

Robert Stopka

Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski
41–200 Sosnowiec, ul. Będzińska 60
robertstopka@gmail.com

Received: 8.02.2011

Reviewed: 8.04.2011

GEOMORFOLOGICZNE SKUTKI DZIAŁALNOŚCI BOBRA EUROPEJSKIEGO *CASTOR FIBER* W DOLINIE GÓRNEGO SANU

Geomorphic effects of European beaver *Castor fiber* activity
in the upper valley of San River

Abstract: Reintroduction of European beaver *Castor fiber* in 1993 was carried out in order to accelerate the process of renaturalisation of areas previously degraded by the activity of the “Igloopol” state farm. During several years beavers clearly marked their presence by creating numerous dams and ponds. Reappearance of beavers in environmentally deteriorated areas led to hydrological and geomorphologic changes. The aim of this study is to determine the rate and nature of changes in structure of mountain stream channels as a result of beaver activity.

Key words: *Castor fiber*, geomorphologic effects, San River valley, Bieszczady Mts.

Wstęp

Program reintrodukcji bobra europejskiego w Bieszczadach Wysokich rozpoczęto jesienią 1993 roku, w celu przyspieszenia procesu renaturalizacji zdegradowanej wcześniej doliny górnego Sanu oraz przywrócenia gatunku w obszarze jego historycznego występowania. Od tego momentu populacja bobra europejskiego w dolinie górnego Sanu sukcesywnie wzrastała, wyraźnie zaznaczając swoją obecność poprzez tworzenie licznych stanowisk bytowania (Derwich i Mróz 2009).

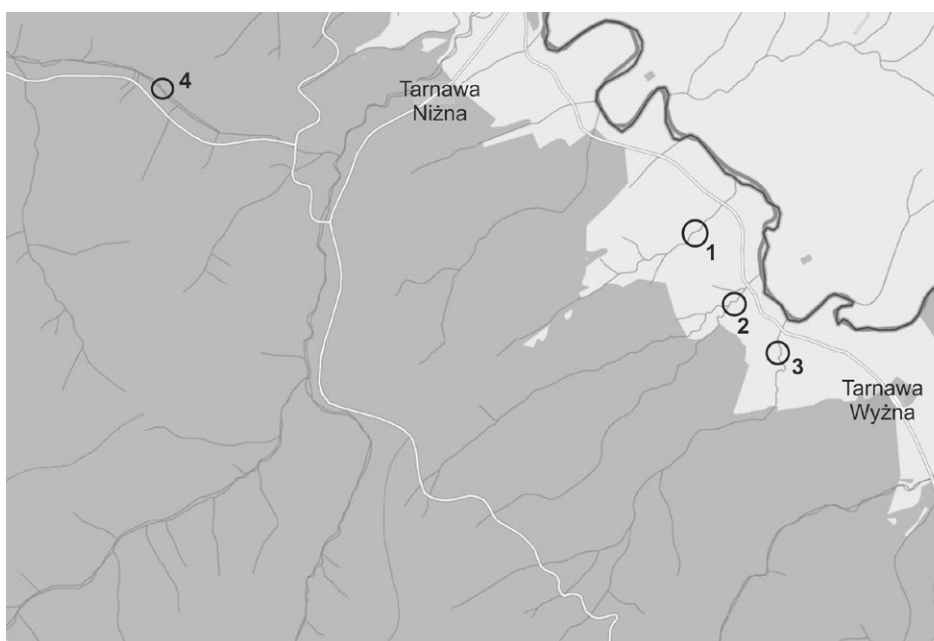
Bobry, jako jedyny gatunek zwierząt żyjących w umiarkowanej strefie klimatycznej wykazują zdolność do intensywnego i kierunkowego przekształcania środowiska, w celu dostosowania go do wymagań związanych z zapewnieniem im schronienia oraz pożywienia. Wchwili ponownego pojawienia się tego gatunku w obszarze zubożonym przyrodniczo w wyniku antropopresji, nastąpiło zwiększenie bioróżnorodności krajobrazu oraz przekształcenie składu gatunkowego flory w miejscach aktywnej działalności bobrów (Mróz 2010). Ponadto działalność bobrów doprowadziła do wyraźnych zmian hydrologicznych i geomorfologicznych w dolinach potoków. Typ i tempo takich zmian powstałych na skutek działalności bobra europejskiego stosunkowo dobrze został poznany w Polsce w obszarach nizinnych, gdzie gatunek ten wcześniej nie został całkowicie wy-

eliminowany ze środowiska przyrodniczego. Natomiast wpływ bobrów na cieki górskie o odmiennej niż rzeki nizinne strukturze koryta, reżimie przepływu i transportu rumowiska, nadal wymaga badań.

Celem prezentowanych badań jest określenie tempa i typu zmian w strukturze koryt potoków górskich w wyniku oddziaływania czynnika zoogenicznego, jakim jest inżynierska działalność bobra europejskiego.

Teren i metodyka badań

Badaniami objęto cztery wybrane stanowiska bytowania bobrów na potokach górskich będących lewobrzeżnymi dopływami górnego Sanu (Ryc. 1). Stanowi-



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych.

Fig. 1. Localization of study sites.

1 – Cehlanki, 2 – Roztoki, 3 – Biłunkowe Łużanki, 4 – Hnyła / Muczny.

ska zlokalizowane są w Tarnawie Wyżnej na potokach Cehlanki (1), Roztoki (2) i Biłunkowe Łużanki (3) oraz w pobliżu miejscowości Muczne na potoku Hnyła / Muczny (4). Omawiane stanowiska położone są w dolinach o przebiegu w kierunkach SW–NE (1–3) oraz SE–NW (4). Taki przebieg dolin jest charakterystyczny dla Bieszczadów, gdzie dominuje kratowy układ sieci rzecznej. Doliny potoków cechują się względnie łagodną rzeźbą i wycięte są głównie w osadach holocen-skiej terasy Sanu 4–6 m oraz podłożu zbudowanym z łupków szarych i piaskow-

ców laminowanych oddziału nadotryckiego (1–3). Natomiast badany odcinek potoku Hnyła (4) eroduje piaskowce i łupki szare, średnio i cienko ławicowe z piaskowcami z Otrytu (Haczewski i in. 2007).

