

## Infectious and parasitic threats for European bison (*Bison bonasus*) in the 20<sup>th</sup> century

Krzysiak M.K.<sup>1,2</sup>, Bołbot M.<sup>1</sup>, Jabłoński A.<sup>4</sup>, Larska M.<sup>3</sup>, Białowieża National Park<sup>1</sup>, Department of Epizootiology and Clinic of Infectious Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, University of Life Sciences in Lublin<sup>2</sup>, Department of Virology<sup>3</sup> and Department of Swine Diseases<sup>4</sup>, National Veterinary Research Institute in Puławy.

This article purpose was to give an overview of the European bison health surveillance in Poland. At the beginning of the 20<sup>th</sup> century, the European bison population was on the verge of extinction. Thus, the major aim of the species restitution was the health protection, especially in terms of infectious and invasive diseases. Historically, there were two major diseases recognized as the important health and life threat for European bison: contagious bovine pleuropneumonia, caused by *Mycoplasma mycoides* and hemorrhagic septicemia for which *Pasteurella multocida* was responsible. In the eighties, high seroprevalence for *Coxiella burnetii* was reported in bisons in the Borecka Forest. It has been soon followed by spreading of the pathogen and cases of Q fever identified in humans. Important health problem for European bison, especially in animals which are bred in Bieszczady region, is bovine tuberculosis caused by *Mycobacterium bovis* and *M. caprae*. In male bisons from Białowieża Forest, necrotic balanoposthitis presents significant health threat. In 1950s, foot and mouth disease caused high losses in European bison, resulting in depopulation of this species. Endoparasites, identified as dominant in bison during past 100 years, include: *Fasciola hepatica*, *Dictyocaulus viviparus*, gastrointestinal nematodes, *Moniezia* spp., *Oesophagostomum* spp. and *Trichocephalus ovina*.

**Keywords:** European bison, infectious diseases, parasitic diseases.

Żubr europejski (*Bison bonasus*) jest współcześnie żyjącym, największym wolno żyjącym ssakiem lądowym Europy. Samce osiągają masę ciała 700–800 kg (maks. 920 kg), samice zaś 400–500 kg (maks. 640 kg). Żubry zaliczają się do parzystokopytnych przeżuwaczy, rodziny krętorogich Bovidae (1). Na początku ubiegłego tysiąclecia żubry nizinne występowały powszechnie w rozległych lasach pokrywających ówczesną Europę i stanowiły wysoko ceniony łup myśliwski. W XI w. występowanie żubrów ograniczone było do dużych kompleksów leśnych. W XV w. żubry w Polsce można było spotkać w Puszczy Białowieskiej, Niepołomickiej i kompleksach leśnych wokół Sandomierza. W Europie żubry przetrwały do XII w. w Szwecji, XIV w. we Francji i XVIII w. w Prusach Wschodnich i Siedmiogrodzie, gdzie występowały żubry kaukaskie (2). Pomimo że

## Zakaźne i inwazyjne zagrożenia zdrowia i życia żubrów (*Bison bonasus*) w XX wieku

Michał K. Krzysiak<sup>1,2</sup>, Magdalena Larska<sup>3</sup>, Artur Jabłoński<sup>4</sup>, Małgorzata Bołbot<sup>1</sup>

z Białowieskiego Parku Narodowego<sup>1</sup>, Katedry Epizootologii i Kliniki Chorób Zakaźnych Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Lublinie<sup>2</sup>, Zakładu Wirusologii Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach<sup>3</sup> i Zakładu Chorób Świń Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach<sup>4</sup>

