

# Stan wapnia w tkankach żubra żyjącego na wolności w Puszczy Białowieskiej w zależności od płci i wieku

Tadeusz Kośła<sup>1</sup>, Ewa M. Skibniewska<sup>1</sup>, Michał Skibniewski<sup>2</sup>,  
Grażyna Urbańska-Słomka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Biologii Środowiska Zwierząt, SGGW w Warszawie

<sup>2</sup> Katedra Nauk Morfologicznych, SGGW w Warszawie

---

## The calcium status in the tissues of free living European bison from Białowieża Primeval Forest

**Abstract:** The aim of the study was the determination of the calcium status in various tissues (liver, kidney, rib, muscle, hoof and hair) of European bison from free living herd in the Białowieża Primeval Forest. The material was obtained in the winter 2002 from 20 animals of both sexes, aged from 5 months to 5 years, eliminated from the herd. Animals were grouped according to sex (males – females), and age (calves up to one year– animals over two years). The mean calcium content in various tissues was as follows:

– liver: 288.6±108.1; females 295.4±105.4; males 272.8±122.7; calves 280.6±96.0; over 2 years 312.6±149.2 [mg/kg fresh tissue],

– kidney: 412.9±78.3; females 418.2±89.0; males 401.5±52.8; calves 416.8±73.6; over 2 years 402.2±98.8 [mg/kg fresh tissue],

– rib: 170.9±23.2; females 166.4±17.8; males 180.8 ±31.6; calves 168.0±24.5; over 2 years 179.0±18.0 [mg/kg fresh tissue],

– muscle: 388.3±227.7; females 423.3±274.8; males 318.3±37.3; calves 310.9±82.3; over 2 years 659.3±372.3 [mg/kg fresh tissue],

– hoof: 1113.1±239.0; females 1044.3±118.7; males 1216.2±340.8; calves 1162.0±280.2; over 2 years 1015.0±73.0 [mg/kg dry matter];

– hair: 953.9±221.4; females 881.4±238.3; males 1071.6±131.1; calves 973.9±199.3; over 2 years 903.7±284.1 [mg/kg air dry matter].

– Except muscles, no statistically significant differences in the calcium content in bison tissues, depending on the sex and age, were observed.

**Key words:** European bison *Bison bonasus*, calcium, liver, kidneys, ribs, muscle, hoof, hair

---

## Wstęp

Kilka pokoleń przyrodników, leśników i pracowników nauki włożyło dużo wysiłku, by przywrócić żubra Puszczy Białowieskiej. Mimo dotychczasowego sukcesu konieczne są ciągłe prace nad ochroną tego reliktoowego gatunku ([www.bpn.com.pl](http://www.bpn.com.pl)). Żubr nadal jest uważany za gatunek zagrożony, a powody tego to wysoka wsobność, brak naturalnej selekcji, działanie

patogenów i pasożytów, pogarszanie się jakości siedliska, w tym przegęszczenie i ograniczenie zasobów pokarmowych także w konkurencji z jeleniami i sarnami (Głowaciński 2001).

Żubry, podobnie jak konkurujące z nimi o pokarm inne dziko żyjące przeżuwacze, są ściśle uzależnione od środowiska bytowania i dostępnej bazy paszowej. Wysoka liczebność populacji na terenie Puszczy Białowieskiej (około 450 sztuk – <http://www.bpn.com.pl>), ograniczony areal występowania, dziczenie łąk, ograniczają ilość dostępnego żeru, co utrudnia pokrycie potrzeb paszowych (Kraśnińska i Kraśniński 2004).

W okresie wegetacyjnym notuje się dużą synchronizację aktywności wszystkich członków stada – dotyczy to żerowania, odpoczynku i ruchu (Kraśnińska i Kraśniński 2004). Żubr jest najmniej wybredny spośród roślinożerców zamieszkujących Puszcę Białowieską. Może jednak egzystować tylko w lesie zapewniającym obfitość pokarmu w różnych porach roku. Niezwykle ważne jest zróżnicowanie lasu (<http://www.bpn.com.pl>). W okresie wegetacyjnym żubry żerują głównie na roślinach runa leśnego (95% aktywności pokarmowej) i to niezależnie od typu lasu. Zgryzanie liści i pędów drzew stanowi regularny, ale niewielki składnik żeru – średnio 3% czasu żerowania (Kraśnińska i Kraśniński 2004).

