditions existing here before the land drainage.

Wstęp

Cel i przedmiot badań. Celem niniejszej pracy jest analiza zmian w układzie koryt rzecznych jakie nastąpiły w dolinie Narwi, na odcinku pomiędzy miejscowościami Łapy i Żółtki w II połowie XX wieku. Okres badań obejmuje lata 1966 – 1997. Analizę wykonano na podstawie map układu koryt rzecznych. Na pierwszej mapie opracowanej na podstawie serii panchromatycznych zdjęć lotniczych przedstawiono sytuację w roku 1966. Na drugiej mapie wykonanej na podstawie spektrostrefowej ortofotomapy, zobrazowano położenie koryt rzecznych w roku 1997.

Porównanie tych map umożliwiło określenie stopnia oraz kierunku zmian jakie zaszły w układzie koryt rzecznych na badanym obszarze na przestrzeni 31 lat. W tym celu sporządzono dwie mapy różnicowe. Na jednej z map wyróżniono wszystkie możliwe przekształcenia koryt rzecznych. Pokazano też koryta, których stan nie uległ zmianie na przestrzeni analizowanych lat. Dzięki temu określono ogólną największą powierzchnię zajmowaną przez koryta rzeczne w badanym okresie oraz pokazano jak duży jest udział koryt, które nie uległy przekształceniu.

Stosunki wodne w dolinie Narwi, na obszarze dzisiejszego Narwiańskiego Parku Narodowego (wraz z otuliną) zaczęły ulegać zmianie na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku. Zmiany te wynikały zarówno z czynników antropogenicznych, jak i naturalnych. Celem było określenie jak czynniki te wpłynęły na układ i charakter koryt rzecznych Narwi w badanym okresie.

Przedmiotem analizy jest dolina rzeki Narwi pomiędzy miejscowościami Łapy i Żółtki. Obszar położony jest w północno-wschodniej Polsce, w województwie podlaskim. Według podziału na regiony geograficzne Polski J. R. Olędzkiego (2007) teren badań zaliczany jest do jednostki o nazwie Przełomowa Dolina Narwi (6.1.28). W podziale fizycznogeograficznym Polski J. Kondrackiego (1972) analizowany obszar leży w zasięgu dwóch mezoregionów. Obszar od Łap do Rzędzian należy do Doliny Górnej Narwi, natomiast obszar od Rzędzian do mostu w Żółtkach należy do Kotliny Biebrzańskiej. Mezoregiony te wchodzą w skład makroregionu Niziny Północnopodlaskiej.

Ze względu na specyficzny i unikatowy charakter na skalę światową, pierwotny anastomozujący system rzeczny został objęty najwyższą formą ochrony. W 1996 roku, 22 lipca powołano do życia Narwiański Park Narodowy (ryc. 1.), który powstał z części Parku Krajobrazowego, utworzonego w 1985 roku (Narwiański Park Narodowy przewodnik, 2010). Większość badanej doliny tj. od Łap do Rzędzian objęta jest ochroną Narwiańskiego Parku Narodowego (NPN), natomiast obszar poniżej Rzędzian do Żółtek należy do otuliny Parku, tworząc jego strefę buforową.

Charakterystyka geograficzna obszaru badań

Geomorfologia. Dolina Narwi występuje w obrębie utworów czwartorzędowych. Ich miąższość jest stosunkowo duża i zróżnicowana przestrzennie. Waha się od 163 m w Łapach do 106 m w Rzędzianach (Banaszuk H., 1996; Churski, 1973). Dolina Narwi wykształciła się w glinach zwałowych. W otoczeniu doliny ich miąższość jest duża i wynosi około 30-40 m. Taka gruba warstwa gliny związana jest z dwoma zlodowaceniami Warty i Wisły. Występują w nich przewarstwienia piasków, żwirów, pyłów i iłów. Na południu badanej doliny miąższość utworów dolinowych wynosi ponad 12 m. Do około 2-5 m głębokości są to piaski i namuły rzeczne.

Dolina Narwi stanowi środkową część znacznego obniżenia pomiędzy wysoczyznami morenowymi. Zróżnicowanie wysokościowe jest niewielkie. Pod Surażem wysokość terenu wynosi 118-119 m n.p.m., a w okolicach Żółtek łagodnie opada do 106-107 m n.p.m. Układ poziomic ma kształt wydłużony zgodnie z biegiem Narwi. Świadczy to o tym, iż powierzchnia terenu była modelowana przede wszystkim przez procesy fluwialne (Banaszuk H., 1996).

Dolina na przemian zwęża się i rozszerza tworząc baseny. Było to związane z dogodnymi warunkami terenowymi dla odpływu wód roztopowych w konkretnych

Ryc. 1. Mapa Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną (źródło: www.npn.pl)
Fig. 1. Map of Narwiański National Park with its protective buffer zone (source: www.npn.pl)

oscylacjach lodowcowych (Churski, 1973). Najbardziej zwężona jest w części północnej pod Żółtkami, gdzie zwęża się do około 1 km, a jej zbocza są łagodne. Zwężone fragmenty doliny występują również między Łapami a Uhowem, Bokinami a Baciutami oraz Waniewem a Śliwnem. Odcinki basenowe doliny przypominają łagodne przełomy rzeczne. Największy basen występuje pomiędzy Baciutami a Waniewem, kolejny poniżej Waniewa. Dna basenów są obniżone w porównaniu do odcinków zwężonych, a pomiędzy nimi występują pagórki, tworzące tzw. progi mineralne. To wszystko powoduje zabagnienie doliny i rozwój torfowisk (Banaszuk, 1996).

Prawie całe dno doliny wypełnione jest utworami organicznymi, głównie torfami oraz utworami torfowo-mułowymi i mułami. Torfy osiągają średnio około 1 m miąższości, co stanowi około 60% całego torfowiska. Głębsze torfy, powyżej 1 metra występują przede wszystkim w okolicach Bokin. Dno czynnych koryt jest piaszczyste, złożone głównie ze średnio-i gruboziarnistego piasku. (Gradziński, Baryła, Dotor, Gmur, Gradziński, Kędzior, Paszkowski, Soja, Zieliński, Żurek, 2000).

Analizowany fragment doliny wraz z korytami przebiega generalnie południkowo, zataczając trzy szerokie łuki. Południowy odcinek doliny ma bieg zbliżony do południkowego, następnie rzeka zmienia swój kierunek i skręca łagodnie na wschód. Za Bokinami do Topilca rzeka płynie południkowo, po czym zmienia bieg na równoleżnikowy. Za Waniewem rzeka ponownie zmienia kierunek na południkowy, a następnie za wsią Kurowo skręca na wschód.

Klimat. Według podziału klimatycznego A. Wosia (1999) badany obszar zaliczany jest do Regionu Mazursko-Podlaskiego. W porównaniu do pozostałych regionów klimatycznych (z wyjątkiem obszarów górskich) obszar te wyróżnia się największą ilością dni mroźnych. Średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia 1973 – 2011 dla stacji Białystok wynosi 7.8˚C[1]. Średnia miesięczna temperatura w styczniu wynosi około -3,5˚C, natomiast w najcieplejszym miesiącu lipcu osiąga około +17˚C. Wiatr wieje ze średnią prędkością około 3 $m^{*}s^{-1}$.[2]

Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych wyniosły około 575 mm[1]. Pokrywa śnieżna utrzymuje się około 80 dni. Pojawia się ona mniej więcej w drugiej połowie listopada, a zanika w drugiej połowie marca. Okres wegetacyjny na badanym terenie trwa średnio 205 dni (Woś, 1996; 1999).

Hydrografia. Średni roczny przepływ rzeki Narwi w profilu wodowskazowym Suraż (południowa granica NPN) wynosi 13,3 $m^{3*}s^{-1}$. Podczas wezbrań przepływ wody przekracza nawet 110 $m^{3*}s^{-1}$ (Banaszuk, Wysocka-Czubaszek, 2005). Narew ma reżim hydrologiczny umiarkowany z wezbraniem wiosennym i zimowym (Dynowska, 1971). Największa liczba wezbrań ma miejsce w okresie wiosennym, przede wszystkim w kwietniu. W okresie jesienno-zimowym ich częstotliwość jest mniejsza. Niżówki pojawiają się najczęściej w lipcu i sierpniu, rzadziej w drugiej połowie czerwca i we wrześniu. Czasami niżówki występują w miesiącach zimowych z powodu przemarzania rzeki. Zalewy doliny częściej występują pomiędzy Surażem i Bokinami, ponieważ jest to odcinek o niskich brzegach i wąskich korytach (Mioduszewski, 2002). Woda płynie z prędkością 0,5 $m^{*}s^{-1}$ w korytach węższych, natomiast w pozostałych płynie średnio około 0,2-0,3 $m^{*}s^{-1}$ (Gradziński, Baryła, Dotor, Gmur, Gradziński, Kędzior, Paszkowski, Soja, Zieliński, Żurek, 2003)

Proces awulsji, który zapoczątkował obecną sieć rzeczną Narwi, jest to dzielenie się istniejącego koryta rzeki (Makaske, 2000). Nowe koryto przejmuje cześć wody z pierwotnego koryta i na skutek erozji dennej pogłębia się. Macierzysty fragment koryta albo istnieje nadal albo powoli zamiera. Utworzone koryto może ewaluować łącząc się z innym korytem, powstałym na skutek awulsji lub powtórnie z korytem pierwotnym. Utworzenie nowego koryta w dolinie Narwi zachodzi z powodu lokalnego spiętrzenia wody w funkcjonującym

[1] Dane pobrano ze strony internetowej http://www.tutiempo.net
[2] Dane pobrano ze strony internetowej http://www.imgw.pl/wl/internet/zz/klimat/0502_polska.html

już korycie. Jego przyczyną jest zarastanie koryta, zatory roślinne lub powstanie zatoru lodowego (Gradziński., 2001; Gradziński, Baryła, Dotor, Gmur, Gradziński, Kędzior, Paszkowski, Soja, Zieliński, Żurek. 2000).

Obszar badań można podzielić na dwa charakterystyczne odcinki (Mioduszewski, Gajewski, Biesiada, 2004):

– odcinek między Łapami a groblą Rzędziany-Pańki,

– odcinek między groblą Rzędziany-Pańki a Żółtkami.

Pierwszy odcinek jest typowym, mało przekształconym przez człowieka systemem rzeki anastomozującej. Objęty jest on ochroną Narwiańskiego Parku Narodowego. Odcinek ten ma długość około 33 km. Narew na tym odcinku płynie szeroką doliną otoczoną niewysokimi wzniesieniami. Szerokość doliny waha się od 0,9 do 3,8 km (średnio 2,1 km). Spadek rzeki na tym odcinku wynosi od 0,05‰ do 0,4‰. Natomiast średni spadek wynosi około 0,23‰, czyli około 22 cm/km (Grabińska, Koc, 2005).

Rzeka płynie tutaj wieloma korytami naprzemiennie łączącymi się i rozdzielającymi o różnej wielkości i kształcie. Anastozomujący charakter Narwi, sprawia, iż zagęszczenie koryt jest zróżnicowane w różnych odcinkach doliny. Szerokość koryt wynosi od kilku metrów do ponad 30 metrów. Główne koryta są głębokie, średnio na 4-5 metrów, miejscami na 6 metrów. Koryta podrzędne, mniejsze są głębokie na około 1,5 – 3 metry. Dominują koryta o stosunkowo małej krętości. Pomiędzy ramionami rzeki znajdują się wyspy o różnej wielkości i kształcie. Są one zbudowane z utworów organicznych i przeważnie silnie zarośnięte (Gradziński, Baryła, Dotor, Gmur, Gradziński, Kędzior, Paszkowski, Soja, Zieliński, Żurek, 2003). Z tego powodu brzegi koryt oraz wyspy są na ogół stosunkowo stabilne i trwałe. Wynika to również z małego spadku rzeki (Makaske, 2000). Układ koryt w planie jest zróżnicowany, od prostego do meandrującego. W pobliżu bardzo krętych odcinków występują odcięte zarośnięte koryta o charakterystycznym półksiężycowym kształcie, które przypominają starorzecza rzek meandrujących. (Teisseyre, 1992; Gradziński, Baryła, Dotor, Gmur, Gradziński, Kędzior, Paszkowski, Soja, Zieliński, Żurek, 2000). Koryta o większych rozmiarach i wielkości przepływu mogą być uznane za główne. Mogą one jednak stracić cechy koryt głównych w wyniku utraty sporej ilości wody na rzecz podrzędnych. Zachodzi również zjawisko odwrotne. Większość koryt jest stale czynna. Zachodzi w nich przepływ nawet przy niskich stanach wody. Zdarza się, że koryta odcięte w czasie wysokich stanów wód stają się znowu aktywne. Występują również koryta odcięte zamierające. Są one częściowo lub całkowicie zarośnięte roślinnością i stopniowo wypełniane osadami (Gradziński, 2001; Mioduszewski, 2002).