w 1538 r. Zygmunt I Stary ustanowił prawo o ochronie lasów i zwierzyny, grożące karą śmierci tym, którzy odważyliby się ubić żubra bez zezwolenia królewskiego, a jego syn Zygmunt August ogłosił w 1557 r. ustawę nakazującą rewizorom leśnym wysiedlanie z Puszczy Białowieskiej osad strzelców, liczebność żubrów malała i zawężał się obszar ich bytowania (3). Na początku XIX w. istniały już tylko dwie naturalne populacje żubrów: w Puszczy Białowieskiej – nizinnych i na Kaukazie – górskich. Przyczyny tego należy upatrywać w kurczeniu się obszaru lasów mieszanych i liściastych – ostoż żubrów. Współcześnie żyjące żubry zaliczamy do dwóch linii, tj. nizinnej, określanej również jako białowieska, oraz nizinno-kaukaskiej (2). Od 1915 r., czyli od wkroczenia wojsk niemieckich do Puszczy Białowieskiej, do 1919 r. w wyniku konfliktu zbrojnego, jakim była I wojna światowa, zostały w niej zabite wszystkie wolno żyjące żubry nizinne. W 1927 r. ekspedycja naukowa stwierdziła również, że w górach Kaukazu nie występują już wolno żyjące żubry górskie (1, 4).

Kiedy zapadły decyzje o próbie ratowania gatunku, okazało się, że na świecie żyją tylko 54 żubry obydwu gatunków. Ostatecznie grupę założycielską stanowiło 12 żubrów, które dały początek linii nizinno-kaukaskiej, ze względu na domieszkę krwi żubra górskiego, oraz tylko 7 żubrów czystej krwi białowieskiej, od których wywodzi się dzisiejsza linia nizinna (5). Po II wojnie światowej populacja żubrów w Polsce systematycznie rosła, oprócz okresu zahamowania wzrostu/spadku liczebności w drugiej połowie lat 80. minionego stulecia, co spowodowane było prawdopodobnie przez próby stabilizacji wielkości populacji poprzez odstrzały selekcyjno-redukcyjne głównie młodych osobników (1) oraz konieczność eliminacji samców, u których doszło do pojawienia się pierwszych przypadków martwiczego (nekrotycznego) zapalenia napletka (6; ryc. 1). Zaobserwowano również dwa okresy depopulacji żubrów: w latach 1953–1954 związany z wystąpieniem pryszczycy

w rezerwacie gorczańskim (śmierć całego pogłowia), Pszczynie i Niepołomicach (6) oraz w 1996 r. gruźlicy u żubrów w Bieszczadach (7), kiedy doszło do eliminacji 18 zwierząt chorych i podejrzanych ze stada w Brzegach Dolnych (8).

W związku z faktem, że na początku XX w. populacja żubra znalazła się na skraju zagłady, każdy osobnik był niezwykle cenny, dlatego jednym z głównych aspektów restytucji żubrów była i jest ochrona ich zdrowia realizowana przez lekarzy weterynarii, szczególnie pod kątem zagrożenia chorobami zakaźnymi oraz inwazyjnymi. Najlepszym sposobem kontrolowania stanu zdrowia jest diagnostyka sekcyjna, podczas której można także zabezpieczyć materiał do dodatkowych badań laboratoryjnych i retrospektywnych.