Do badań wybrano miejsca, gdzie bobry poprzez swoją obecną lub przeszłą działalność, doprowadziły do wyraźnych zmian w rzeźbie koryt potoków i den dolin. Stanowisko Cehlanki zostało opuszczone przez bobry i dzięki zdrenowaniu stawu można było uchwycić wszelkie zmiany w strukturze dna doliny. Stanowisko w korycie potoku Hnyła stanowi przykład możliwego konfliktu pomiędzy działalnością bobrów i człowieka, gdyż wzdłuż doliny przebiega tracja sieci elektrycznej, gdzie niektóre słupy podporowe zostały podtopione.

Za staw bobrowy autor uważa zbiornik wodny, którego szerokość jest większa od szerokości koryta potoku i nierzadko obejmuje całą strefę dna doliny. Spiętrzenie wody rozumiane jest natomiast jako odcinek potoku, w którym obserwuje się wyraźne podwyższenie lustra wody w korycie, w stosunku do poziomu wody w odcinkach wolnych od działalności bobrów.

Prace terenowe polegały na szczegółowym kartowaniu geomorfologicznym koryt potoków i równin zalewowych, wykorzystując metodę ciągu busolowego oraz instrukcję kartowania koryt rzecznych (Krzemień 1999). Prowadzone analizy porównawcze obejmują elementy rzeźby koryt, ich strukturę oraz charakterystykę morfometryczną i morfologiczną w odcinkach objętych i wolnych od wpływu borów.

Wyniki

Czynnik zoogeniczny, jakim jest działalność bobra europejskiego silnie przekształca cechy cieków od samego momentu osiedlenia się tego gatunku i rozpoczęcia działalności inżynierskiej. Z chwilą zbudowania przez bobry pierwszej tamy dochodzi lokalnie do szeregu wyraźnych zmian w krajobrazie. Tama na potoku powoduje spiętrzenie wody w korycie i nierzadko skutkuje powstaniem rozległego stawu bobrowego. W miejscu bytowania bobrów dochodzi do przekształcenia lokalnej flory i fauny, jak również do zmian hydrologicznych potoku, wpływających na ukształtowanie dna doliny. W trakcie badań terenowych udało się zaobserwować kilka szczególnie wyraźnych zmian geomorfologicznych w korytach potoków, powstałych na skutek działalności bobrów.

Pierwszym i zarazem najbardziej charakterystycznym elementem środowiska życia bobrów jest tama przegradzająca koryto potoku, w pobliżu którego zwierzę żeruje. Powstaje ona w ciągu kilku nocy, a umacniana i rozbudowywana może być nawet przez kilka kolejnych lat. Konstrukcja tamy oparta jest na umiejętnym ułożeniu przez bobry na przemian warstw gałęzi i kawałków drewna różnej grubości oraz okruchów skalnych i osadów drobnoziarnistych (Żurowski 1992). Podstawa tamy jest znacznie szersza od korony, a jej długość i wysokość

uwarunkowana jest rzeźbą terenu, czego dobrym przykładem jest tama w korycie potoku Roztoki (Ryc. 2).

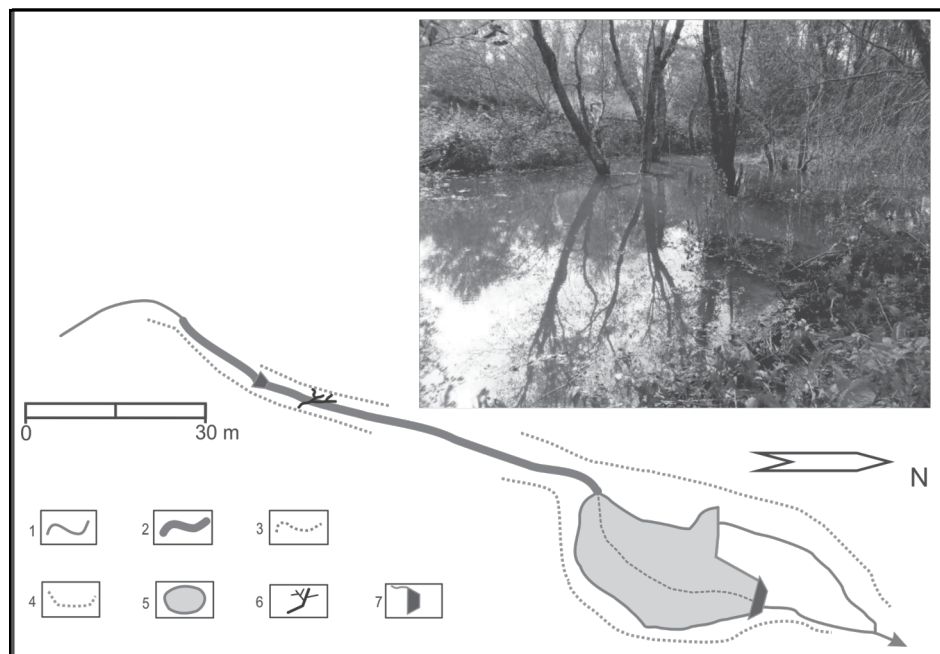


Ryc. 2. Tama bobrowa w korycie potoku Roztoki.

Fig. 2. Beaver dam on the Roztoki stream.