Drugi odcinek nazywany jest strefą buforową. Stanowi on dużo mniejszy obszar badanej doliny niż pierwsza omawiana część. Obejmuje on uregulowany odcinek rzeki pomiędzy Rzędzianami a Żółtkami (Mioduszewski, 1996). Podczas istnienia Narwiańskiego Parku Krajobrazowego obszar ten objęty był granicami Parku, natomiast od 1996 roku, kiedy powołano Narwiański Park Narodowy, strefa buforowa zostaje wyłączona z granic Parku i staje się jego otuliną. Odcinek ten ma długość około 12,6 km. Średni spadek rzeki wynosi 0,72 ‰, natomiast dolina ma szerokość około 1,2 km (Grabińska, Koc, 2005).

Gleby. Gleby mineralne zajmują niewielki obszar analizowanej doliny. Zalicza się do nich gleby bielicowe, rdzawe, brunatne, czarne ziemie, glejobielicowe i mady. Występują one głównie na grądach śródtorfowych oraz na tarasach i poziomach mineralnych. Skałami macierzystymi są przede wszystkim piaski eoliczne i rzeczne.

Gleby hydrogeniczne są dominującym typem gleb występujących w dnie doliny. Do tej grupy należą gleby mułowisk, torfowisk i podmoklisk w różnych fazach rozwoju. Występują tu gleby torfowe okresowo podsychające, torfowe oraz torfowo-murszowe (Banaszuk H., 1996, Banaszuk P., 1996).

Roślinność. Na terenie NPN występuje głównie szuwar trzcinowy oraz turzycowiska z dominacją trzciny. Spotykamy także szuwary mannowe, mozgowe oraz podsuszone szuwary turzycy zaostrzonej. Na obrzeżach doliny występują zbiorowiska łąkowe oraz lasy łęgowe i olsowe. Najpospolitszymi gatunkami drzewiastymi na siedliskach podmokłych są: czeremcha, olsza czarna, wierzba krucha. Wśród gatunków łąkowych spotykamy najczęściej: jaskier ostry, jaskier rozłogowy, kłosówkę wełnistą i kostrzewę czerwoną.

Zbliżając się do wsi Rzędziany oraz w strefie buforowej pojawiają się zdegradowane zbiorowiska z ostrożeniem i pokrzywą zwyczajną oraz zbiorowisko szuwaru trzciny sztywnej z gatunkami ruderalnymi. Wzrasta udział szuwaru mannowego, mozgowego oraz turzycy zaostrzonej (odmiana przesuszona). Zanikają natomiast dominujące w bagiennej części szuwary trzcinowe oraz turzycowiska z dominacją trzciny. Wraz ze zbliżaniem się do Żółtek rośnie udział łąk uprawnych, miejscami okresowo zbyt wilgotnych. (Banaszuk H., 1996; Bartoszuk, 1996; Dziejma, Wołkowycki, 2004; Szewczyk, 2004; Szewczyk, Oświecimska-Piasko, Dembek, Siedlecki, 2003; Zagajewski, 2002).

Roślinność ma bardzo duży wpływ na procesy jakie zachodzą w anastomozującym systemie Narwi. Koryta rzeki są mocno zarośnięte. Osadami budującymi brzegi koryt są torfy wypełnione mnóstwem korzeni i kłączy. Sprawia to, że koryta są bardziej odporne na erozję boczną. Innym czynnikiem wpływającym na wzmocnienie bocznej stabilności koryt jest sposób ich porośnięcia przez rośliny. Roślinność przyczynia się także do powstania zatorów roślinnych, co powoduje spiętrzenia wody i w dalszym etapie może dojść do zarośnięcia koryta lub do awulsji. Występująca roślinność wpływa również na stopniowe zawężanie koryt (Gradziński, 2001; Gradziński, Baryła, Dotor, Gmur, Gradziński, Kędzior, Paszkowski, Soja, Zieliński, Żurek, 2003).

Metody określania zmian w układzie koryt rzecznych

Określanie zmian położenia koryt rzecznych wykonywane są na podstawie analizy map topograficznych,

zdjęć lotniczych i satelitarnych. Wykonywane są również badania terenowe.

W Polsce badaniami wykorzystującymi materiały kartograficzne zajmowali się miedzy innymi: L. Koc (1972), K. Trafas (1975), M. Bogucka (2006), J. Plit (2010). Dokonywali oni wizualnego porównania przebiegu koryt rzecznych na archiwalnych i aktualnych mapach topograficznych.

Zdjęcia lotnicze i satelitarne są obecnie lepszym źródłem informacji. Analiza zdjęć lotniczych lub satelitarnych polega na identyfikacji starorzeczy, czyli fragmentów dawnego koryta. Wyróżniane są one na podstawie fototonu, struktury, tekstury oraz kształtu i wielkości. Ich położenie pozwala odtworzyć dawny układ koryt.

Zdjęcia lotnicze do analizy koryt rzecznych i dolin rzecznych były licznie wykorzystywane w pracach m.in.: Z. Babińskiego (1984), W. Florka (1983), K. Trafasa (1968; 1977), L. Baranieckiego i M. Ruszczyckiej-Mizery (1977) oraz P. Próchnickiego (2004b). Przykładami z literatury zagranicznej wykorzystującymi zdjęcia lotnicze do analizy zmian w układzie koryt są prace m.in. J.M. Hooke'a (2007) oraz J. E. Evans'a, J.M, Huxley'a, R.K. Vincent'a (2007). W pracy X. Yang, M. C. J. Damen, R. A. van Zuidam (1999) wykorzystano natomiast zobrazowania satelitarne uzyskane z satelity Landsat dla określenia zmian położenia koryt rzeki Żółtej (Chiny). Do analizy zmian położenia brzegów rzeki Mekong (obszar na granicy Tajlandii i Laosu), użyto zobrazowań satelitarnych z satelity SPOT 5 oraz zdjęć lotniczych, zestawionych w dwóch Atlasach Hydrograficznych (Kummu M., Lu X.X., Rasphone A., Sarkkula J., Koponen J., 2008).

W dokonaniu charakterystyki zmian przebiegu koryt rzeki wykorzystuje się również łącznie kilka materiałów źródłowych. Przykładem może być praca Ł. Śmielaka (2008), który użył map historycznych i zdjęć lotniczych wykorzystując metody geoinformatyczne. Innym przykładem może być analiza zdjęć lotniczych zweryfikowana terenowymi badaniami geomorfologicznymi, geologicznymi i litologicznymi. Metody te wykorzystał w swojej pracy J. Forysiak (2010) w celu rekonstrukcji wielokorytowego układu środkowej Warty. Materiały kartograficzne połączone z badaniami terenowymi przeprowadzili także J. Zawiejska i B. Wyżga (2008) w celu zbadania transformacji koryta Dunajca w XX wieku w wyniku ingerencji człowieka i zmian środowiskowych w zlewni**.**

M. Bogacka-Szymalska (2010) do określenia zmian układu koryt na wybranych odcinkach rzeki Wisły wykorzystała archiwalne materiały kartograficzne i teledetekcyjne. Analizę poparła danymi ilościowymi, takimi jak: długość i położenie linii brzegowej, szerokość koryta, liczebność i powierzchnia łach i kęp oraz ich procentowy udział w powierzchni koryta rzeki.

Przykładami prac z literatury zagranicznej są m.in. badania nad zmianami układu koryt i terenów zalewanych w Kalifornii (rzeka Yuba, Stany Zjednoczone) przy wykorzystaniu map topograficznych, danych fotogrametrycznych i zdjęć lotniczych (Ghoshal, James, Singer, Aalto, 2010). Innym przykładem jest praca A. Ollero (2010), w której w badaniach nad zmianami położenia koryta rzeki Ebro (Hiszpania) wykorzystano zdjęcia lotnicze oraz lotniczy skaning laserowy (LIDAR). W pracy R.C. de Rose'a i L.R. Basher'a (2011), w której w części dotyczącej zmian przebiegu koryta i erozji brzegów rzeki Waipaoa (Nowa Zelandia) użyto także historycznych zdjęć lotniczych, lotniczego skaningu laserowego oraz dodatkowo Numerycznego Modelu Terenu.

Dla Narwi w granicach Parku Narodowego dokonano wizualnej analizy porównawczej w oparciu o archiwalne mapy topograficzne. Najstarsza wykorzystana mapa topograficzna została wydana w 1807 roku w Berlinie w skali około 1:150 000. Są one jednak trudne do udokumentowania, ponieważ materiały archiwalne były w małej skali i były prawdopodobnie obarczone błędami w wyznaczeniu sieci koryt rzecznych. (Mioduszewski 2002) [3].

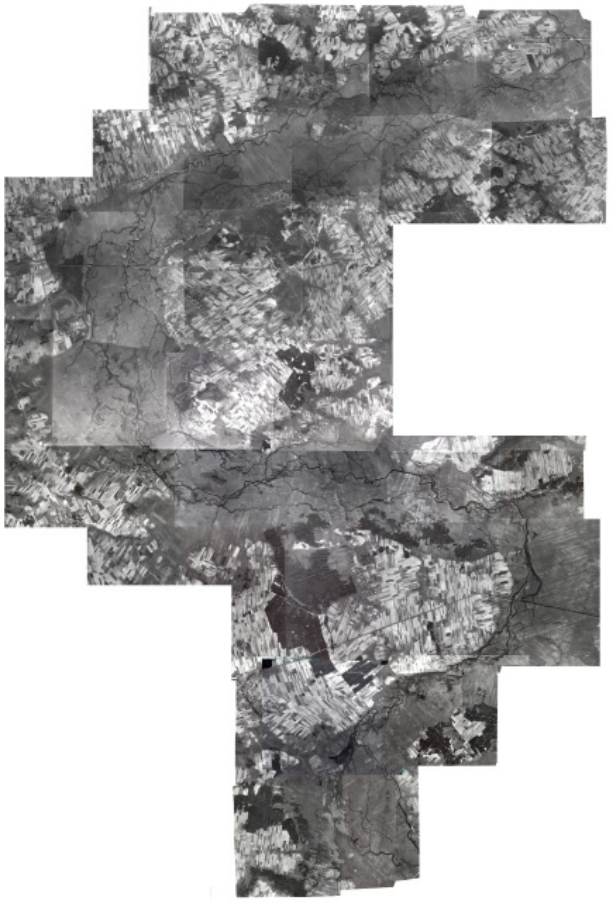
W pracy P. Próchnickiego (2004b) dokonano analizy przekształceń sieci rzecznej Narwi na podstawie spektrostrefowej ortofotomapy z 1997 roku. Dane liczbowe przedstawiające długość oraz powierzchnię koryt i starorzeczy były liczone dla każdego pola wcześniej utworzonego kartogramu. Analiza ta wykazała dużą zmienność układu rzecznego. Część prac opiera się o ocenę zmian w układzie koryt rzecznych odcinka strefy buforowej, sprzed i po regulacji koryta rzecznego (Mioduszewski, 1999; Kowalewski, Ślesicka, Mioduszewski, 1997).