### Zakażenia bakteryjne zagrażające populacji żubrów

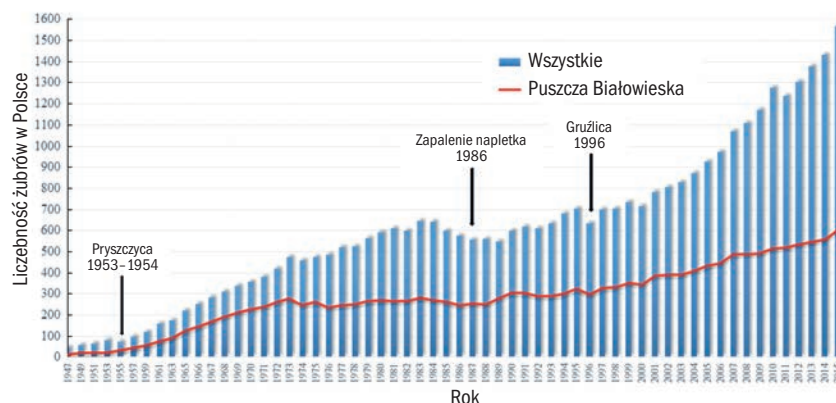
Żubr jako atrakcyjny gatunek łowny był chroniony już od czasów, kiedy Puszcza Białowieska znajdowała się w granicach Wielkiego Księstwa Litewskiego, później Królestwa Polskiego, Rzeczypospolitej Obojga Narodów, a także Imperium Rosyjskiego. Konrad Wróblewski, lekarz weterynarii i opiekun żubrów na przełomie XIX i XX w., opisuje w swojej pracy „Żubr Puszczy Białowieskiej” (4) dwie jednostki chorobowe, które w tamtym okresie nie były jeszcze dokładnie poznane ze względu na ówczesną wiedzę z zakresu medycyny weterynaryjnej. Z opisów dostępnych we wspomnianej książce wynika, że pierwszą była zaraza płucna bydlą wywoływana przez *Mycoplasma mycoides*, zaś drugą zaraza bydlą i dziczyzny, której czynnikiem etiologicznym jest *Pasteurella multocida* (6).

W latach 1985–1988, w związku z wystąpieniem gorączki Q u zwierząt domowych w ówczesnym województwie olsztyńskim, metodami OWD i odczynem mikroaglutynacji przebadano surowice 47 żubrów pochodzących z hodowli wolnej w Puszczy Boreckiej, znajdującej się

w tym czasie pod administracją Białowieckiego Parku Narodowego (9). Wysoka seroprewalencja (76,5%) i miana przeciwciał (sięgające 1:128) przeciwi *Coxiella burnetii*, stwierdzone u żubrów wskazywały, że mogą one stanowić potencjalne źródło zakażenia gorączką Q dla ludzi i innych zwierząt. Przeciwciała przeciwo *Coxiella burnetii* stwierdzone zostały również u 10,2% przebadanych pracowników Białowieckiego Parku Narodowego, zajmujących się obsługą żubrów.

Jedną z najgroźniejszych chorób o podłożu bakteryjnym, która stanowi wciąż aktualny problem w polskich populacjach żubrów, mogąca prowadzić do ich depopulacji (ryc. 1) jest gruźlica bydłeca wywołana przez kwasooporne prątki bydłecy *Mycobacterium bovis* i *M. caprae* (10). Problem zakażeń i zachorowań na gruźlicę dotyczy przede wszystkim wolno żyjącej populacji żubrów w Bieszczadach (7, 11) oraz hodowli zamkniętych, np. w Ośrodku Hodowli Żubrów w Smardzewicach (12). Żubry są bardzo wrażliwe na zakażenia prątkiem, a jedynym postępowaniem w przypadku pozytywnego wyniku podczas przyżyciowej diagnostyki w kierunku gruźlicy jest eliminacja zakażonych osobników. Żubr jest gatunkiem chronionym i wciąż zagrożonym wyginięciem, także w przypadku wystąpienia choroby zakaźnej z listy Światowej Organizacji Zdrowia Zwierząt (OIE) władze, które wydają decyzje administracyjne zezwalające na eliminację osobników chorych i podejrzanych o choroby, w tym gruźlicę, powinny się opierać na opiniach lekarzy weterynarii. W wyniku takiego postępowania, po wykryciu gruźlicy w Bieszczadach w 1996 r. i rozpoczęciu eliminacji żubrów chorych oraz podejrzanych o chorobę, zaczęto zwalczanie tej zoonozy niebezpiecznej zarówno dla zwierząt, jak i ludzi. Jednakże w oparciu o emocje i nastroje społeczne wstrzymano następnie wykonanie decyzji o eliminacji i dlatego prawdopodobnie problem zakażeń i zachorowań na gruźlicę bydłecą u żubrów powrócił w 2008 r. (13).