Tama bobrowa umożliwia retencjonowanie wody w stawie, z którego odpływ może odbywać się pod tamą, przelewać się nad jej koroną, uchodzić przez przerwę w koronie lub przesączać się na całej jej długości (Woo i Waddington 1990). Dalszy przepływ wody może odbywać się w dotychczasowym biegu potoku lub tworzyć strugi cieków erodujących nowe koryta. Takie przerzucenie koryta potoku może nawet spowodować całkowitą zmianę kierunku odpływu wód w stosunku do biegu potoku sprzed okresu pojawienia się bobrów (Butler 1991). Podobny przypadek ma miejsce na stanowisku Biłunkowe Łużanki, gdzie poza przepływem wody w dawnym korycie tama powoduje formowanie niewielkiego cieku, stanowiącego dopływ potoku (Ryc. 3).

Zazwyczaj w rejonie jednego stanowiska bobry budują kilka tam spiętrzających wodę kaskadowo, znacznie zmniejszając tym samym przepływ wody oraz energię potoku. Dzięki temu zabiegowi tamy są mniej narażone na uszkodzenia spowodowane gwałtownymi przepływami, co ma szczególnie istotne znaczenie w środowisku górskim. Liczba tam na poszczególnych



Ryc. 3. Fragment stanowiska w korycie potoku Biłunkowe Łużanki.

1 – koryto potoku, 2 – spiętrzenie wody, 3 – dawny przebieg koryta, 4 – strome zbocza doliny, 5 – staw bobrowy, 6 – powalone drzewa istotnie wpływające na zmiany w morfologii koryta, 7 – tama.

Fig. 3. Fragment of the study site Biłunkowe Łużanki.

1 – stream channel, 2 – backwater, 3 – former course of channel, 4 – steep banks, 5 – beaver pond, 6 – fallen trees significant for changes in channel morphology, 7 – dam.

stanowiskach oraz ich morfometria była zróżnicowana przestrzennie i uzależniona od uwarunkowań hydrologicznych, geomorfologicznych, siedliskowych, jak i wieku stanowiska.

W miejscach, gdzie potok przepływa przez wąską i głęboką dolinę wciosową, tama nie przekracza szerokości koryta i oparta jest bezpośrednio o zbocza doliny, a jej długość równa jest szerokość koryta. W takim przypadku powstały staw bobrowy osiąga najczęściej niewielką powierzchnię oraz cechuje się słabym rozwinięciem linii brzegowej. W miejscu poszerzenia dna doliny i zmiany jej typu na rozarty lub płaskodenny, długość tamy znacznie wzrasta, natomiast jej wysokość może być mniejsza, niższa tamy w wąskich odcinkach doliny.

Istnieje zatem silny związek pomiędzy warunkami rzeźby terenu a morfometrią tam bobrowych i powierzchnią stawu. Szczególnie wyraźnie uwiadcza się ta zależność na przykładzie najdłuższej tamy spośród badanych, tworzącej zarazem największy staw na potoku Hnyła, przepływającym przez

szeroką dolinę płaskodenną oraz w przypadku najkrótszej tamy, tworzącej najmniejszy staw na potoku Biłunkowe Łużanki, gdzie przepływa on przez dolinę wciosową (Tab. 1).

Tabela 1. Morfometria tam bobrowych oraz ich wpływ na powstanie stawów i spiętrzeń wody.

Table 1. Morphometry of beaver dams and their impact on the creation of ponds and backwaters.

Stanowisko <i>Study site</i>	Lp. <i>No</i>	Długość tamy [m] <i>Dam length</i>	Wysokość tamy [m] <i>Dam height</i>	Powierzchnia stawu [a] <i>Area of the beaver pond</i>	Łączna długość spiętrzeń wody [m] <i>Total length of backwaters [m]</i>
Cehlanki	1	2	0,5	-	57
	2	6	1,5	12	
Roztoki	1	14	2	17	135
	2	5	1,2	-	
	3	4	1	-	
Biłunkowe Łużanki	1	5,5	1,5	3	348
	2	3,5	0,4	-	
	3	3,5	0,75	-	
	4	4,5	1,5	1,3	
	5	3,5	0,75	-	
	6	26	1,5	14	
Hnyła/ Muczny	1	56	1,5	23	-
	2	14	0,5	-	

Dla stawów bobrowych na badanych stanowiskach przeprowadzono analizę zróżnicowania wskaźnika rozwinięcia linii brzegowej w oparciu o wzór:

$$K = \frac{L}{2\sqrt{\pi P}}$$

gdzie: L – długość linii brzegowej stawu, P – powierzchnia stawu (Choiński 2007).

Wartości obliczonego w ten sposób wskaźnika informują o niewielkim rozwoju linii brzegowej oraz stosunkowo regularnym kształcie stawów (Tab. 2). Niemniej jednak wyraźne różnice wartości wskaźnika *K* dla poszczególnych stawów uwarunkowane są różnicami w rzeźbie terenu, jak i usytuowaniu stawu. Największe wartości wskaźnika *K* otrzymano dla stawu na potoku Roztoki oraz największego stawu na potoku Biłunkowe Łużanki. Wzrost rozwinięcia linii brzegowej w tym przypadku spowodowany jest położeniem stawów w miejscu

Tabela 2. Wartości wskaźnika rozwinięcia linii brzegowej stawów bobrowych.**Table 2.** Value of shoreline development index.