Metodyka

Obecny rozwój metod geoinformatycznych stwarza nowe możliwości prowadzenia ilościowych i bardzo precyzyjnych badań geograficznych. Umożliwiają one między innymi zarządzanie danymi geograficznymi, wykonywanie analiz przestrzennych oraz tworzenie map. Informacje o obiektach porządkowane są w bazach danych, stanowiących zbiory cech ilościowych i jakościowych (Werner, 2004). Bazę danych mogą stanowić różne informacje geograficzne, dane kartograficzne i teledetekcyjne (Gromiec, 2006). Zastosowanie odpowiednich oprogramowań geoinformatycznych w połączeniu z materiałami teledetekcyjnymi pozwala poszerzyć informacje o badanym obiekcie oraz dokonać szczegółowej i bardziej dokładnej analizy danego zjawiska (Gromiec, 2006; Werner, 2004).

Wykorzystane materiały. W niniejszej pracy wykorzystano dane teledetekcyjne pozyskane z pułapu lotniczego oraz materiały kartograficzne, które posłużyły jako dane pomocnicze. Materiałami teledetekcyjnymi była seria czarno-białych zdjęć lotniczych oraz ortofotomapa. Analizowany obszar został w całości pokryty 25 zdjęciami panchromatycznymi (ryc. 2.). Archiwalne zdjęcia zostały zeskanowane i w tej postaci były dalej wykorzystywane. Zdjęcia miały wzajemne pokrycie stereoskopowe. Materiał został udostępniony przez Katedrę Geoinformatyki i Teledetekcji Uniwersytetu Warszawskiego.

[3] Nie uzyskano szczegółowych informacji dotyczących autora, daty oraz wyników przeprowadzonej analizy układu koryt rzecznych, przedstawionej w publikacji W. Mioduszewskiego (2002).



Ryc. 2. Fotoszkic z panchromatycznych zdjęć lotniczych z 1966 roku
Fig. 2. Mosaic of panchromatic aerial photos from 1966

Ryc. 3. Spektrostrefowa ortofotomapa z 1997 roku
Fig. 3. Spectrozonal orthophotomap from 1997

Zdjęcia z 1966 roku były ułożone w 8 szeregach. Szeregi od 9 do 12 obejmują 12 kolejnych zdjęć od wsi Żółtki na północy do miejscowości Waniewo i Izbiszcze tj. do mniej więcej centralnej części badanego obszaru. Zdjęcia zostały wykonane 30 czerwca, w skali 1:16 700 – 1:16 780. Następnie, do wsi Uhowo, wykorzystano 13 kolejnych zdjęć z szeregów od 12 do 16. Zostały one wykonane 29 września, w skali 1:16 290 – 1:16 330.[4]

Cyfrowa ortofotomapa (ryc. 3.) obszaru Narwiańskiego Parku Narodowego oraz jego otuliny została utworzona ze spektrostrefowych zdjęć lotniczych z nalotu, który miał miejsce 20 sierpnia 1997 roku. Wielkość piksela wynosiła 0,5 m. Ortofotomapa została dostosowana do skali 1:10 000. Materiał ten otrzymano od dyrekcji Narwiańskiego Parku Narodowego.

Jako materiały pomocnicze posłużyły trzy mapy topograficzne w skali 1:25 000. Wykorzystano arkusze: 245.34 Łapy, 245.32 Bokiny, 245.14 Choroszcz w układzie PUWG „1965" oraz mapę turystyczną Narwiańskiego Parku Narodowego i okolic w skali 1:50 000. Wykorzystano także dane hydrologiczne i meteorologiczne uzyskane z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego oraz z Rocznika Hydrologicznego Wód Powierzchniowych.

Przetwarzanie danych. Cyfrowy format materiałów źródłowych pozwolił na zastosowanie narzędzi GIS. Do przetworzenia materiałów, wykonania map układu koryt rzecznych i dalszej analizy użyto oprogramowania ESRI ArcGIS 10.0.

Otrzymana ortofotomapa z 1997 roku była zgeometryzowana do układu PUWG 1965 (strefa II). W związku z tym, w niniejszej pracy zdecydowano się przyjąć ten układ współrzędnych.

Pierwszym etapem pracy była geometryzacja 25 zdjęć lotniczych z 1966 roku. Spektrostrefowa ortofotomapa była traktowana jako obraz referencyjny. Geometryzacja polegała na przypisywaniu charakterystycznym punktom obecnych na danym zdjęciu lotniczym tych samych punktów z ortofotomapy. W związku z brakiem wielu szczególnych punktów na analizowanym obszarze, w postaci np. skrzyżowań dróg, geometryzacja zdjęć lotniczych była utrudniona. Udało się jednak osiągnąć niewielki błąd całkowity wyrażany wartością pierwiastka błędu średniokwadratowego RMSE (*root mean squared error*), który dla każdego ze zdjęć wahał się od 0,7 do 1,4.

[4] Początkowo planowano rozszerzyć analizę o obszar powyżej Łap do południowej granicy Narwiańskiego Parku Narodowego tj. pomiędzy miejscowościami Łapy i Suraż. Jednakże problemem był brak dostępnych materiałów teledetekcyjnych z 1966 roku. Uzyskano tylko materiał kartograficzny w postaci mapy z 1980 roku w skali 1:10 000 w układzie PUWG „1965". Niestety nie było wyznaczonych na niej koryt odciętych-wypłyconych i starorzeczy. Stan z roku 1980 nie odpowiadał wymogom i założeniom przyjętej analizy.

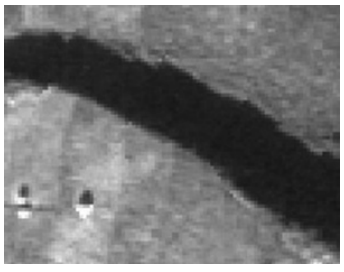
Drugi etap pracy polegał na interpretacji ortofotomapy i czarno-białych zdjęć lotniczych pod względem przebiegu i rodzaju koryt rzecznych. Interpretacja polegała na zidentyfikowaniu obiektów na podstawie cech rozpoznawczych (Ciołkosz, Miszalski, Olędzki, 1999).

Wyróżniono dwa typy koryt rzecznych: czynne i odcięte-wypłycone (Próchnicki, 2004b). W celu określenia typu koryt na podstawie zdjęć korzystano z opisu zawartego w publikacji P. Próchnickiego (2004b) oraz z klucza fotointerpretacyjnego typów roślinności, gdzie dodatkowo przedstawiono wyróżnione w pracy rodzaje koryt (Próchnicki, 2004a). Pomocne było także opracowanie W. Mioduszewskiego (1999).

Koryta czynne charakteryzują się płynącą otwartą wodą. Miejscami są one porośnięte roślinnością o liściach pływających. Do tego typu zaliczono również nieliczne koryta odcięte z otwartą, stojącą wodą, zlokalizowane w pobliżu koryt czynnych, ponieważ przy wysokim stanie wody możliwe jest czasowe wzbudzenie jej ruchu (Próchnicki, 2004b). Na zdjęciach panchromatycznych klasa ta charakteryzuje się ciemnoszarym, prawie czarnym fototonem i gładką strukturą (ryc. 4.). W miejscach występowania roślinności fototon, struktura i tekstura zależą od rodzaju roślinności (ryc. 5.). Fototon przyjmuje różne odcienie szarości, struktura jest drobno- i średnioziarnista, a tekstura plamista i smugowa.

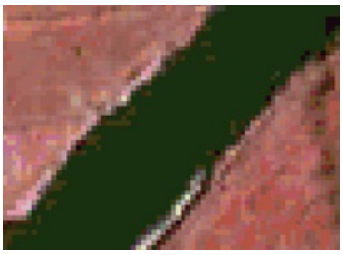
Na zdjęciach spektrostrefowych klasa ta odznacza się czarną, ciemną barwą i gładką strukturą (ryc. 6.). W przypadku pokrycia roślinnością barwa jest biała lub jasnoróżowa, o zróżnicowanej strukturze (ryc. 7.).

Koryta odcięte-wypłycone są pozostałościami koryt, bez lustra wody. Są one silnie zarośnięte oraz wypłycane przez gromadzącą się biomasę. Na zdjęciach panchromatycznych odznaczają się szarym fototonem (ryc. 8.). Cechą ułatwiającą ich rozpoznanie jest charakterystyczny kształt i przebieg oraz średnioziarnista struktura. Dotyczy to również zdjęć spektrostrefowych (ryc. 9.). Barwa jest ciemnoróżowa, miejscami zbliżona do otaczającego terenu. Do tej kategorii zaliczono również nielicznie występujące starorzecza. W ich przypadku bezpośrednią cechą rozpoznawczą jest ich charakterystyczny kształt w postaci zakola (Baraniecki, Ruszczycka-Mizera, 1977). Fototon jest ciemnoszary, ale nie czarny, natomiast na zdjęciu spektrostrefowym barwa jest ciemnoróżowa, ciemniejsza od otoczenia.

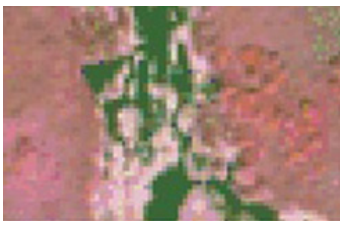


Ryc. 4. Fragment koryta czynnego (zdjęcie panchromatyczne)
Fig. 4. Fragment of active river channel (panchromatic aerial photo)

Ryc. 5. Fragment koryta czynnego z roślinnością o liściach pływających (zdjęcie panchromatyczne)
Fig.5. Fragment of active river channel with floating plant mat (panchromatic aerial photo)



Ryc. 6. Fragment koryta czynnego (zdjęcie spektrostrefowe)
Fig. 6. Fragment of active river channel (spectrozonal aerial photo)



Ryc. 7. Koryto czynne z roślinnością o liściach pływających (zdjęcie spektrostrefowe)
Fig. 7. Fragment of active river channel with floating plant mat (spectrozonal aerial photo)

W kolejnym etapie pracy dokonano wektoryzacji ortofotomapy i zdjęć lotniczych. Dla każdej z analizowanych map (z lat 1966 i 1997) utworzono po dwie warstwy tematyczne dla poszczególnych typów koryt rzecznych tj. czynnych i odciętych-wypłyconych. W programie ArcGIS 10.0 były one wyznaczane jako poligony. Dla każdego poligonu zostały przypisane informacje atrybutowe: powierzchnia i obwód, zapisane w bazie danych. W związku z występowaniem licznych wysp, podczas wyznaczania koryt rzecznych były one także wyróżniane. Wydzielano wyspy o powierzchni powyżej 10 m^2.

Wyznaczone poligony następnie połączono wykorzystując funkcję *merge*. Funkcja ta pozwala na łączenie arkuszy tych samych lub różnych warstw tematycznych. Polega ona na dopasowaniu kształtów obiektów i równoczesnym oszacowaniu zachowanych atrybutów (Werner, 2004). Dzięki temu stanowiły one jedną całość i otrzymano całkowitą wartość danych atrybutów tj. powierzchnię i obwód.

W celu przedstawienia zmian jakie zaszły w układzie koryt dla analizowanego przedziału czasowego sporządzono dwie mapy różnicowe. Powstały one poprzez nałożenie na mapę z okresu 1966 mapy z 1997 roku. Mapy pozwalają na wizualną interpretację oraz ogólny pogląd zaszłych zmian. Największą ich zaletą jest przedstawienie kierunków konkretnych przekształceń.

Na pierwszej mapie wyróżniono wszystkie możliwe przekształcenia koryt rzecznych. Wyróżniono 8 typów przekształceń koryt: z czynnych w odcięte-wypłycone, z odciętych-wypłyconych w czynne, nowo powstałe czynne, nowo powstałe odcięte-wypłycone, zanikłe koryta czynne i odcięte-wypłycone oraz koryta czynne i odcięte-wypłycone, których stan nie uległ zmianie. Zanikłe koryta są obecne w 1966 roku, a nie istnieją w 1997 roku. Najprawdopodobniej zostały one silnie zarośnięte i nie była możliwa ich interpretacja. Takie wydzielenia umożliwiły

Ryc. 8. Fragment koryta odciętego-wypłyconego (zdjęcie panchromatyczne)
Fig. 8. Fragment of cut-off overgrown river channel (panchromatic aerial photo)

Ryc. 9. Fragment koryta odciętego-wypłyconego (zdjęcie spektrostrefowe)
Fig. 9. Fragment of cut-off overgrown river channel (spectrozonal aerial photo)

określenie ogólnej największej powierzchni zajmowanej przez koryta w badanym okresie oraz pokazanie jak duży jest udział koryt, w których nie zaobserwowano zmian. Na drugiej mapie wyróżniono 6 kierunków zmian z pominięciem koryt, które nie uległy zmianie. Każdy z kierunków przekształceń został rozróżniony inną barwą.