Wapń jest podstawowym pierwiastkiem niezbędnym do życia roślin, zwierząt i ludzi. Aż 99% tego pierwiastka znajduje się w kościach i zębach, około 0,9% w błonach komórkowych i siateczce wewnątrzplazmatycznej, w płynie pozakomórkowym 0,1%, a w cytozolu zaledwie 0,002% (Ślebodziński 2003). Jony wapnia w większym stężeniu są cytotoksyczne, dlatego ze względów bezpieczeństwa, w komórkach wytworzyły się swoiste magazyny tego pierwiastka; najważniejszy z nich to system błon endoplazmatycznego retikulum (Dołowy i in. 2003). W warunkach fizjologicznych zmiany zawartości wapnia w paszy nie mają szybkiego i bezpośredniego wpływu na jego poziom we krwi (Madej 1980). Przy spadku stężenia wapnia zjonizowanego w osoczu, organizm zwierzęcy charakteryzuje wzmożona pobudliwość nerwowo-mięśniowa, prowadząca aż do wystąpienia drgawek – tężyczki hipokalcemicznej, natomiast wzrost jego stężenia może prowadzić do porażenia mięśni i śpiączki (Friedrich 2002; Ślebodziński 2003).

Gospodarka wapniowa w organizmie jest uzależniona głównie od hormonalnej regulacji przemian metabolicznych. Istotną rolę pełni tu parathormon, kalcytonina i czynny metabolit witaminy D<sub>3</sub> – dwuhydroxycholekalciferol, inaczej kalcytriol (Madej 1980; Friedrich 2002; Ślebodziński 2003). Wchłanianie wapnia zachodzi na drodze transportu aktywnego w górnym odcinku jelita cienkiego (Friedrich 2002). Proces ten wymaga energii ATP, witaminy D<sub>3</sub>, hormonów takich jak: parathormon, kalcytonina, somatotropina, tyroksyna, trijodotyronina oraz glikokortykoidów (Malinowska 1999). W jelicie, choć już w niewielkim stopniu, zachodzi także wchłanianie na drodze dyfuzji biernej (Friedrich 2002).

Niedobory pokarmowe wapnia u przeżuwaczy występują raczej rzadko (Madej 1980), zwłaszcza u zwierząt utrzymywanych na pastwisku (Kubiński 1986). Częste są natomiast zaburzenia metabolizmu tego pierwiastka, wynikające z rozkojarzenia mechanizmów regulujących. Niedobory mogą występować jedynie u krów o bardzo wysokiej produkcji mleka lub żywionych paszami pochodzącymi z gleb kwaśnych, piaszczystych lub organicznych o nieregulowanych stosunkach wodnych, na których dominują szybko rosnące trawy, a brak jest roślin motylkowatych (Kośla 1999). Hipokalcemia krów mlecznych jako problem metaboliczny występuje szczególnie w okresie okołoporodowym. Bezpośrednią przyczyną wystąpienia objawów klinicznych hipokalcemii jest obniżenie się poziomu wapnia całkowitego i fosforu w płynach zewnątrzkomórkowych chorujących krów (Madej 1980; Kurek i Stec 2004).

Niedobór tak ważnego pierwiastka w czasie ciąży skutkuje spadkiem poziomu estrogenów, co może prowadzić do osłabienia czynności skurczowej macicy w trakcie porodu. Występuje również powiązanie między niskim poziomem wapnia a zjawiskiem zatrzymania błon płodowych u krów. Jest ono jednym z objawów towarzyszących hipokalcemii poporodowej (Krakowski i in. 2005).

Skład chemiczny pokarmu żubra ma zupełnie inne znaczenie niż zwierząt gospodarskich, gdyż żyjąc na swobodzie żubr ma możliwość wyboru pożywienia, z drugiej jednak strony suplementacja niedoborowych składników, prowadzona w chowie zwierząt gospodarskich poprzez mieszanki mineralne, u zwierząt żyjących na swobodzie jest utrudniona (Kośla 1993).