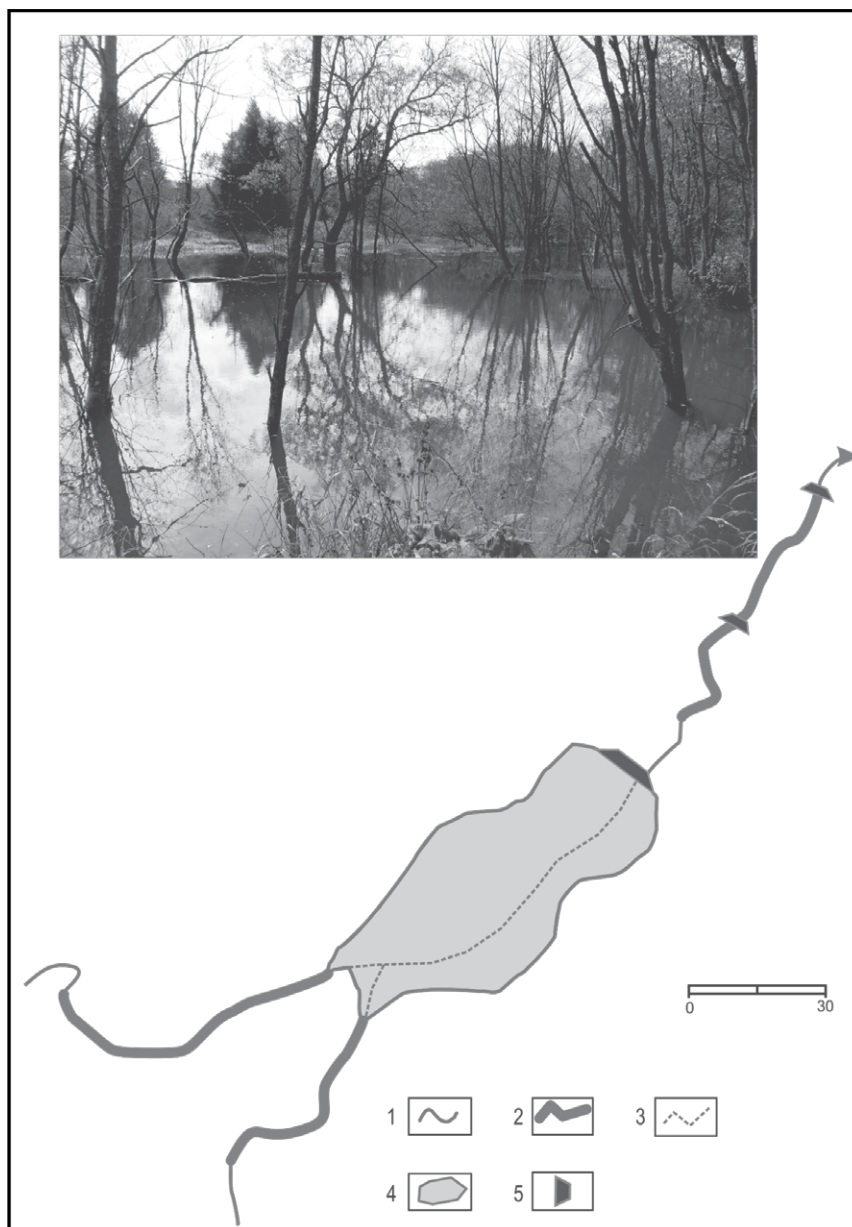
Stanowisko <i>Study site</i>	P - powierzchnia stawu [ha] <i>P - pond area</i>	L - długość linii brzegowej [m] <i>L - shoreline length</i>	K - wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej <i>K - shoreline development index</i>
Cehlanki	0,12	175	1,4
Roztoki	0,17	240	1,6
Biłunkowe Łuzanki	0,03	90	1,5
	0,01	49	1,2
	0,14	239	1,8

dawnego łączenia się dwóch koryt potoków. W ten sposób powstały akwen cechuje się bardziej nieregularnym kształtem, gdyż zajmuje fragmenty dwóch dolin (Ryc. 4).

Powstanie spiętrzeń wody w korytach oraz stawów bobrowych przyczyniło się do wzrostu retencji wód powierzchniowych i gruntowych w obrębie stanowisk bobrowych (Derwich, Mróz 2008). Taka działalność retencyjna nie pozostaje również bez wpływu na morfometrię koryta potoku. Podstawowe wartości, jak szerokość i głębokość potoku, ulegają znacznemu wzrostowi. Podwyższenie stanu wody w miejscach bytowania bobrów uzależnione jest zarówno od intensywności działań zwierzęcia, jak i sezonowych wahań opadów deszczu i intensywności roztopów. Jednakże wartości podwyższenia stanu wody oscylują w obrębie podobnego poziomu, na każdym z badanych stanowisk, osiągając 0,3–0,7 m w miejscach spiętrzenia wody w korycie oraz 1–2 m w stawach bobrowych. Zmianę głębokości i szerokości potoku najłatwiej zaobserwowano na podstawie pomiarów na stanowisku Cehlanki, gdzie w rzeźbie doliny zapisały się wyraźne ślady dawnego poziomu spiętrzonej wody podczas aktywnej działalności bobrów. Wskaźnikami do określenia wcześniejszego stanu wody była linia podcięcia brzegów koryta oraz pokrywający się z nią poziom występowania nor wydrążonych w stromych brzegach, których wejścia zazwyczaj znajdują się pod lustrem wody (Ryc. 5).

Z pomiarów wynika, iż wcześniejszy poziom wody na tym stanowisku sięgał 1–1,7 m, podczas gdy obecnie głębokość potoku nie przekracza kilku cm, maksymalnie osiągając poziom 0,5 m w miejscu spiętrzenia wody przez pozostałości zniszczonej tamy. Podobnie stało się w przypadku szerokości koryta, która obecnie nie przekracza 5 m, natomiast w czasie aktywnej działalności bobrów na tym stanowisku, staw w najszerszym miejscu osiągał 32 m.

Zmianę średniej głębokości i szerokości koryta potoku w odcinkach wolnych od działalności bobrów w stosunku do stawu przedstawiono na wykresach (Ryc. 6, 7).



Ryc. 4. Plan stanowiska w korycie potoku Roztoki.

1 – koryto potoku, 2 – spiętrzenie wody, 3 – dawny przebieg koryta, 4 – staw bobrowy, 5 – tama.