Na szczególną uwagę zasługuje występujące enzootycznie u samców żubrów w Puszczy Białowieckiej martwicze zapalenie napletka i żołądźci prącia (*necrotic balanoposthitis*; ryc. 2). Dokładna etiologia tej jednostki chorobowej dotychczas nie została poznana, niemniej ze zmian martwiczo-ropnych na napletku izolowane były bakterie, takie jak *Fusobacterium necrophorum* i *Spherophorus necrophorus*. Niekiedy wśród czynników wywołujących zapalenie napletka wymienia się również bakterie z rodzajów *Corynebacterium* spp., *Bacillus* spp., koagulazoujemne *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa* i *Echerichia coli*. Zmiany sekcyjne choroby są patognomiczne, obejmują



Ryc. 1. Kształtowanie się liczebności populacji żubrów w Polsce (niebieskie słupki) i Puszczy Białowieckiej (czerwona linia) w latach 1947–2015 (Księga Rodowodowa Żubrów). Oznaczono również przypadki wystąpienia chorób i daty ich wykrycia, które spowodowały istotny spadek liczebności populacji

napletek oraz żołądź prącia i mogą prowadzić do autoamputacji zmienionych chorobowo męskich zewnętrznych narządów płciowych (14). Kita i Anusz (15) przeprowadzili monitoring serologiczny wybranych chorób bakteryjnych układu moczowo-płciowego. Seroprewalencja *Chlamydia psittaci* wyniosła 45,1%, a dla *Leptospira* spp. 21,3%. Jednak niskie miana przeciwciał wskazywały raczej na kontakt żubrów z tymi patogenami niż na ostre zakażenia. U badanych żubrów nie stwierdzono przeciwciał przeciwo *Coxiella burnetii* i *Brucella abortus*.

### Zakażenia wirusowe zagrażające populacji żubrów

Lata 50. XX w. to wybuch epizootii pryszczycy w Polsce. Żubry okazały się bardzo wrażliwe na zakażenie wirusem pryszczycy (EMDV), co spowodowało depopulację tego gatunku (ryc. 1) i przyczyniło się do niemal całkowitej likwidacji ośrodków

hodowlanych w Pszczynie, Niepołomicach i Gorcach (6).

W latach 80. ubiegłego wieku podczas monitoringowych badań serologicznych żubrów z populacji wolnej Puszczy Białowieckiej pojedyncze zwierzęta posiadały przeciwciała przeciwo wirusowi enzootycznej białaczki bydła (BLV) oraz herpeswirusowi bydłecemu typu 1 (BoHV-1) powodującemu zakażne zapalenie nosa oraz tchawicy i otręt bydła (IBR/IPV; 15). Nie odnotowano jednak zachorowań na te jednostki chorobowe u badanych żubrów. Co więcej, pomimo stwierdzenia przeciwciał swoistych przeciwo BoHV-1 u samców żubrów z objawami *balanoposthitis*, badaczom nie udało się wyizolować wirusa. Borchers i wsp. (16) opisali jedynie izolację BoHV-1 ze śledziony pięciomiesięcznego cielęcia żubra płci żeńskiej eliminowanego w sezonie zimowym 1997/1998. Jednakże nie znaleziono powiązania między zakażeniem cielęcia a zachorowaniami samców na zapalenie napletka. W kolejnych badaniach



Ryc. 2. Puszcza Białowiecka, samiec *Bison bonasus* z kliniczną postacią martwiczego zapalenia napletka i żołądźci prącia z objawami utrudnionego oddawania moczu (fot. Łukasz Mazurek)