Ostatnim etapem było przygotowanie map koryt rzecznych w dolinie Narwi i ich wydruk. Sporządzono mapy dla 1966 i 1997 roku oraz dwie mapy różnicowe. Dodatkowo, obok map przedstawiających tylko sytuację hydrograficzną wykonano mapy, na których tłem dla hydrografii były: zgeometryzowana fotomozaika (1966) i ortofotomapa (1997).

Analiza warunków hydrologicznych w dolinie Narwi w II połowie XX wieku

Stosunki wodne w dolinie Narwi zaczęły ulegać zmianie na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku na skutek wzmożonej antropopresji oraz z przyczyn naturalnych. Zmiany hydrologiczne w dolinie Narwi spowodowane działalnością człowieka, na skutek regulacji występują w północnej części doliny pomiędzy Rzędzianami a Żółtkami. Natomiast wpływ czynników naturalnych zachodzi wolniej i widoczny jest w całej dolinie (Banaszuk, 1999).

Prace melioracyjne rozpoczęto w 1970 roku od ujścia Biebrzy do Narwi. Zakończono je na przełomie lat 1984/1985, przed powołaniem Narwiańskiego Parku Krajobrazowego. Przebudowano koryto na odcinku od ujścia Biebrzy do Rzędzian (Staniaszek, 1999). Nowe koryto wykopano około 900 m powyżej grobli Rzędziany-Pańki, która stanowi granicę Narwiańskiego Parku Narodowego. (Mioduszewski, 1996).

Obszar doliny między Surażem a Tykocinem jest bogaty w utwory organiczne o dużym potencjale produkcyjnym. Było to główną przyczyną rozpoczęcia prac regulacyjnych na tym terenie i chęć przekształcenia go w tereny intensywnie wykorzystywane rolniczo (Dąbkowski, Dembek, Piórkowski, Oświecimska-Piasko, Szewczyk, 2000).

Nowe koryto jest głębokie, o większym przekroju poprzecznym. Spowodowało to skrócenie biegu oraz wzrost spadku rzeki. Wpływa to następnie na obniżenie stanów wody w rzece, skrócenie zalewów powierzchniowych oraz stopniowe obniżanie poziomu wód gruntowych. W kanale rzeki wybudowano dwa jazy piętrzące wodę (Rzędziany i Babino) (Mioduszewski, 1999). Skutkiem tych wszystkich zmian jest zanikanie wielu czynnych koryt, poprzez ich zamulanie i zarastanie. Ziemna grobla Rzędziany-Pańki wraz z kanałem łączącym starorzecze z głównym kanałem rzeki, stanowi sztuczny stopień wodny. W pobliżu koryta wody gruntowe obniżyły się do 1,5 m, natomiast powierzchnia terenu obniżyła się o około 0,3-0,4 m (Mioduszewski, 1999). Różnica poziomów wód gruntowych rzeki poniżej i powyżej grobli waha się miejscami do 1,0 m (Mioduszewski, 2002).

Najsilniej negatywne oddziaływanie prac regulacyjnych jest widoczne w bezpośrednim obszarze sztucznego kanału.

Na zmianę stosunków wodnych mają również wpływ warunki naturalne. Po 1981 r. obserwowany jest stopniowy spadek wielkości opadów atmosferycznych. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku szczególnymi elementami reżimu hydrologicznego bagiennej doliny Narwi były wezbrania. Dominowały zalewy wiosenne. Miały również miejsce zalewy letnio-jesienne, związane z opadami deszczu. W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku wezbrania opadowe trwały krócej, jak również zmniejszyła się głębokość zalewu. Zimy stały się łagodniejsze oraz nastąpiło również skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej, co wiąże się z retencją śnieżną. Wpływało to na zmniejszenie wezbrań wiosennych (Banaszuk H., 1996; 1999; Mioduszewski, 2002).

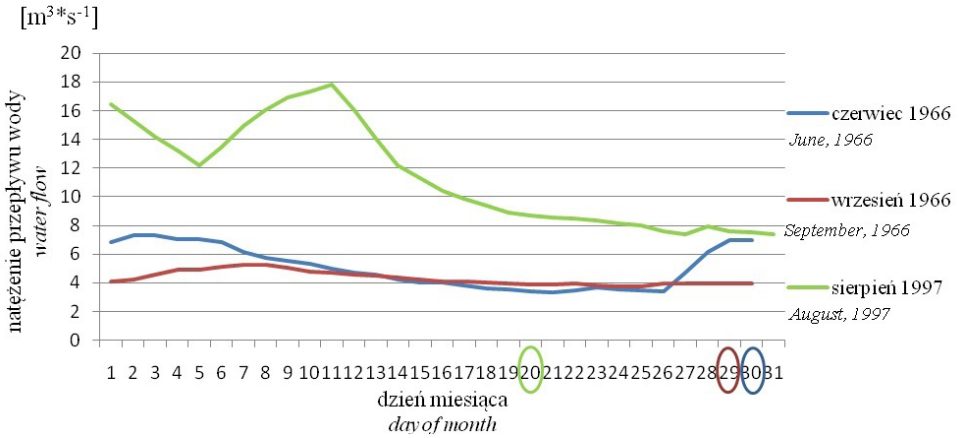
W celu określenia na ile podobne stosunki hydrologiczne panowały w analizowanych latach 1966 i 1997 porównano stan wód, natężenie przepływu oraz opady atmosferyczne. Dane meteorologiczne pozyskano dla stacji Suraż (wodowskaz w południowej części NPN) i Białystok. Informacje hydrologiczne pozyskano natomiast dla stacji Suraż. Stany wód z 1966 roku uzyskano z roczników hydrologicznych (Rocznik Hydrologiczny Wód Powierzchniowych, 1969). Pozostałe otrzymano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego na podstawie umowy zawartej z Uniwersytetem Warszawskim. Wyszczególniono dane dobowe dla miesięcy, w których pozyskano zdjęcia lotnicze.

W artykule zestawiono średnie miesięczne stany wód, przepływy oraz sumy opadów atmosferycznych dla poszczególnych miesięcy pozyskania zdjęć lotniczych (tab. 1). Na wykresach przedstawiono dodatkowo dzienne przepływy wody (ryc. 10.) i stany wody (ryc. 11.) dla stacji Suraż dla czerwca i września 1966 roku oraz

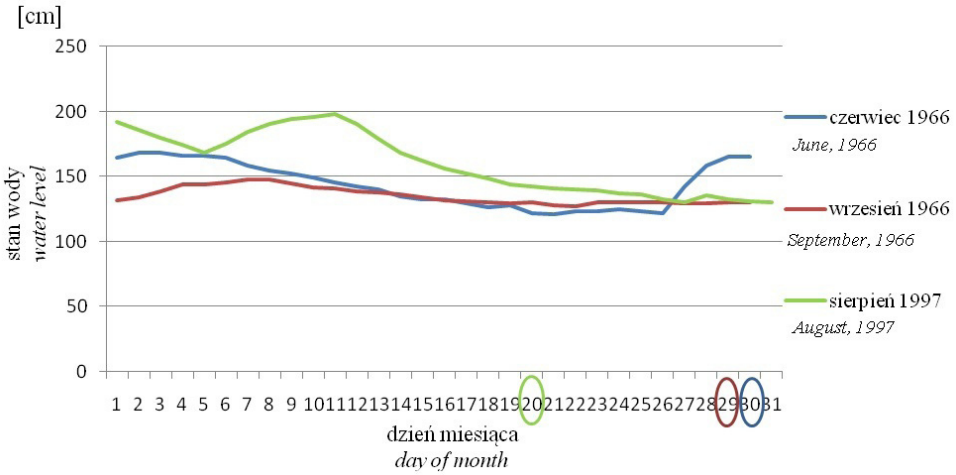
Tabela 1. Zestawienie średnich miesięcznych stanów wód, przepływów oraz sum opadów dla poszczególnych miesięcy wykonania zdjęć lotniczych
Table 1. Data of average monthly collection of water level, water flow and total precipitation for particular months of taking aerial photos

	Czerwiec, 1966 ***June, 1966***	**Wrzesień 1966** ***September, 1966***	**Sierpień 1997** ***August, 1997***
Średni miesięczny stan wody [cm] *The average monthly water level*	144	131	160
Średni miesięczny przepływ wody [$m^{3*}s^{-1}$] *The average monthly water flow*	5,085	4,277	11,4
Średnie miesięczne sumy opadu [mm] *The average monthly precipitation*	111,1	36,7	27,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB oraz z Rocznika Hydrologicznego Wód Powierzchniowych, 1969
Source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management data and Hydrological Yearbook of Surface Waters data,1969



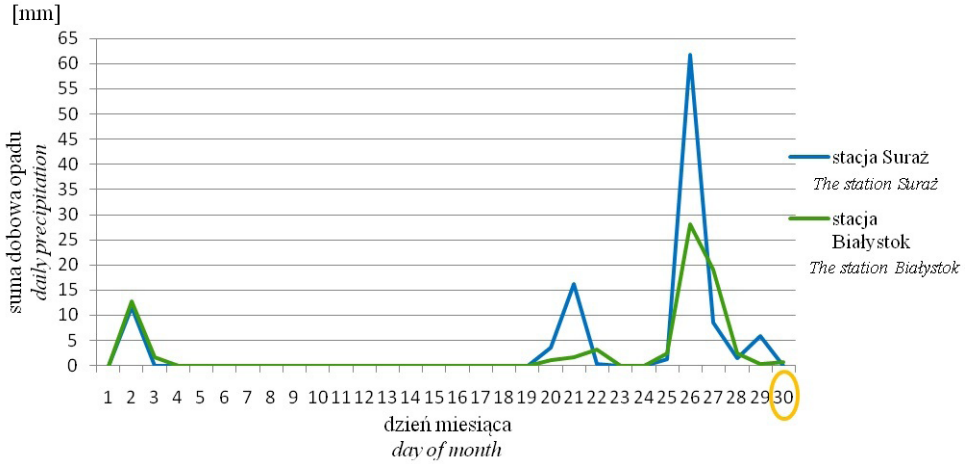
Ryc. 10. Dzienne natężenie przepływu wody (Q) dla stacji Suraż dla czerwca i września 1966 roku oraz dla sierpnia 1997 roku (źródło: opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB)
Fig. 10. Daily water flow (Q) for the station Suraż for June and September 1966 and for August 1997 (source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management data)



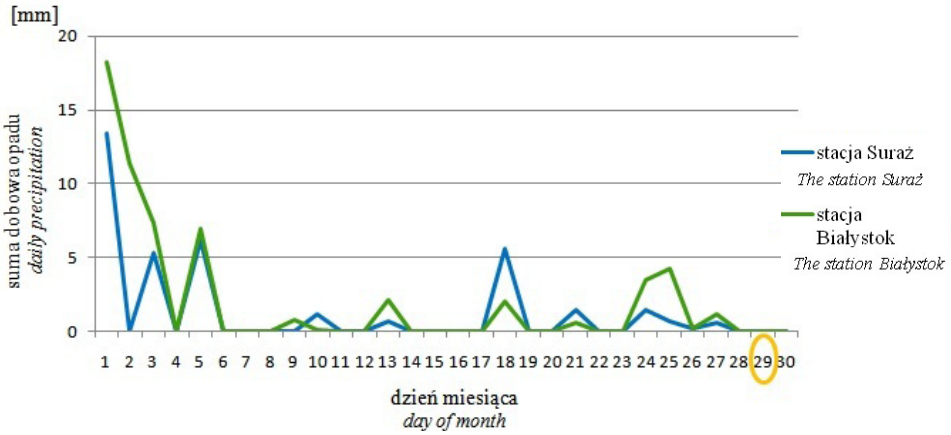
Ryc. 11. Dzienne stany wody (H) dla stacji Suraż dla czerwca i września 1966 roku oraz dla sierpnia 1997 roku (źródło: opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB oraz z Rocznika Hydrologicznego Wód Powierzchniowych, 1969)
Fig. 11. Daily water level (H) for the station Suraż for June and September 1966 and for August 1997 (source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management data and Hydrological Yearbook of Surface Waters data,1969)

dla sierpnia 1997 roku, a także sumy dobowe opadu (ryc. 12., ryc. 13., ryc. 14.) dla stacji Suraż i Białystok dla poszczególnych miesięcy wykonania zdjęć lotniczych.