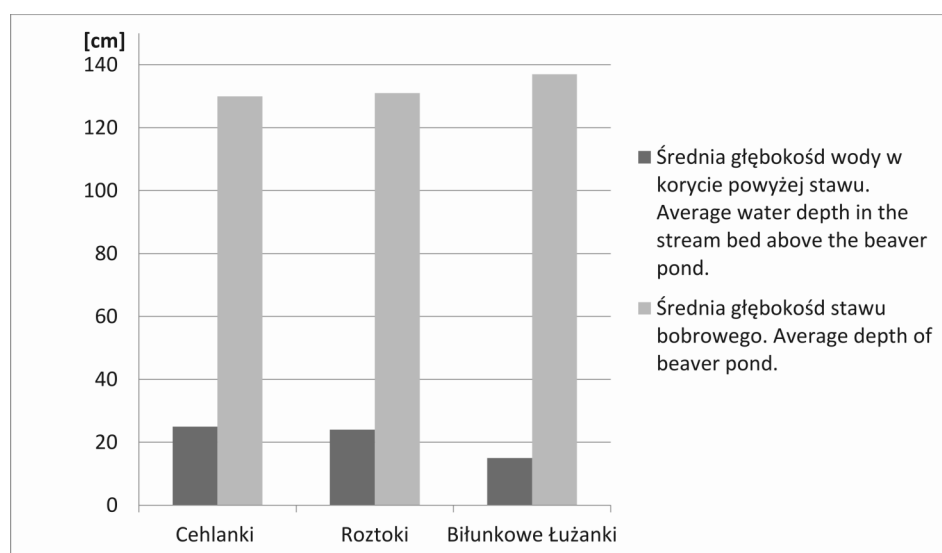
Fig. 4. Plan of the study site Roztoki.

1 – stream channel, 2 – backwater, 3 – former course of channel, 4 – beaver pond, 5 – beaver dam.



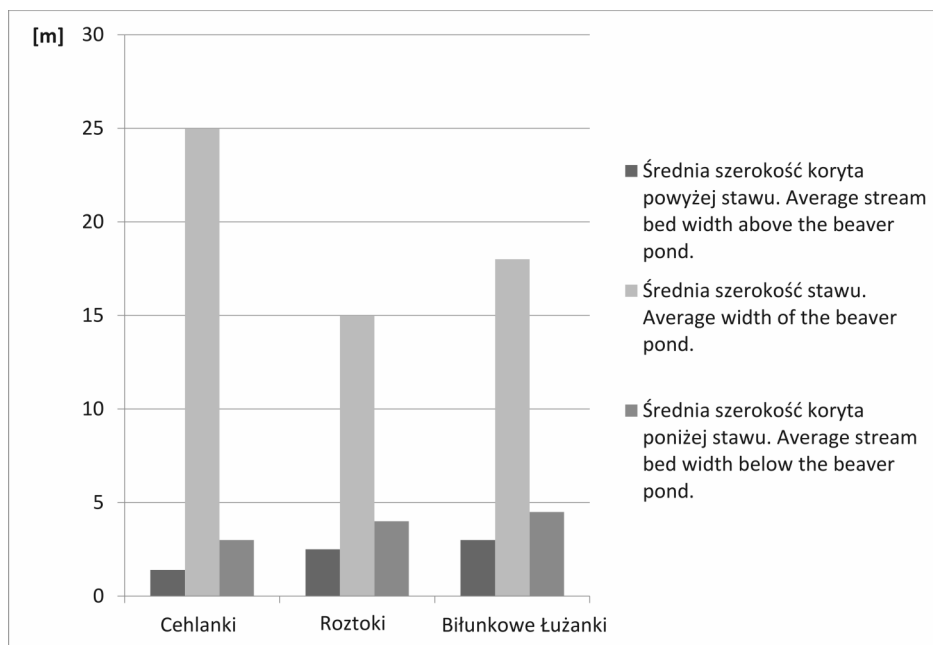
Ryc. 5. Linia podcięcia brzegu wskazuje dawny poziom wody w korycie potoku.

Fig. 5. Line of bank undercut indicates former level of water.



Ryc. 6. Wzrost głębokości wody w potoku na skutek działalności bobrów.

Fig. 6. Increase of water depth in the stream as a result of beaver activity.



Ryc. 7. Wzrost szerokości potoku na skutek działalności bobrów.

Fig. 7. Increase of stream width as a result of beaver activity.

W wyniku powstania stawu bobrowego zmianie ulegają czynniki wpływające na dalsze modelowanie koryta potoku. Znaczne podwyższenie poziomu lustra wody powoduje podtopienie dawnej strefy brzegowej. Zahamowanie przepływu wody znacząco zmniejsza intensywność erozji wgłębnej potoku, tym samym ograniczając proces dalszego pogłębiania koryta. W miejscu procesów związanych z działalnością wody płynącej pojawiają się formy charakterystyczne dla wód stojących. Akumulacja osadów oraz rozmywanie brzegów powoduje wyrównywanie dna doliny, w konsekwencji czego nabiera ona łagodniejszego przebiegu.

Spiętrzenie wody wzmaga proces erozji bocznej, w wyniku czego brzegi koryta potoku ulegają cofaniu. W tym przypadku erozja boczna przybiera postać rozmywania hydraulicznego, powodującego nasiąkanie i osuwanie osadów brzegowych (Klimaszewski 1978). Wzmocnienie erozji brzegów spowodowane jest także wydrążaniem przez bobry licznych nor, które na badanych stanowiskach osiągały 0,5–0,7 m wysokości oraz długość 1–2 m. Osuwanie osadów brzegowych i zwiększenie erozji bocznej następuje również w wyniku udeptywania brzegów w miejscu częstego wychodzenia zwierzęcia na żer.