prowadzona była diagnostyka wirusologiczna w kierunku BoHV-1 i BVDV jako potencjalnych przyczyn *balanoposthitis*, jednakże nie przyniosła ona oczekiwanych rezultatów, gdyż w próbkach pochodzących od eliminowanych żubrów, w tym także z klinicznymi objawami zapalenia napletka, nie znaleziono specyficznych immunoglobulin dla tych patogenów (16, 17). Dodatkowo Rypuła i wsp. (17) na podstawie badań serologicznych wykluczyli udział bydłęcych alfa herpeswirusów, do których należy BoHV-1, w etiologii zapalenia napletka. Podczas oceny rozprzestrzenienia wybranych patogenów u żubrów eliminowanych w Puszczy Białowieskiej w latach 1992–2002 nie stwierdzono również swoistych przeciwciał przeciwko BoHV-1 i FMDV, a jedynie przeciwko BVDV (29,5%) oraz PIV-3 (13,9%), co sugerowało możliwość transmisji tych zakaźników od zwierząt domowych, które są ich rezerwuarem (18).

### Inwazje pasożytnicze zagrażające populacji żubrów

Parazytofauna żubra jest dość dobrze poznana i opisana, ponieważ inwazje pasożytnicze są powszechne i łatwe w diagnostyce terenowej, polegającej na badaniach koprokopowych, a także możliwe do zaobserwowania podczas sekcji zwłok, gdyż nie wymagają takiego wyposażenia, jak chociażby badania wirusologiczne. W trakcie badania pośmiertnego najłatwiejsza do zaobserwowania, a jednocześnie najczęściej powodująca zachorowania z objawami klinicznymi jest inwazja *Fasciola hepatica* (19). Ze względu na podmokły charakter Puszczy Białowieskiej, a także obecność żywiciela pośredniego *Galba truncatula*, ekstensywność inwazji u eliminowanych żubrów jest wysoka. Inną przywrą, którą niekiedy spotyka się w przedżołądkach żubrów, jest *Paraphistomum cervi*. Jej inwazja jest jednak zazwyczaj bezobjawowa (20). Najczęściej spotykane nicienie płucne żubrów to pasożyty z rodzaju *Dictyocaulus*, zaliczane do gatunku *Dictyocaulus viviparus*. Inwazja raczej nie obejmuje wszystkich osobników, a na uwagę zasługuje fakt, że występują one enzoootycznie w Puszczy Białowieskiej (21). U przeżuwaczy sama inwazja nie ma znaczącego wpływu na stan zdrowia, ale uszkodzenia oskrzelików predysponują do wtórnych zakażeń, a w przypadku zaczerwienia światła oskrzelików mogą towarzyszyć im ogniska rozedmy i/lub niedodmy, co może manifestować się w obrazie klinicznym (22).

Nicienie żołądkowo-jelitowe to kolejna grupa pasożytów, na inwazje których żubry są wrażliwe. Dotychczas stwierdzono ok. 20 gatunków należących do rodzajów: *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Spiculopteria*,

*Teladorsagia*, *Cooperia*, *Haemochus* i *Nematodirus* (23). Pasożyty te charakteryzują się prostym rozwojem i są powszechne u wolno żyjących żubrów oraz tych z hodowli zamkniętych. W 2000 r. w Puszczy Białowieskiej u żubra eliminowanego na wolności stwierdzono po raz pierwszy inwazję obcym nicieniem *Ashworthius side*mi występującym u azjatyckich jeleniowatych (24). Po raz pierwszy nicienia tego stwierdzono w Polsce u bieszczadzskich żubrów w 1997 r., a następnie również u jeleniowatych na tym terenie (25). Ponieważ żubry są zwierzętami nieudomowionymi, które trudno poddać badaniu klinicznemu bez immobilizacji, brak jest dowodów na manifestowanie inwazji *Ashworthius side*mi z objawami ze strony przewodu pokarmowego u zarażonych żubrów.

U młodych osobników w jelicie cienkim pasożytować mogą tasiemce z rodzaju *Moniezia* spp., a także nicienie jelita grubego z rodzaju *Oesophagostomum* i *Trichocephalus ovina*. Jednak w badanych przyżyciowo i pośmiertnie żubrów są one niezwykle rzadko obserwowane i mają ograniczone znaczenie kliniczne (26).