Także porównanie z przeżuwaczami wolno żyjącymi nie zawsze jest właściwe, gdyż potrzeby związane ze swoistym cyklem biologicznym są inne, np. jeleń, u którego w krótkim czasie wyrasta poroże, potrzebuje okresowo dużej ilości makroelementów, głównie wapnia i fosforu (Anke i Brückner 1973).

W badaniach Kośli (1993) zawartość wapnia w próbach roślin będących pokarmem dla żubrów z Puszczy Białowieskiej wahała się od 6,39 mg/g s.m. dla traw do 10,43 mg/g s.m. dla kory drzew. Podobne zawartości wapnia w pokarmie zimowym zwierząt wolno żyjących stwierdzili Anke i in. (1984). Natomiast Dębska (2006) oraz Dymnicka i Olech-Piasecka (2000) stwierdziły wyższą zawartość wapnia w zielonce śródleśnej z Białowieży.

Dębska (2006), analizując poziom wapnia w wybranych tkankach żubrów z hodowli otwartej i zamkniętej, nie stwierdziła różnic istotnych statystycznie. Poziom wapnia w surowicy krwi obu grup mieścił się w zakresie referencyjnym dla bydła, w wątrobie i nerkach z obu hodowli zawartość wapnia oscylowała przy dolnej granicy fizjologicznej, a w sierści odnotowano obniżoną zawartość tego pierwiastka. Dębska (2006), tak w stadzie żubrów wolno żyjących w Puszczy Białowieskiej, jak i u żubrów z hodowli zamkniętej nie stwierdziła różnic w zawartości wapnia w tkankach w zależności od wieku i płci zwierząt.

Celem przeprowadzonych badań była ocena *post mortem* stanu wapnia w organizmie żubra żyjącego wolno w Puszczy Białowieskiej w zależności od płci i wieku.

## Materiał i metody

Próbki do badań pobrano zimą 2002 roku od 20 żubrów w wieku od 5 miesięcy do 5 lat, w stadzie żubrów wolno żyjących w Puszczy Białowieskiej eliminowanych w ramach corocznych selekcji. Przyczyną eliminacji zwierząt były względy hodowlane i sanitarne.

Próbki tkanek i narządów: racic, żeber, mięśni, wątroby i nerki pobrano podczas sekcji zwierząt do sterylnych, plastikowych woreczków, schłodzono i przechowywano w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ , aż do momentu przeprowadzenia analiz. Próbki sierści pobrano z grzbietu żubrów i pakowano je do papierowych kopert. Zwierzęta podzielono na grupy w zależności od płci (samice, samce) i wieku (cielęta do 1 roku i osobniki powyżej 2 lat).

Próbki tkanek przygotowano do analiz, homogenizując je (poza próbkami racic i sierści), pobierając naważkę 0,5–1 g do pojemników teflonowych. Mineralizację (roztwarzanie) próbek przeprowadzono w kwasie azotowym, pod ciśnieniem w aparacie mikrofalowym.

Próbki sierści odtłuszczono w 70-procentowym alkoholu etylowym w aparacie do ekstrakcji tłuszczu, myto gorącą wodą, płukano wodą destylowaną i trzykrotnie wodą redestylowaną. Następnie rozdrabniano, pobierano 0,5 g i postępowano jak poprzednio.

Próbki racic spalano w piecu muflowym w temperaturze  $450^{\circ}\text{C}$ , a popiół przenoszono ilościowo do kolbek miarowych, zakwaszając do 2,5% kwasu solnego.

Zawartość wapnia w sierści, żebrze, mięśniu, wątrobie oraz nerce określono metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES) aparatem Jobin-Yvon/France, typ J-Y 70+ w laboratorium akredytowanym (porównując z materiałem referencyjnym). W próbkach racic wapń oznaczono metodą spektrometrii masowej ICP-MS w tym samym laboratorium. Wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica<sup>5.0</sup>, moduł anova.