Na badanych stanowiskach nie stwierdzono występowania tradycyjnego żeremia, jakie często budują bobry w celu schronienia. Jednakże zaobserwowano pełniący jego funkcję system nor i korytarzy podziemnych, wydrążonych w stro-

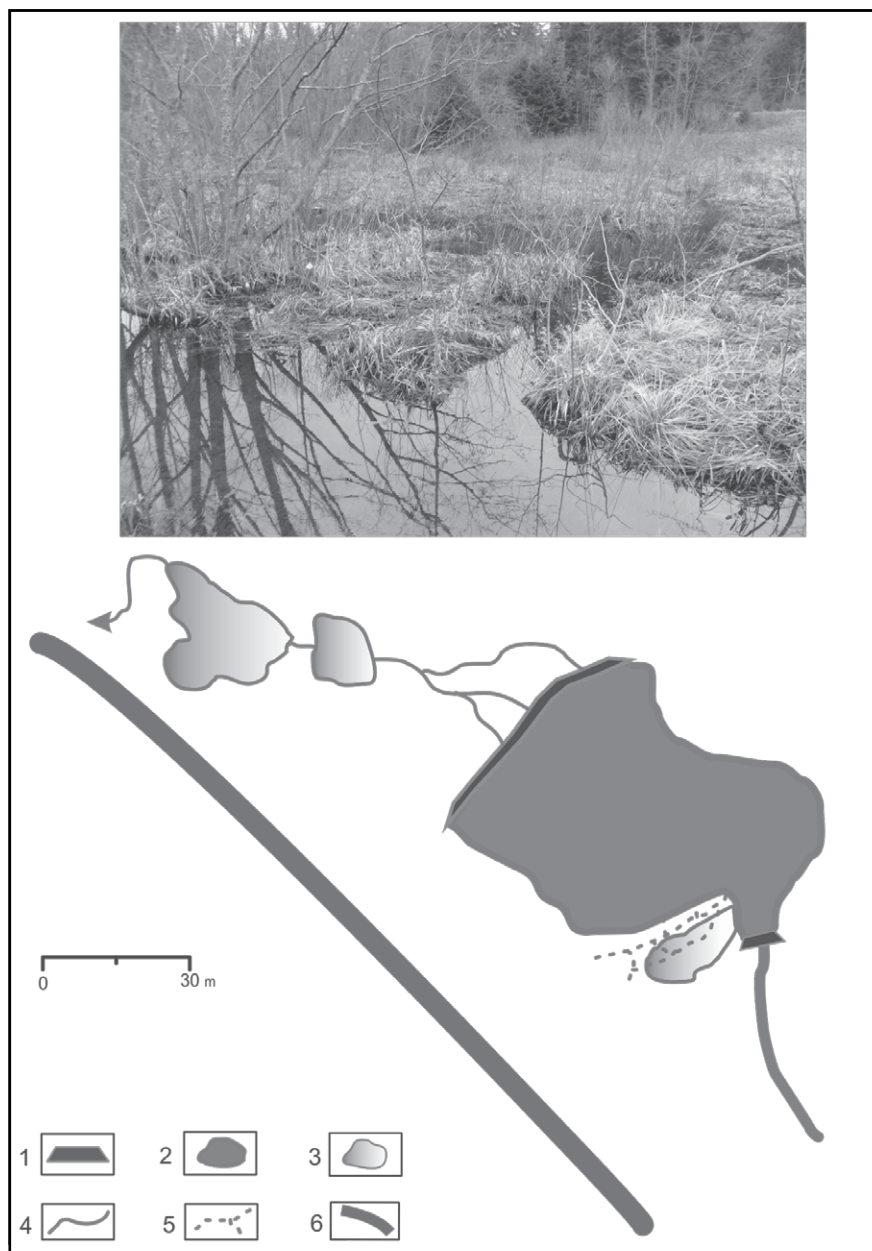
mych odcinkach brzegów wyciętych w miękkich drobnoziarnistych osadach. W środkowym odcinku koryta potoku Biłunkowe Łużanki, w odległości 20 m od największego stawu, występuje podobny system nor, użytkowany obecnie przez bobry. Wejścia do nor usytuowane są w brzegach koryta poniżej lustra spiętrzonej wody. Długość ich korytarzy sięga 2–5 m, a średnica 0,5 m. W końcowym odcinku nory znajduje się otwór umożliwiający bobrom wyjście na zewnątrz.

Opisany wyżej system nor może drenować powierzchnię nawet kilkudziesięciu m² strefy brzegowej, znacznie osłabiając stabilność brzegów koryta. Nory często wypełnione są wodą, która powoduje nadmierne nasiąkanie osadów. Uruchamiają się w ten sposób procesy erozji, lokalnie uaktywniają się także ruchy masowe (osiadanie, osuwanie), co prowadzi do tworzenia się deformacji terenu takich jak zawalone stropy nor, nieckowate zagłębienia oraz rynny (Czech 2007).

Gdy ustabilizuje się poziom wody w stawie i na zalanym obszarze, bobry powiększają powierzchnię swojego żerowiska kopiąc kanały, które napęlniają się wodą. Tworzą one swego rodzaju sieć komunikacyjną, która ułatwia zwierzęciu przedostanie się w bezpieczny sposób do innych części rozlewiska i umożliwia transport pozyskanego drewna (Derwich i in. 2007). Tego typu system kanałów zaobserwowano tylko na jednym spośród badanych stanowisk, w korycie potoku Hnyła, gdzie łączą one staw bobrowy ze znajdującym się przy nim mniejszym rozlewiskiem (Ryc. 8). Szerokość kanałów wynosi średnio 0,5 m, głębokość 0,3 m, a ich długość sięga od kilku do nawet 35 m.