### Zagrożenia genetyczne dla populacji żubrów

Ponad 90 lat temu populacja żubrów została znacznie ograniczona, a pula genu *Bison bonasus* przeszła przez tzw. wąskie gardło (bottleneck). Wszystkie obecnie żyjące żubry wywodzą się jedynie od 12 osobników. Większość żubrów, które bytują na terytorium Polski, to żubry nizinne, zaś populacja bieszczadzka zaliczana jest do linii nizinno-kaukaskiej. Większość genów (80%) w linii białowieskiej (nizinnej) pochodzi od pary założycielskiej (42 PLANTY i 45 PLEBEJERA), zaś w linii nizinno-kaukaskiej w 40% (2). Nie bez znaczenia prawdopodobnie pozostaje fakt, że cała obecnie żyjąca populacja żubrów pochodzi od zwierząt utrzymywanych w XX w. w niewoli. Mniejszy zasób genów to zwiększony poziom inbrodu, mniejsza zmienność genetyczna (5) i prawdopodobnie zwiększona podatność na zachorowania na niektóre choroby, których podłoże może mieć związek z niedoborami w układzie odpornościowym (27). Linia nizinna utrzymywana jest jako linia zamknięta, natomiast linia nizinno-kaukaska jest otwartą z uwagi na możliwość połączenia jej z linią nizinną, przez co nastąpiłoby wzbogacenie puli genowej potomnych osobników (5).

Innym zagrożeniem genetycznym dla populacji żubrów są bizoni amerykańskie, z którymi mogą się krzyżować i dawać płodne potomstwo (28). Komercjalizacja hodowli bizonów w Europie spowodowała to, że prywatne osoby chętnie decydują

się na utrzymywanie bizonów w warunkach fermowych w celach zarobkowych (ekspozycja, mięso, skóry, trofea). Hodowle takie stanowią zagrożenie dla czystości genetycznej żubra i ograniczają możliwości rozwoju hodowli wolnych i półwolnych w Polsce i Europie. Ze względu na bliskie pokrewieństwo, bizon amerykański stanowi dla żubra europejskiego również zagrożenie epizootyczne.

### Podsumowanie

Hodowla restytucyjna gatunków zagrożonych takich jak żubr wymaga stałego monitoringu ich zdrowia, prowadzonego przyżyciowo oraz po śmierci, zarówno samoistnej, ale także, a w zasadzie przede wszystkim po eliminacji ze względu na zły stan ogólny i podejrzenie o chorobę. Ma to istotne znaczenie dla ochrony zdrowia tego zagrożonego gatunku, a także pozwala na kontrolowanie zakażeń wirusowych i bakteryjnych oraz inwazji pasożytniczych, które mogą stanowić niebezpieczeństwo również dla zdrowia zwierząt hodowlanych, gdyż żubry wolno żyjące mogą być rezerwuarem patogenów. Rozważając problematykę zachorowań na choroby zakaźne i inwazyjne, powinno się rozpatrywać je w trzech aspektach (tzw. trójkąt epidemiologiczny: zwierzę–środowisko–patogen). Przy analizowaniu sytuacji epizootycznej i epidemiologicznej należy brać pod uwagę interakcje pomiędzy środowiskiem przyrodniczym, w którym znajdują się zwierzęta wolno żyjące, a zwierzętami domowymi utrzymywanymi jako gospodarskie i towarzyszące. Istotnym komponentem środowiskowym będzie również dostęp do kompetentnych wektorów danego drobnoustroju. W przypadku oddziaływania na środowisko, pod uwagę należy wziąć także ludzi, którzy są wrażliwi na niektóre patogeny stwierdzane u zwierząt, sami mogą stanowić źródło zakażeń lub być wektorem czynników zakaźnych i inwazyjnych. Dlatego też nie bez znaczenia są interakcje pomiędzy ludźmi a zwierzętami wolno żyjącymi i domowymi, gdyż właśnie człowiek może stanowić źródło zachorowań, będąc nosicielem lub biernie przenosząc patogeny (29). Toteż w przypadku wystąpienia epizootii, przy zwalczaniu choroby zakaźnej należy prowadzić monitoring zarówno w populacjach zwierząt domowych, ale i nieudomowionych, zarówno wolno żyjących, jak i utrzymywanych w niewoli i nie zapominać o potencjalnej roli człowieka jako wektora. W przypadku, gdy czynnik chorobotwórczy stwierdzony w populacji zwierząt jest potencjalną zoonozą, należy także zwrócić uwagę na stan zdrowia ludzi, a zwłaszcza personelu zajmującego się obsługą zwierząt, w tym