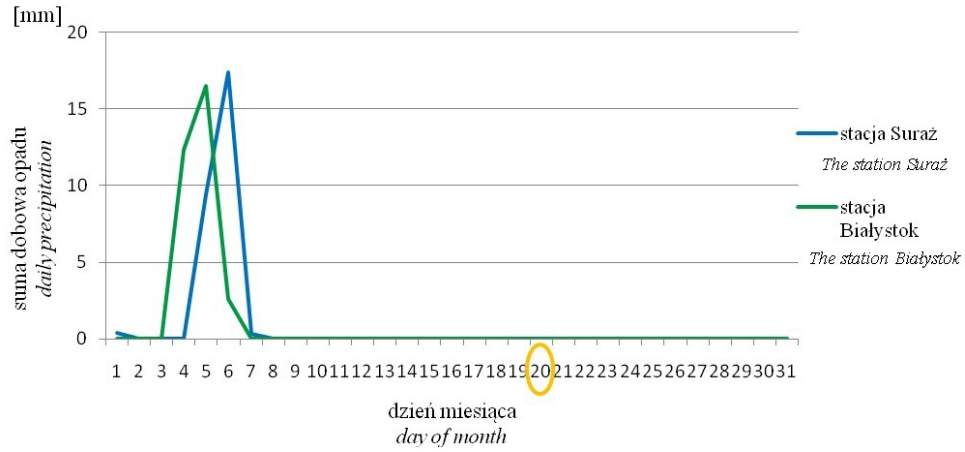
Analizując wszystkie uzyskane dane hydrologiczne i meteorologiczne można wysunąć następujące wnioski. W sierpniu 1997 roku były większe wartości stanu i przepływu wody niż w czerwcu i we wrześniu 1966 roku. Różnica występuje także w wielkości danych hydrologicznych dla czerwca i września 1966 roku. W czerwcu 1966 roku występują wyższe wartości niż we wrześniu,



Ryc. 12. Suma dobowa opadu dla stacji Suraż i Białystok, czerwiec 1966 rok (źródło: opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB)
Fig. 12. Total daily precipitation for the stations Suraż and Białystok, June 1966 (source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management data)



Ryc. 13. Suma dobowa opadu dla stacji Suraż i Białystok, wrzesień 1966 rok (źródło: opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB)
Fig. 13. Total daily precipitation for the stations Suraż and Białystok, September 1966 (source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management data)



Ryc. 14. Suma dobowa opadu dla stacji Suraż i Białystok, sierpień 1997 rok (źródło: opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB)
Fig. 14. Total daily precipitation for the stations Suraż and Białystok, August 1997 (source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management data)

dotyczy to także konkretnego dnia wykonania nalotu. Dnia 20 sierpnia 1997 roku natężenie przepływu wody było zbliżone do wartości przepływu wody w dniu nalotu w czerwcu 1966 roku, jednak wyższe niż we wrześniu 1966 roku. Poziom stanu wody 20 sierpnia 1997 roku był zbliżony do wartości stanu wody w dniu 29 września 1966 roku, ale niższy niż 30 czerwca 1966 roku. Większy opad atmosferyczny (> 10 mm) ma wpływ na poziom wody, co ujawnia się po około 1-2 dniach od wystąpieniu opadów i utrzymuje się przez kilka dni.

Z powyższych danych wynika, że warunki hydrologiczne i meteorologiczne w obu latach, w których wykonano zdjęcia lotnicze były do siebie zbliżone i nie należały do ekstremalnych.

Występujące różnice są stosunkowo niewielkie i nie powinny znacząco wpłynąć na analizę układu koryt rzecznych. Potwierdzają to również badania i analizy zestawione w licznych publikacjach m.in. W. Mioduszewskiego (2002. 2004), H. Banaszuka (1999) oraz W. Mioduszewskiego, G. Gajewskiego, M. Biesiady (2004).

Analiza zmian w układzie koryt rzecznych w dolinie Narwi

Przeprowadzona w pracy analiza pozwalała na określenie wielkości i charakteru zmian układu koryt w dolinie Narwi. Zastosowane materiały w postaci zdjęć dają możliwość analizy i stanowią źródło informacji o zmianach w układzie koryt jedynie w ujęciu powierzchniowym (Bogucka – Szymalska, 2010). Ocena zmienności koryt rzecznych w badanym okresie dotyczyła całego badanego fragmentu doliny Narwi i ogólnej tendencji zmian.

Po utworzeniu gotowych map dokonano dalszej ich analizy. Jako rozszerzenie ogólnej oceny zmian zastosowano analizę statystyczną. Dzięki zastosowaniu analizy ilościowej możliwa była ocena intensywności zmian układu koryt rzecznych. Pozwala to także rozszerzyć i zmodyfikować zastosowane mierniki oraz w przyszłości poszerzyć analizę o kolejne okresy badawcze i obserwować dalsze zmiany zachodzące w środowisku. Wyniki poparte danymi liczbowymi powinny być jednak traktowane jako element dodatkowy. Nie należy ich uznawać za dokładne wartości ze względu na możliwość ewentualnych błędów przy wektoryzacji obiektów. W pracy dla każdego roku obliczono powierzchnię oraz długość linii brzegowej wszystkich koryt z czynnym przepływem wody oraz koryt odciętych-wypłyconych.

Obliczono także wartości poszczególnych przekształceń koryt rzecznych oraz przedstawiono ich procentowy udział w stosunku do ogólnej wartości zaszłych zmian. Uzyskanie materiałów teledetekcyjnych sprzed okresu melioracji oraz po jej dokonaniu pozwoliło zaobserwować zmiany w układzie koryt, jakie zaszły nie tylko z przyczyn naturalnych, ale i antropogenicznych.

Analiza układu koryt rzecznych Narwi w 1966 roku. W 1966 roku sieć rzeczna Narwi była bardzo rozbudowana (ryc. 15., ryc. 16.). Koryta zajmowały zdecydowaną większość powierzchni dna doliny rzecznej. Powierzchnia koryt czynnych wynosiła: 4,43 km², natomiast koryt odciętych-wypłyconych zaledwie: 0,2 km². Długość linii brzegowej wyniosła dla koryt czynnych 677,03 km, natomiast koryt odciętych-wypłyconych: 44,76 km.

W południowej części badanego dna doliny tj., w okolicach mostu Łapy-Uhowo, dolina jest bardzo zwężona i przepływ zachodzi dwoma korytami. Dalej dno doliny rozszerza się i koryta rzeczne rozdzielają się, nie tworząc jednak bardzo gęstej sieci rzecznej. Następnie w pobliżu Bokin rzeka tworzy liczne rozlewiska. Na odcinku Bokiny-Topilec rzeka płynie głównie zachodnią częścią doliny. Dalej za Topilcem rzeka rozdziela się na wiele koryt. Układ koryt jest bardzo złożony i ich obecność obserwowana jest na prawie całej szerokości dna doliny. Dopiero w połowie odcinka Rzędziany-Żółtki ilość koryt rzecznych ulega zmniejszeniu. Koryta odcięte-wypłycone spotykane są miejscami: w pobliżu mostu Łapy-Uhowo, w okolicach Topilca, Waniewa i Rzędzian. Są to nieliczne pojedyncze koryta.

Analiza układu koryt rzecznych Narwi w 1997 roku. Mapa przedstawiająca sytuację z roku 1997 uwidocznia podział sieci rzecznej Narwi na dwie części (ryc. 17., ryc. 18.). Stosunkowo rozbudowany układ koryt rzecznych występuje w części doliny objętej granicami Narwiańskiego Parku Narodowego. Poniżej wsi Kurowo następuje zmniejszenie ilości koryt czynnych i zaczyna dominować układ jednokorytowy.

Układ fluwialny w części NPN jest podobny do układu z roku 1966. Zauważa się jednak wzrost ilości koryt odciętych-wypłyconych. W południowej części badanego obszaru, w okolicach mostu Łapy-Uhowo, dno doliny jest bardzo zwężone i przepływ zachodzi dwoma korytami. Dalej dno rozszerza się i koryta rzeczne rozdzielają się, nie tworząc jednak gęstej sieci rzecznej. Występują liczne koryta odcięte-wypłycone. Następnie w pobliżu Bokin rzeka tworzy rozlewiska. Na odcinku Bokiny-Topilec rzeka płynie głównie zachodnią częścią doliny. W okolicach Topilca występuje większe skupisko koryt odciętych-wypłyconych. Dalej za Topilcem aż do Kurowa rzeka rozdziela się na wiele koryt. Sieć rzeczna jest rozbudowana, miejscami tylko występują koryta nieaktywne.

Poniżej Kurowa ilość koryt odciętych-wypłyconych jest znacznie większa niż koryt aktywnych. Wyróżnia się koryto sztucznie utworzone w okolicach wsi Rzędziany, ciągnące się do granicy badanego obszaru, do Żółtek. Występują cztery odnogi koryt aktywnych w pobliżu nowego koryta.

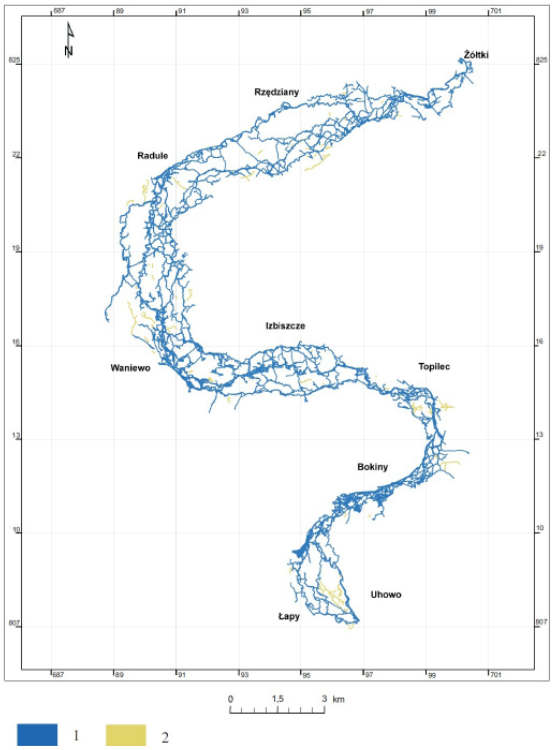
W roku 1997 powierzchnia koryt czynnych wyniosła 3,04 km², natomiast koryt odciętych-wypłyconych 0,71 km². Długość linii brzegowej wyniosła odpowiednio 465,60 km oraz 174,90 km.

Jak wykazała analiza warunków hydrologicznych w dolinie Narwi, na znaczny wzrost ilości koryt odciętych-wypłyconych, w całej analizowanej dolinie z roku 1997 nie miały wpływu niskie stany czy przepływy wody.