Istotnym skutkiem działalności bobrów z geomorfologicznego punktu widzenia jest także akumulacja osadów na dnie stawu bobrowego, który wraz z tamą stanowi swoistą pułapkę sedymentacyjną. Tempo akumulacji, struktura oraz miąższość takich osadów jest zależna od różnych czynników środowiskowych, które należy bliżej poznać. W literaturze przedmiotu autorzy zwracają uwagę na zróżnicowaną strukturę osadów oraz konieczność określenia ich bilansu akumulacji. Źródłem akumulowanych osadów jest nie tylko materiał mineralny i organiczny niesiony przez wody potoku, ale także materiał mineralny dostarczany podczas kopania przez bobry kanałów i nor (Butler, Malanson 1995). Osady stanowią mieszankę materii organicznej i mineralnej, a procentowa zawartość poszczególnych komponentów jest zróżnicowana zarówno w profilu podłużnym i poprzecznym stawu, jak również w profilu głębokościowym osadów (Gurnell 1998). Na badanych stanowiskach miąższość osadów sięgała 0,2–1,0 m w strefie brzegowej i w głębi stawu. Największa ilość osadów akumulowana jest bezpośrednio przed tamą, gdzie uszczelniają i wzmacniają one jej konstrukcję. Po dłuższym czasie miąższość osadów w tym miejscu może pokrywać się z wysokością tamy.

Po opuszczeniu żerowiska przez bobry, tama ulega uszkodzeniu na skutek rozszczelnienia, co powoduje że woda retencjonowana w stawie przepływa z większą energią, ostatecznie doprowadzając do zniszczenia konstrukcji (Butler, Malanson 2005). Po spłynięciu wody ze stawu dno doliny, którą zajmował, po-



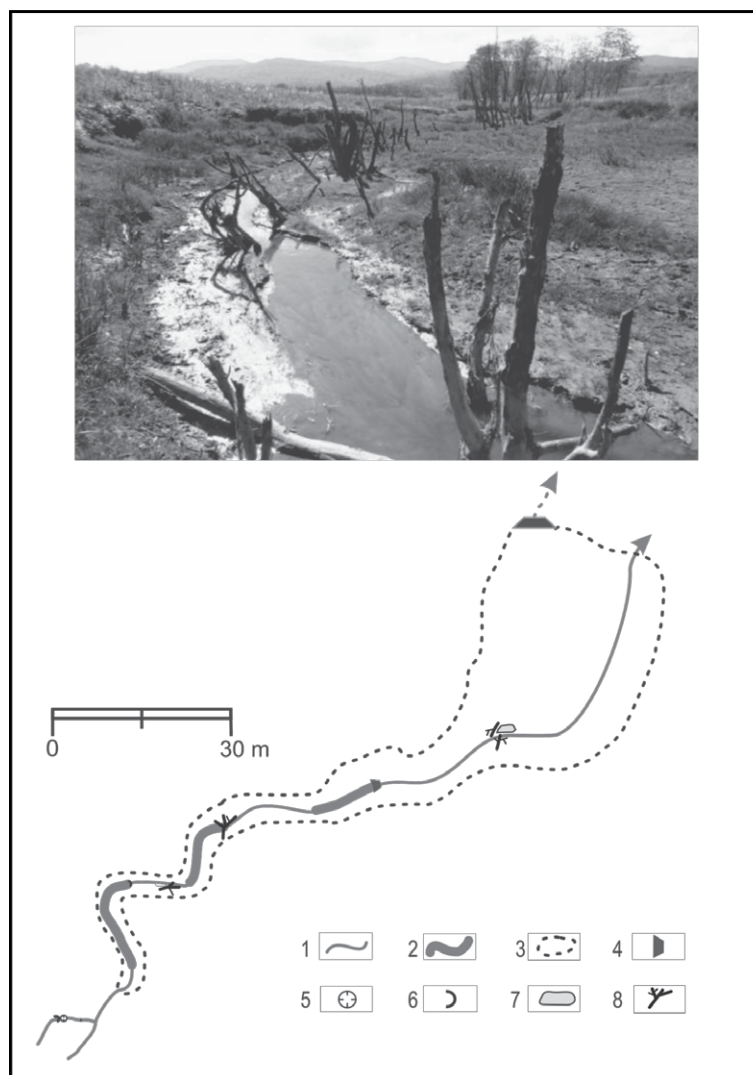
Ryc. 8. Plan stanowiska na potoku Hnyła wraz z fotografią kanałów bobrowych.

1 – tama, 2 – staw bobrowy, 3 – rozlewisko, 4 – koryto potoku, 5 – kanały bobrowe, 6 – droga.

Fig. 8. Plan of the study site on the Hnyła stream with photography of beaver canals.

1 – dam, 2 – beaver pond, 3 – flooded area, 4 – stream channel, 5 – beaver canals, 6 – road.

zostaje płaskie i wyrównane. Powstałe w ten sposób dno doliny ulega procesowi wtórnej sukcesji roślinności i ponownie rozcinane jest przez potok (Ryc. 9).



Ryc. 9. Pozostałości po dawnym stawie bobrowym na stanowisku Cehlanki.

1 – koryto potoku, 2 – spiętrzenie wody, 3 – dawna powierzchnia stawu, 4 – tama, 5 – kocioł eworsyjny, 6 – próg skalny, 7 – łacha boczna, 8 – powalone drzewa istotnie wpływające na zmiany w morfologii koryta.

Fig. 9. The remnants of the beaver pond on the study site Cehlanki.

1 – stream channel, 2 – backwater, 3 – former area of the beaver pond, 4 – beaver dam, 5 – pothole, 6 – step, 7 – alluvial bar, 8 – fallen trees significant for changes in channel morphology.