lekarzy weterynarii. Odpowiednia selekcja chorych żubrów może istotnie przyczynić się do poprawy statusu epizootycznego tych zwierząt. Celowym działaniem ochronnym w hodowli restytucyjnej żubrów wydaje się również utrzymywanie zamkniętych ośrodków hodowlanych, które dzięki przestrzeganiu procedur weterynaryjnych stanowią rezerwę genetyczną najcenniejszych osobników, rodowodowych żubrów o znanym pochodzeniu.

## Piśmiennictwo

- Kraśnińska M., Kraśniński Z.A.: *Żubr*. Monografia Przyrodnicza. SFP Hajstra. Warszawa–Białowieża 2004.
- Dackiewicz J.: 80 lat restytucji żubra w Puszczy Białowieskiej. *European Bison Conservation Newsletter* 2009, **2**, 123–128.
- Karcow G.: *Puszcza Białowieska. Zarys historii, współczesne gospodarstwo lewicy i polowania panujących w Puszczy*. Pracownia artystyczna A.F. Marksa., Sankt Petersburg 1923.
- Wróblewski K.: *Żubr Puszczy Białowieskiej*. ZOO Garden Poznań 1927.
- Olech W.: *Wpływ inbrodu osobniczego i inbrodu matki na przeżywalność cieląt żubra (Bison bonasus L.)*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2003.
- Kita J., Anusz K.: Choroby zakaźne żubrów w latach 1910–1988. W: *Zagrożenia stanu zdrowia żubrów ze szczególnym uwzględnieniem wolnych populacji w Polsce*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2006, 17–26.
- Żórawski C., Lipiec M.: Przypadek uogólnionej gruźlicy u żubra. *Med. Weter.* 1997, **53**, 90–92.
- Welz M., Anusz K., Salwa A., Zaleska M., Bielecki W., Osińska B., Kaczor S., Kita J.: Gruźlica u żubrów w Bieszczadach. *Med. Weter.* 2005, **61**, 441–444.
- Ciecierski H., Anusz K., Borko K., Anusz Z., Tsakalidis S.: Występowanie przeciwciał anty *Coxiella burnetii* u zwierząt wolno żyjących w ogniskach gorączki Q w latach 1985–1988. W: *Zagrożenia stanu zdrowia żubrów ze szczególnym uwzględnieniem wolnych populacji w Polsce*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2006, 65–69.
- Żórawski C., Lipiec M.: Infekcja *Mycobacterium bovis* u żubra. *Med. Weter.* 1998, **54**, 178–180.
- Krajewska M., Zabost A., Welz M., Lipiec M., Orłowska B., Anusz K., Brewczyński P., Augustynowicz-Kopeć E., Szulowski K., Bielecki W., Weiner M.: Transmission of *Mycobacterium caprae* in a herd of European bison in the Bieszczady Mountains, Southern Poland. *Eur. J. Wildl. Res.* 2015, **61**, 429–433.
- Krajewska M., Orłowska B., Anusz K., Welz M., Bielecki W., Wojciechowska M., Lipiec M., Szulowski K.: Gruźlica bydłowa w hodowli żubrów w Smardzewicach. *Zycie Wet.* 2016, **91**, 50–53.
- Krajewska M., Welz M., Brewczyński P., Orłowska B., Anusz K.: Gruźlica bydłowa w bieszczadzkiej populacji żubrów. *Zycie Wet.* 2014, **89**, 148–151.