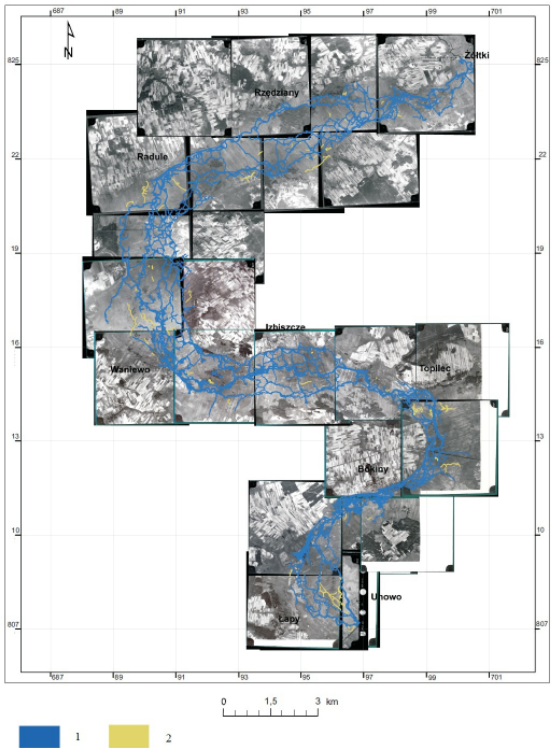
Analiza zmian w układzie koryt rzecznych Narwi w latach 1966 -1997. W analizie zmian w układzie koryt rzecznych Narwi na przestrzeni 31 lat wykorzystano dwie mapy. Największa całkowita powierzchnia obejmująca koryta rzeczne w badanym okresie wynosi około 5,16 km². Wielkość ta określa maksymalny obszar jaki był zajmowany przez koryta rzeczne (obu typów) w badanych latach i stanowi ona wartość odniesienia do dalszej analizy.

Analizując mapę zmian w układzie koryt rzecznych (ryc. 19.), na której wyróżniono 8 kierunków zmian, zauważa się, iż większość koryt czynnych na badanym obszarze nie uległa zmianie. Kategoria ta stanowi ponad 50% całkowitej powierzchni koryt (tab. 2., ryc. 20.).

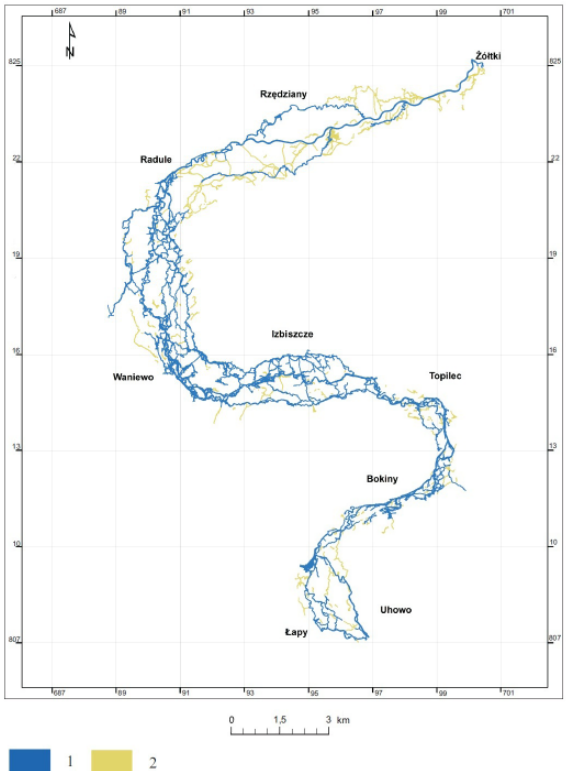
Obszar, gdzie nie zaobserwowano zmian w układzie koryt aktywnych to przede wszystkim odcinek Bokiny-Radule. Odcinek ten jest najbardziej naturalnym fragmentem doliny Narwi. Brak przekształcenia świadczy o dużej stabilności koryt rzecznych, typowym dla rzek anastomozujacych. W części buforowej tylko 4 odnogi rzeki nie uległy zmianie. Koryta odcięte-wypłycone, których stan na przestrzeni lat nie uległ zmianie stanowią niewielką część ogólnej powierzchni koryt – około 1,51%. Są to pojedyncze koryta, bez wyraźnego dominującego miejsca występowania.



Ryc. 15. Mapa układu koryt rzecznych w dolinie Narwi w 1966 roku
1 – koryta czynne; 2 – koryta odcięte-wypłycone
Fig. 15. The map of river channels in the Narew valley in 1966
1 – active river channels; 2 – cut-off overgrown river channels



Ryc. 16. Mapa układu koryt rzecznych w dolinie Narwi w 1966 roku na podkładzie panchromatycznych zdjęć lotniczych;
1 – koryta czynne; 2 – koryta odcięte-wypłycone
Fig. 16. The map of river channels in the Narew valley in 1966 with panchromatic aerial photos
1 – active river channels; 2 – cut-off overgrown river channels

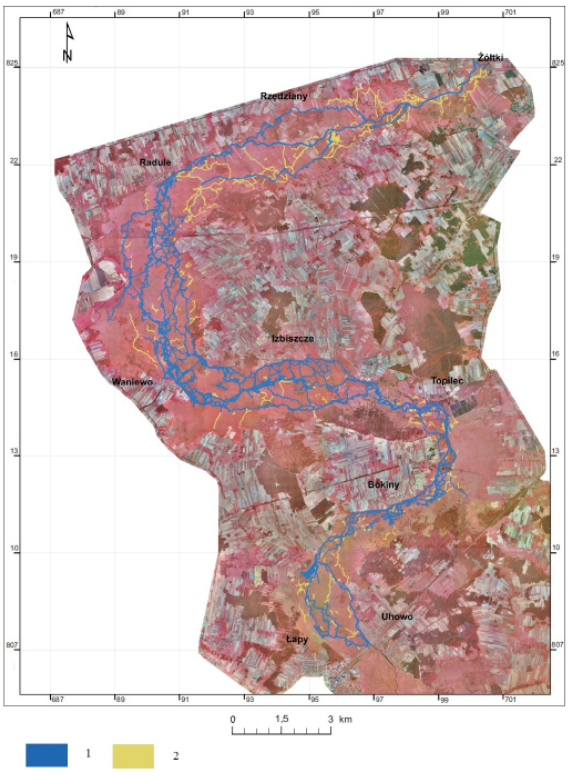


Ryc. 17. Mapa układu koryt rzecznych w dolinie Narwi w 1997 roku
1 – koryta czynne; 2 – koryta odcięte-wypłycone
Fig. 17. The map of river channels in the Narew valley in 1997
1 – active river channels; 2 – cut-off overgrown river channels

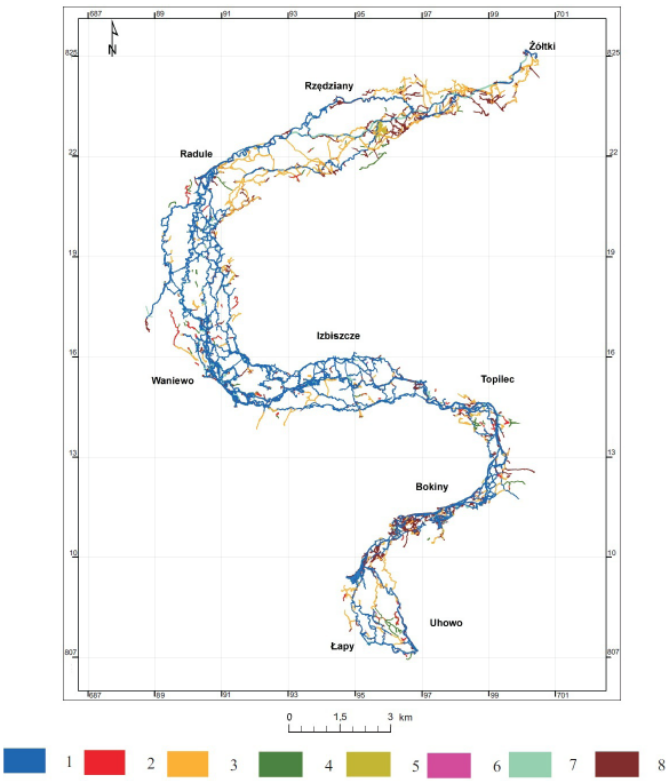
Pozostałe przekształcenia stanowią około 50% powierzchni koryt. Zostały one przedstawione na drugiej mapie (ryc. 21.), na której wyróżniono 6 typów kierunków zmian. Nie zamieszczono na niej kategorii koryt czynnych i odciętych-wypłyconych, które nie uległy zmianie na przestrzeni badanych lat.

Można stwierdzić, iż 50% powierzchni koryt rzecznych w latach 1966-1997 uległo przekształceniu. Dominującym kierunkiem zmian obejmującym ponad 50% powierzchni koryt przekształconych związane jest z zanikaniem koryt czynnych (ryc. 22.). Kategoria ta występuje głównie w południowej części badanego obszaru, w okolicach Bokin. Ma to związek z większymi rozlewiskami rzeki w roku 1966.

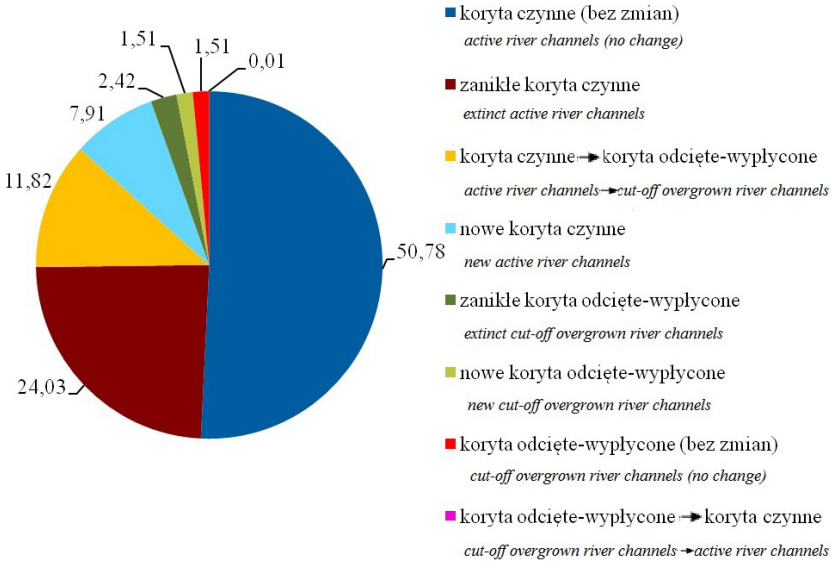
Drugim obszarem, gdzie licznie występuje ta kategoria jest północna część badanego obszaru, w okolicach nowego uregulowanego koryta. Regulacja spowodowała zmniejszenie lub zanik przepływu wody w licznych odnogach rzeki i obniżenie poziomu wód gruntowych. Koryta zanikły poprzez ich silne zarastanie i nie była możliwa ich interpretacja. Część koryt bocznych oraz znaczna cześć głównego koryta zostały zasypane i zamienione na łąki uprawne (Jędryka, Smoluchowska, 1996). Poza tymi obszarami kategoria ta występuje równomiernie na całej powierzchni dna doliny. Sytuacja ta związana jest najprawdopodobniej ze sposobem zarastania brzegów



Ryc. 18. Mapa układu koryt rzecznych w dolinie Narwi w 1997 roku na podkładzie spektrostrefowej otrofotomapy
1 – koryta czynne; 2 – koryta odcięte-wypłycone
Fig. 18. The map of river channels in the Narew valley in 1997 with spectronal orthofotomap
1 – active river channels; 2 – cut-off overgrown river channels



Ryc. 19. Mapa zmian w układzie koryt rzecznych w dolinie Narwi w latach 1966 – 1997
1 – koryta czynne (bez zmian); 2 – koryta odcięte-wypłycone (bez zmian); 3 – koryta czynne → koryta odcięte-wypłycone; 4 – zanikłe koryta odcięte-wypłycone; 5 – nowe koryta odcięte-wypłycone; 6 – koryta odcięte-wypłycone → koryta czynne; 7 – nowe koryta czynne; 8 – zanikłe koryta czynne
Fig. 19. The map of river channels changes in the Narew valley, state in 1966 – 1997
1 – active river channels (no change); 2 – cut-off overgrown river channels (no change); 3 – active river channels → cut-off overgrown river channels; 4 – extinct cut-off overgrown river channels; 5 – new cut-off overgrown river channels; 6 – cut-off overgrown river channels → active river channels; 7 – new active river channels; 8 – extinct active river channels