Wnioski

Kilkunastoletnia działalność bobra europejskiego w dolinie górnego Sanu istotnie wpłynęła na lokalne zmiany w środowisku przyrodniczym tego obszaru. Ponieważ duży fragment doliny górnego Sanu jest prawnie chroniony, populacja bobra europejskiego mogła się w tym miejscu rozwijać niemal bez żadnych przeszkód i presji ze strony człowieka. Czynniki te zaowocowały sporym rozprzestrzenieniem się gatunku i utworzeniem licznych stanowisk bytowania.

Inżynierska działalność bobra europejskiego w dolinie górnego Sanu spowodowała wyraźne zmiany zarówno w środowisku przyrody ożywionej, jak również przyrody nieożywionej. Do zasadniczych przemian geomorfologicznych powstałych na skutek działalności bobrów w dolinie górnego Sanu należy zaliczyć:

- zmniejszenie erozji głębokiej potoków w obrębie spiętrzeń wody, z równoczesnym wzrostem erozji bocznej brzegów koryta,
- akumulację osadów dennych w stawach,
- zmiany w strukturze i morfologii den dolin i koryt potoków.

Powyższe skutki działalności bobrów świadczą o tym, iż gatunek ten, pomimo swojej instynktownej aktywności, mającej na celu przystosowanie środowiska do własnych potrzeb, powoduje również zmiany w lokalnej rzeźbie terenu. Na skutek tych zmian powstają nowe formy takie jak: płaskie dna dolin, nowe koryta potoków, systemy kanałów bobrowych czy brzegi zdrenowane przez system nor.

W perspektywie dalszych badań istotne wydaje się być bliższe poznanie tempa akumulacji oraz struktury osadów w stawach bobrowych. Pośrednim skutkiem aktywności bobrów, którego znaczenie środowiskowe nadal nie zostało dokładnie zbadane, jest określenie roli drzew powalonych do koryta i ich wpływu na morfologię koryt potoków.

Literatura

- Butler D. 1991. Beavers as Agents of Biogeomorphic Change: A Review and Suggestions for Teaching Exercises. *Journal of Geography* 90: 210–217.
- Butler D., Malanson G. 1995. Sedimentation rates and patterns in beaver ponds in a mountain environment. *Geomorphology* 13: 255–269.
- Butler D., Malanson G. 2005. The geomorphic influences of beaver dams and failures of beaver dams. *Geomorphology* 71: 48–60.
- Choiński A. 2007. *Limnologia fizyczna Polski*. Wydawnictwo naukowe UAM, Poznań, 547 ss.
- Czech A. 2007. Krajowy plan ochrony gatunku. Bóbr europejski (*Castor fiber*). Kraków, 46 ss.
- Derwich A., Mróz I. 2008. Bóbr europejski *Castor fiber* L. 1758 jako czynnik wspomagający renaturyzację siedlisk nad górnym Sanem. *Studia i materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej* 10: 173–183.

- Derwich A., Mróz I. 2009. Rozwój populacji bobra europejskiego *Castor fiber* nad górnym Sanem (Bieszczadzki Park Narodowy) w latach 1993–2009. *Roczniki Bieszczadzkie* 17: 283–306.
- Derwich A., Brzuski P., Hędrzak M. 2007. Bóbr w biotopach Bieszczadów Wysokich. *Zespół Metod i Organizacji Hodowli Zwierząt Gospodarskich i Wolno Żyjących*, Kraków, 112 ss.
- Gurnell A. 1998. The hydrogeomorphological effects of beaver dam-building activity. *Progress in Physical Geography* 22: 167–189.
- Haczewski G., Kukulak J., Bąk K. 2007. Budowa geologiczna i rzeźba Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Wydawnictwo Naukowe AP, Kraków, 154ss.
- Klimaszewski M. 1978. Geomorfologia. PWN, Warszawa, 1098 ss.
- Krzemień K. (ed.) 1999. River channel – pattern, structure and dynamics. *Prace Geograficzne IGUJ* 104: 9–26.
- Mróz I. 2010. Zmiany składu gatunkowego flory w strefie przybrzeżnej cieków wodnych Bieszczadzkiego Parku Narodowego jako efekt działalności bobra europejskiego *Castor fiber* L. *Roczniki Bieszczadzkie* 18: 91–111.
- Woo M., Waddington J. 1990. Effects of Beaver Dams on Subarctic Wetland Hydrology. *Arctic* 43: 223–230.
- Żurowski W. 1992. Building activity of beavers. *Acta theriologica* 37: 403–411.

Summary

Reintroduction of the European beaver in the Bieszczady National Park was carried out to restore the historical range of occurrence of this species and to support process of renaturalisation along upper valley of the San River. Beaver's activity stimulated environmental changes such as an increase of biodiversity, as well as changes in hydrology and geomorphology of streams.

To the most significant changes in relief of the stream channels caused by beaver's activity we can include:

- increase of water retention in the stream through the formation of ponds and backwaters,
- inhibition of channel erosion with a simultaneous increase of bank erosion,
- accumulation of fine-grained sediments in the beaver pond,
- changes in structure and morphology of the stream channel.

The primary geomorphologic effects of beaver are connected with dam building. Dams are constructed primarily of wood and mud. Their size on study sites was within the range 2–56 m of length and 0.5–2.0 m of height. A sequence of beaver dams and ponds along a stream slows the flow velocity, reducing erosion of channel and the carrying power of the stream, which causes accumulation of sediments and organic matter at the bottom of the pond. Beaver dam may also regulate the pond outflow into new stream flowing in other direction creating a new channel.

Beavers live in excavated bank burrows along the stream. The usual height of the burrow is 50 cm and the length about 1–2 m. Beavers also create system of canals which are used for a transport of food and for safety movement around the pond. During the construction of canals and bank burrows beavers introduce sediments into the pond.

However, no one knows what is the rate of sediment accumulation and what is their structure. This suggests that in the future a mass balance study of sediments input and output should be carried out. Other effect of beaver activity which has not yet been examined is the role of trees fallen into the channel.