- Kita J., Dziąbka K., Piusiński W., Anusz K., Lenartowicz Z., Kowalski B., Kraśniński Z., Krupa J., Leśniewski S.: A disease of genital organs of free-roaming male European bison in the Białowieża Primeval Forest (Poland). *Med. Weter.* 1990, **46**, 474–476.
- Kita J., Anusz K.: Serologic survey for bovine pathogens in free-ranging European bison from Poland. *J. Wildl. Dis.* 1991, **27**, 16–20.
- Borchers K., Brackmann J., Wolf O., Rudolph M., Glatzel P., Krasinska M., Krasinski Z.A., Frölich K.: Virologic investigations of free-living European bison (*Bison bonasus*) from the Białowieża Primeval Forest, Poland. *J. Wildl. Dis.* 2002, **38**, 533–538.
- Rypuła K., Krasinska M., Kita J.: The occurrence of alpha-herpesvirus and pestivirus infections in European bison (*Bison bonasus*) in the Białowieża Primeval Forest. *European Bison Conservation Newsletter*. 2011, **4**, 89–94.
- Salwa A., Anusz K., Arent Z., Paprocka G., Kita J.: Seroprevalence of selected viral and bacterial pathogens in free-ranging European bison from the Białowieża Primeval Forest, [Poland]. *Pol. J. Vet. Sci.* 2007, **10**, 19–23.
- Demiaszkiewicz A.W.: Helminity i wywołane przez nie helmintozy dzikich przeżuwaczy. *Kosmos*. 2005, **54**, 61–71.
- Drózd J.: A study on helminths and helminthiases in bison, *Bison bonasus* (L.) in Poland. *Acta Parasitol. Pol.* 1961, **9**, 55–95.
- Demiaszkiewicz A.W., Pyziel A.M., Lachowicz J., Kuligowska I.: Robaczycza płucna żubrów w Puszczy Białowieskiej. *European Bison Conservation Newsletter*. 2009, **2**, 112–118.
- Bowman D.D.: *Georgi's Parasitology for Veterinarians*. Elsevier Inc. 2009.
- Demiaszkiewicz A.W., Pyziel A.M., Lachowicz J.: Stan zarażenia żubrów w Puszczy Białowieskiej helmintami w sezonie zimowym 2007/2008. *European Bison Conservation Newsletter*. 2008, **1**, 42–52.
- Osińska B., Demiaszkiewicz A.W., Lachowicz J.: Pathological lesions in European bison (*Bison bonasus*) with infestation by *Ashworthius sidemi* (Nematoda, Trichostrongylidae). *Pol. J. Vet. Sci.* 2010, **13**, 63–67.
- Drózd J., Demiaszkiewicz A., Lachowicz J.: *Ashworthius sidemi* (Nematoda, Trichostrongylidae) a new parasite of the European bison, *Bison bonasus* (L.) and the question of independence of *A. gagarini*. *Acta Parasitol.* 1998, **43**, 75–80.
- Demiaszkiewicz A.W., Pyziel A.M., Kuligowska I., Lachowicz J., Krzysiak M.K.: Nematodes of the large intestine of the European bison of the Białowieża National Park. *Ann. Parasitol.* 2012, **58**, 9–13.
- Gill J.: *Zarys fizjologii żubra*. Wydawnictwo Severus. Warszawa 1999.
- Kraśniński Z.A.: Żubr i jego bliski krewny z Ameryki. *Ochrona żubra w Puszczy Białowieskiej. Zagrożenia i perspektywy rozwoju populacji*. Zakład Badania Ssaków PAN, Białowieża 2010, 85–92.
- Rhyan J.C., Spraker T.R.: Emergence of diseases from wildlife reservoirs. *Vet. Pathol.* 2010, **47**, 34–39.