Ryc. 20. Udział poszczególnych kierunków zmian w układzie koryt rzecznych w stosunku do ogólnej powierzchni koryt na przestrzeni lat 1966 – 1997 (dane w %)
Fig. 20. Participation of particular changes of direction in river channels in report to the general area of river channels in 1966 – 1997 (data in %)

Tabela 2. Powierzchnia poszczególnych przekształceń układu koryt rzecznych w latach 1966–1997
Table 2. The area of particular changes in river channels in 1966–1997

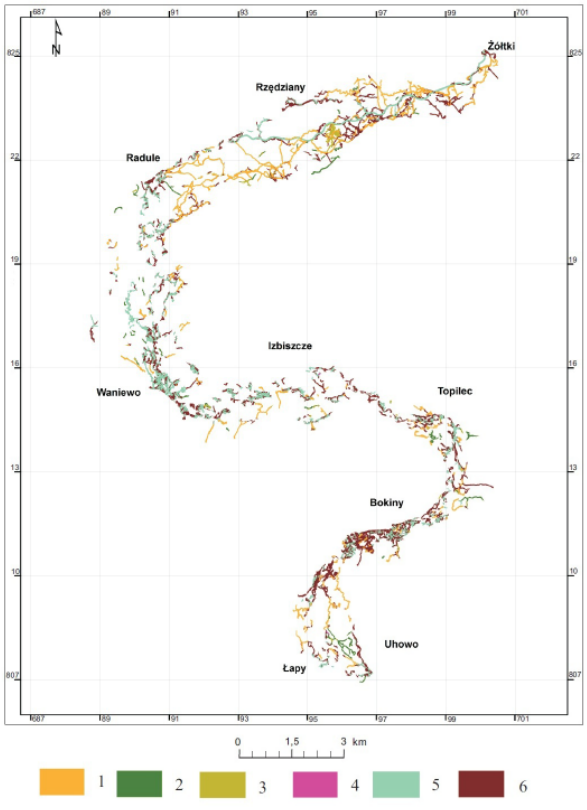
Kierunek zmian ***Direction of change***	**Powierzchnia w km²** ***Area in km²***	**Udział kategorii w %** ***Share of category in %***
Koryta czynne (bez zmian) *Active river channels (no change)*	2,62	50,78
Zanikłe koryta czynne Extinct active river *channels*	1,24	24,03
Koryta czynne → koryta odcięte-wypłycone *Active river channels → cut-off overgrown river channels*	0,61	11,82
Nowe koryta czynne *New active river channels*	0,41	7,91
Zanikłe koryta odcięte-wypłycone *Extinct cut-off overgrown river channels*	0,12	2,42
Nowe koryta odcięte-wypłycone *New cut-off overgrown river channels*	0,08	1,51
Koryta odcięte–wypłycone (bez zmian) *Cut-off overgrown river channels (no change)*	0,08	1,51
Koryta odcięte-wypłycone → koryta czynne *Cut-off overgrown river channels → active river channels*	< 0,01 (0,0007)	0,01
Powierzchnia całkowita *Total area*	5,16	100

i stopniowego zwężania koryt oraz większymi obszarowo rozlewiskami w 1966 roku.

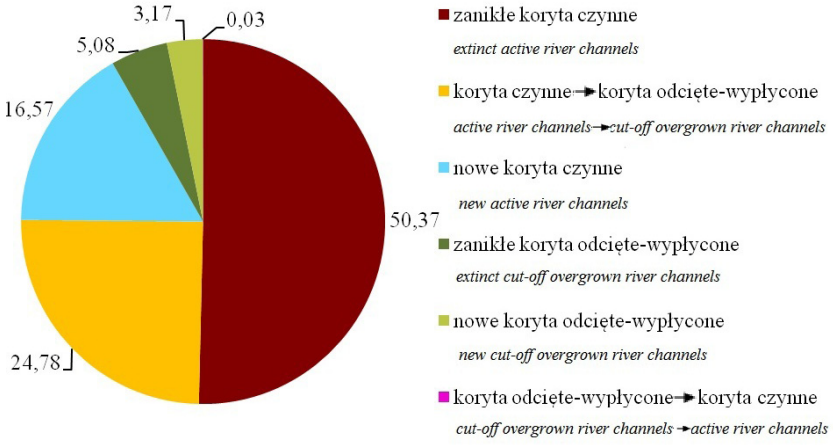
Drugim kierunkiem zmian obejmującym około 25% powierzchni koryt przekształconych jest przekształcenie koryt czynnych w odcięte-wypłycone. Kategoria ta występuje przede wszystkim w północnej części obszaru badań pomiędzy Radulami a Żółtkami. Regulacja koryta rzeki na odcinku Rzędziny-Żółtki spowodowała, iż wiele aktywnych koryt zostało zamulonych i zarośniętych. Ich przebieg był jednak możliwy do zinterpretowania. Negatywny wpływ widoczny jest także powyżej nowego koryta, na odcinku Radule – Rzędziany. W strefie buforowej następuje spadek ilości koryt aktywnych i zwiększa się liczba koryt odciętych-wypłyconych. W pozostałej części dna doliny klasa ta występuje w miarę równomiernie, ale w porównaniu do części buforowej ich ilość jest zdecydowanie mniejsza.

Wyżej wymienionych przekształceń obecnych w środkowej, typowo bagiennej części badanego obszaru nie można łączyć z nowym korytem Narwi. Na te zmiany wpływ ma obniżka opadów atmosferycznych po roku 1980. Dodatkowo łagodne zimy oraz skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej wpływają na zmniejszenie wezbrań wiosennych.

Trzecim kierunkiem zmian, obejmującym około 17% powierzchni koryt przekształconych, są nowe koryta



Ryc. 21. Mapa zmian w układzie koryt rzecznych w dolinie Narwi w latach 1966–1997
1 – koryta czynne koryta odcięte-wypłycone; 2 – zanikłe koryta odcięte-wypłycone; 3 – nowe koryta odcięte-wypłycone; 4 – koryta odcięte-wypłycone → koryta czynne; 5 – nowe koryta czynne; 6 – zanikłe koryta czynne
Fig. 21. The map of river channels changes in the Narew valley, state in 1966–1997
1 – active river channels cut-off overgrown river channels; 2 – extinct cut-off overgrown river channels; 3 – new cut-off overgrown river channels; 4 – cut-off overgrown river channels → active river channels; 5 – new active river channels; 6 – extinct active channels



Ryc. 22. Udział poszczególnych kierunków zmian w układzie koryt rzecznych w stosunku do ogólnej wielkości zmian na przestrzeni lat 1966–1997 (dane w %)
Fig. 22. Participation of particular changes of direction in river channels in report to the general changes in 1966–1997 (data in %)

czynne. Kategoria ta uwidacznia się przede wszystkim w strefie buforowej, na odcinku Rzędziny-Żółtki w postaci nowego przekopanego koryta rzecznego. Większe skupisko tego rodzaju koryt występuje na odcinku Waniewo-Radule. Być może w 1997 roku miały miejsce większe obszarowo rozlewiska rzeki.

Zmiany pozostałych kategorii są zdecydowanie mniejsze, obejmują nieco ponad 5% powierzchni koryt przekształconych. Są to głównie zanikłe koryta odcięte-wypłycone. Na przestrzeni 31 lat zostały one już silnie zarośnięte i obecnie nie jest możliwe ich zlokalizowanie. Kategoria ta występuje miejscami, przede wszystkim w pobliżu mostu Łapy-Uhowo, na odcinku Bokiny-Topilec oraz Radule – Rzędziany.

Kolejna kategoria: nowe koryta odcięte-wypłycone, obejmuje około 3% ogólnej powierzchni zmian. Występuje ona głównie w okolicy Rzędzian. Koryta te były aktywne między latami, w których wykonano zdjęcia lotnicze a następnie uległy wypłyceniu i zarośnięciu. Przekształcenie to najprawdopodobniej ma związek z regulacją rzeki. Wahanie poziomów wody w pobliżu grobli i jazu ma znaczący wpływ na stosunki wodne na tym obszarze.

Ostatnim kierunkiem zmian jest przekształcenie koryt odciętych-wypłyconych w czynne. W sprzyjających warunkach, w wypłyconym fragmencie koryta nastąpiło jego częściowe uczynnienie. Są to pojedyncze niewielkie fragmenty koryt. Kategoria ta stanowi znikomą wielkość – 0,03% powierzchni koryt przekształconych.

Wnioski

Reasumując należy stwierdzić, że zmiany jakie zaszły na badanym obszarze są znaczne i zróżnicowane. Uzyskanie materiałów badawczych sprzed okresu regulacji koryta rzecznego oraz po niej, pozwoliło pokazać jak negatywny wpływ na bagienny charakter doliny Narwi miała ingerencja człowieka. Zaobserwować można także wpływ zmieniających się czynników naturalnych[5].

Na zmiany hydrologiczne w całej dolinie Narwi mają wpływ przede wszystkim czynniki naturalne, a głównie spadek wielkości opadów atmosferycznych po 1980 roku. Dodatkowo łagodniejsze zimy oraz skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej, wpływają na zmniejszenie wezbrań wiosennych. Występująca roślinność natomiast wpływa na stopniowe zawężanie koryt.

Czynnikiem antropogenicznym, którym jest regulacja koryta rzeki w części północnej badanego obszaru, pomiędzy Rzędzianami a Żółtkami, najbardziej negatywnie oddziałuje w bezpośrednim obszarze sztucznego koryta. Regulacja ta spowodowała wiele negatywnych przemian. Skrócenie biegu oraz wzrost spadku rzeki, wpłynęło na obniżenie stanów wody w rzece, skrócenie zalewów powierzchniowych oraz na stopniowe obniżanie poziomu wód gruntowych. Skutkiem tych wszystkich zmian jest zanikanie wielu czynnych koryt, poprzez ich zamulanie i zarastanie.

W 1996 roku rozpoczęto prace mające na celu renaturalizację doliny Narwi i odtworzenie pierwotnych warunków wodnych w strefie buforowej, poprzez oczyszczenie i piętrzenie wody w korytach odciętych-wypłyconych i starorzeczach[6].

W celu oceny prowadzonych prac renaturalizacyjnych można w przyszłości rozszerzyć analizę układu koryt rzecznych w dolinie Narwi o kolejne okresy badawcze po 1997 roku i obserwować dalsze zmiany zachodzące w środowisku.

Literatura

Babiński Z., 1984, Interpretacja zdjęć lotniczych w badaniu dynamiki mezoform korytowych dolnej Wisły, *Fotointerpretacja w geografii*, T. 17, Uniwersytet Śląski, Katowice, s. 50-58.

Banaszuk H., 1996, *Paleogeografia naturalne i antropogeniczne przekształcenia doliny górnej Narwi.* Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.

Banaszuk H., 1999, Przekształcenia, aktualny stan i potrzeby związane z ochroną mokradeł w Narwiańskim Parku Narodowym. *Mat. Sem.*, nr 43, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 189-196.

Banaszuk P., 1996, Siedliska glebotwórcze i gleby w dolinie Górnej Narwi od Suraża do ujścia Biebrzy. *Zesz. Probl.*

[5] Jest także prawdopodobne, iż różnice w budowie utworów czwartorzędowych i wynikające z tego różnice w spadkach terenu związane z występowaniem odcinków przełomowych oraz basenowych w dolinie Narwi mogły mieć wpływ na rozkład intensywności zmian w układzie koryt rzecznych. Jednakże w niniejszej pracy nie podjęto się analizy wpływu morfologii doliny na zmienność koryt rzecznych.

[6] Dane pobrano ze strony internetowej http://www.ptop.org.pl/dzialania/ochrona/siedliska/163-renaturalizacja-strefy-buforowej-npn.html

Post. Nauk Roln., z. 428, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 39-51.

Banaszuk P., Wysocka-Czubaszek A., 2005, Phosphorus dynamics and fluxes in a lowland river: The Narew Anastomosing River System, NE Poland, T. 25, *Ecological Engineering*, Białystok, s. 429–441.

Baraniecki L., Ruszczycka-Mizera M., 1977, Fotointerpretacja jako metoda badania rozwoju współczesnych procesów dolinnych. *Fotointerpretacja w geografii*, T.12, nr 160, *Prace naukowe Uniwersytetu Śląskiego*, Katowice, s. 83-93.

Bartoszuk H., 1996, Zbiorowiska roślinne Narwiańskiego Parku Krajobrazowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln*., z. 428, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 79-95.

Bogucka M., 2006, Zmiany koryta Wisły pomiędzy Warszawą a Modlinem na przestrzeni ostatnich 150 lat. [w:] Gierszewski P., Karasiewicz M. T., Idee i praktyczny uniwersalizm geografii, geografia fizyczna, *Dokumentacja Geograficzna*, nr 32, Polska Akademia Nauk IGiPZ, Warszawa, s. 20-24.

Bogucka – Szymalska M., 2010, Dynamika naturalnej i uregulowanej strefy korytowej dolnej Wisły. Maszynopis pracy doktorskiej, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytet Warszawski.

Churski T., 1973, Zarys geomorfologii bagiennego odcinka doliny Górnej Narwi, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln*., z. 134, Warszawa, s. 11-30.

Ciołkosz A., Miszalski J., Olędzki J.R., 1999, *Interpretacja zdjęć lotniczych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Dąbkowski S.L., Dembek W., Piórkowski H., Oświecimska-Piasko Z., Szewczyk M., 2000, Notes on wetland restoration problems in the Narew River valley, nr 4, *Journal of Water and Land Development*, s. 33-53.

Dynowska I.,1971, Typy reżimów rzecznych w Polsce, *Zeszyty Naukowe UJ*, CCLXVIII, z. 28*, Prace Geograficzne*, Kraków.

Dziejma C., Wołkowycki D., 2004; Flora roślin naczyniowych Narwiańskiego parku Narodowego [w:] Banaszuk H. (red.), *Przyroda Podlasia Narwiański Park Narodowy*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, s. 195 – 207.

Evans J. E., Huxley J.M., Vincent R.K., 2007, Upstream channel changes following dam construction and removal using a GIS/remote sensing approach, T. 43, z.3 *Journal of the American Water Resources Association*, s. 683-698.

Florek W., 1983, Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniach den dolin rzecznych (na przykładzie dolnego Bobru), *Fotointerpretacja w geografii*, T. 16, Uniwersytet Śląski, Katowice, s. 22-33.

Forysiak J., 2010, Zastosowanie analizy zdjęć lotniczych do rekonstrukcji układu wielokorytowego środkowej Warty, T. 13, *Landform Analysis*, s. 13–18.

Ghoshal S., James L. A, Singer M. B., Aalto R., 2010, Channel and Floodplain Change Analysis over a 100-Year Period: Lower Yuba River California, T. 2, *Remote Sensing*, s. 1797-1825.

Grabińska B., Koc J., 2005, Wpływ chronionego (naturalnego) koryta górnej Narwi na jakość jej wód, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln*., z. 506, Warszawa, s. 181-187.

Gradziński R., Baryła J., Dotor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T., Żurek S., 2000, Anastomozing system of the upper Narew River (NE Poland), nr 70, *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, s. 219-229.

Gradziński R., 2001, *Narew – rzeka anastomozująca*, Narwiański Park Narodowy Narwiańskie Echa, Kurowo.

Gradziński R., Baryła J., Dotor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T., Żurek S., 2003, Vegetation-controlled modern anastomosing system of the upper Narew River (NE Poland) and its sediments, nr 157, *Sedimentary Geology*, s. 253–276.

Gradziński R., 2004, Anastomozujący system Narwi na obszarze Narwiańskiego Parku Narodowego, [w:] Banaszuk H. (red.), *Przyroda Podlasia Narwiański Park Narodowy*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.

Gromiec M. (red.), 2006*, Zastosowanie GIS w meteorologii i gospodarce wodnej*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.

Hooke J.M., 2007, Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river, T. 84, z. 3-4, *Geomorphology*, s. 277–296.

Jędryka E., Smoluchowska A., 1996, Rozrząd wody na obszarze Narwiańskiego Parku Narodowego, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln*., z. 428, Falenty, s. 167-182.

Koc L., 1972, Zmiany koryta Wisły w XIX i XX wieku miedzy Płockiem a Toruniem, T. 44, z. 4, *Przegląd Geograficzny*, s. 703–719.

Kondracki J., 1994, *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Kowalewski Z., Ślesicka A., Mioduszewski W., 1997, *Stany wód gruntowych w dolinie Narwi pomiędzy starorzeczami w świetle pomiarów terenowych i badań modelowych, Woda jako czynnik warunkujący wielofunkcyjny i zrównoważony rozwój wsi i rolnictwa*, konferencja naukowo-techniczna, *Instytut Melioracji i Użytków Zielonych*, Falenty, s. 237-244.

Kummu M., Lu X.X., Rasphone A., Sarkkula J., Koponen J., 2008, Riverbank changes along the Mekong River: Remote sensing detection in the Vientiane-Nong Khai area, T. 186, z. 1, *Quaternary International*, s. 100-112.

Makaske B., 2000, Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products, nr. 53, *Earth-Science Reviews*, Utrecht, s. 149–196.

Mapa topograficzna 1:25 000, arkusz 245.14 Choroszcz, układ PUWG 1965.

Mapa topograficzna 1:25 000, arkusz 245.32 Bokiny, układ PUWG 1965.

Mapa topograficzna 1:25 000, arkusz 245.34 Łapy, układ PUWG 1965.

Mapa turystyczna Narwiański Park Narodowy i okolice, skala 1:50 000, Agencja "TD".

Mioduszewski W., 1996, Gospodarka wodna elementem zrównoważonego rozwoju obszarów rolniczych w dorzeczu górnej Narwi. [w:] Wrzosek S., *Mechanizmy i uwarunkowania ekorozwoju, interdyscyplinarna konferencja naukowa*, T. 2, Politechnika Białostocka. Katedra Ekonomiki i Zarządzania Ochroną Środowiska, Białystok, s. 127-138.

Mioduszewski W., 1999, Koncepcja renaturyzacji doliny Narwi a odcinku Żółtki-Rzędziany, *Mat. Sem*. nr 43, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 197-204.

Mioduszewski W. (red.), 2002, *Gospodarowanie wodą w łęgowej dolinie Górnej Narwi*, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.

Mioduszewski W., Gajewski G., Biesiada M., 2004, Zróżnicowanie stosunków wodnych w dolinie Narwi w granicach Narwiańskiego Parku Narodowego, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, T. 4, z. 2a, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 39-50.

Narwiański Park Narodowy przewodnik. Szlaki turystyczne, ścieżki edukacyjne, przyroda, historia, 2010, Fundacja Sąsiedzi, Białystok.

Olędzki J. R., 1994, Water relations in the middle Narew valley, *Miscellanea Geographica*, T. 6, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, s. 49-55.

Olędzki J.R., 2007, *Regiony geograficzne Polski*, T. 38, Klub Teledetekcji Środowiska Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Warszawa.

Ollero A., 2010, Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River Spain, T. 117, z. 3-4, *Geomorphology*, s. 247–260.

Plit J., 2010, *Zmiany koryta Niemna w ciągu 200 lat (na odcinku od hożej do Mielnika), Krajobrazy kulturowe dolin rzecznych. Potencjał i wykorzystanie*, nr 13, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Sosnowiec.

Próchnicki P., 2004a, Ekspansja trzciny pospolitej w świetle analizy zdjęć lotniczych, [w:] Banaszuk H. (red.), *Przyroda Podlasia Narwiański Park Narodowy*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, s. 247-261.

Próchnicki P., 2004b, Sieć rzeczna Narwi i jej przekształcenia, [w:] Banaszuk H. (red.), *Przyroda Podlasia Narwiański Park Narodowy*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, s. 114 – 121.

Rocznik Hydrologiczny Wód Powierzchniowych, Dorzecze Wisły i rzeki Przymorza na wschód od Wisły, 1969, Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny 1966, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.

Rose de R.C, Basher L. R., 2011, Measurement of river bank and cliff erosion from sequential LIDAR and historical aerial photography, T. 126, z. 1-2, *Geomorphology*, s. 132–147.

Śmielak Ł., 2008, *Charakterystyka zmian przebiegu koryta rzeki Słupi w granicach miasta Słupsk – ujęcie historyczne przy wykorzystaniu narzędzi GIS*, Problemy Ekologii Krajobrazu, T.22, Polska Asocjacja Ekologii Krajobrazu, s. 279–284.

Staniaszek J., 1999, Społeczno-gospodarcze oraz prawne uwarunkowania renaturalizacji terenów bagiennych na przykładzie regionu górnej Narwi, *Mat. Sem*. nr 43, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 127-134.

Szewczyk M., Oświecimska-Piasko Z., Dembek W., Siedlecki T., 2003, Gatunki, zbiorowiska roślinne i siedliska decydujące o różnorodności biologicznej doliny górnej Narwi, *Woda-Środowisko -Obszary Wiejskie*, T. 3, z. 1, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty, s. 89-106.

Szewczyk M., 2004, Zbiorowiska roślinne nieleśne, [w:] Banaszuk H. (red.), *Przyroda Podlasia Narwiański Park Narodowy*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, s. 221-245.

Tablice Geograficzne, praca zbiorowa (red.) Mizerski W., Żukowski J., 2001, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa.

Teisseyre A.K., 1992, Rzeki anastomozujące – procesy i model sedymentacji, *Przegląd Geologiczny*, nr 4, s. 241–248.

Trafas K., 1968, Rekonstrukcja starych koryt rzecznych na podstawie zdjęć lotniczych, T. 6, *Fotointerpretacja w geografii*, Warszawa, s. 34-38.

Trafas K., 1975, Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji, Zeszyty Naukowe UJ, z. 40, *Prace Geograficzne*, Kraków, s. 703-117.

Trafas K., 1977, *Rekonstrukcja zmian biegu koryta Wisły na podstawie zdjęć lotniczych, Fotointerpretacja w geografii*, T. 10, Instytut Geografii Uniwersytetu M. Kopernika Komisja Fotointerpretacji Polskie Towarzystwo Geograficzne, Toruń, s. 29-39.

Werner P., 2004, *Wprowadzenie do systemów geoinformacyjnych*, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Woś A., 1999, *Klimat Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Woś A., 1996, *Struktura sezonowa klimatu Polski*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

Zagajewski B., 2002. Maszynopis pracy doktorskiej, *Zastosowanie geoinformacji w badaniach wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym i jego otulinie*, Warszawa,.

Zawiejska J., Wyżga B., 2008, Transformacja koryta Dunajca w XX wieku jako wynik ingerencji człowieka i zmian środowiskowych w zlewni. [w:] Wyżga B. (red.) *Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty*, Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.

Yang X., Damen M. C. J., Zuidam van R. A., 1999, Satellite remote sensing and GIS for the analysis of channel migration changes in the active Yellow River Delta, China, T. 1, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, s. 146-157.

Spis stron internetowych

http://www.npn.pl (stan na 05.03.2012 r.)

http://www.tutiempo.net (stan na 12.03.2012 r.)

http://www.imgw.pl/wl/internet/zz/klimat/0502_polska.html (stan na 12.03.2012 r.)

http://www.ptop.org.pl/dzialania/ochrona/siedliska/163-renaturalizacja-strefy-buforowej-npn.html (stan na 15.04.2012)

Mgr Marta TOBIASZ jest absolwentką studiów magisterskich na kierunku geografia – specjalizacja: geoinformatyka i teledetekcja na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji. Pracę dyplomową wykonała pod kierunkiem prof. dr hab. Jana R. Olędzkiego.
e-mail: tobiasz.marta@wp.pl; marcia_t@wp.pl