## Wyniki i dyskusja

Zawartość wapnia w wybranych tkankach i organach żubrów w zależności od płci zestawiono w tabelach 1–6.

Zawartość wapnia w wątrobie badanych żubrów wahała się u samic od 198 do 563 mg/kg świeżej tkanki, a u samców od 163 do 511 mg/kg. Nie wykazano istotnych różnic zależnych od płci badanych zwierząt. Zawartość wapnia w wątrobie żubrów była wyższa od danych uzyskanych przez Dębską (2006), także od danych średnich podanych przez Pulsa (1998) dla wątroby bydła i bizonów. Dane dla wątroby bydła są z reguły znacznie niższe (Vaessen i van der Kamp 1990; Kolb i Körber 1973; Amerman i in. 1974).

**Tabela 1.** Zawartość Ca w wątrobie żubrów w zależności od płci (mg/kg świeżej masy narządu).

Parametry statystyczne	Samice	Samce	Ogół żubrów
Liczebność	14	6	20
Średnia arytmetyczna	295,4	272,8	288,6
Standardowe odchylenie	105,4	122,7	108,1
Kwartył dolny (25%)	221,0	199,0	219,5
Mediana	245,0	251,0	248,5
Kwartył górny (75%)	356,0	262,0	345,0

Nerki badanych zwierząt zawierały od 279 do 592 mg Ca/kg świeżej masy narządu u samic, i 342 do 458 mg/kg świeżej masy narządu u samców. Nie wykazano istotnych różnic w zawartości tego pierwiastka w zależności od płci.

**Tabela 2.** Zawartość Ca w nerce żubrów w zależności od płci (mg/kg świeżej masy narządu).

Parametry statystyczne	Samice	Samce	Ogół żubrów
Liczebność	13	6	19
Średnia arytmetyczna	418,2	401,5	412,9
Standardowe odchylenie	89,0	52,8	78,3
Kwartył dolny (25%)	375,0	369,0	357,0
Mediana	407,0	382,5	398,0
Kwartył górny (75%)	460,0	458,0	460,0

Wyniki nieniejszych badań są wyższe od danych uzyskanych dla żubra przez Dębską (2006), a także od przedziału podanego przez Pulsa (1998) dla bydła i bizonów. Dane zawartości wapnia w nerce bydła z reguły także są niższe od uzyskanych wyników (Schnabel i in. 1987; Kolb i Körber 1973).

Zawartość wapnia w żebrze badanych żubrów wahała się: u samic od 142 do 190 mg/g świeżej tkanki, u samców od 123 do 209 mg/g świeżej tkanki. Nie wykazano istotnych różnic w zawartości tego pierwiastka w zależności od płci.

**Tabela 3.** Zawartość Ca w żebrze żubrów w zależności od płci (mg/g świeżej tkanki).

Parametry statystyczne	Samice	Samce	Ogół żubrów
Liczebność	13	6	19
Średnia arytmetyczna	166,4	180,8	170,9
Standardowe odchylenie	17,8	31,6	23,2
Kwartyl dolny (25%)	152,8	168,8	152,8
Mediana	156,7	192,2	178,1
Kwartyl górny (75%)	181,1	199,7	188,9

Wyniki uzyskane w doświadczeniu są wyższe w stosunku do danych, które podaje Underwood (1971) dla żeber owiec utrzymywanych w warunkach normalnych i żywionych paszą o odpowiednim stosunku wapnia do fosforu. Podobnie wyniki własne są wyższe od zawartości wapnia w żebrze i w kościach śródstopia koni, a także u dziko żyjących przeżuwaczy: muflonów, jeleni i danieli (Kośla 1987; Anke i in. 2000).

Zawartość wapnia w mięśniu badanych żubrów wahała się: u samic od 214 do 1126 mg/kg świeżej tkanki, u samców od 263 do 364 mg/kg świeżej tkanki. Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic zależnych od płci osobników.

**Tabela 4.** Zawartość Ca w mięśniu żubrów w zależności od płci (mg/kg świeżej tkanki).

Parametry statystyczne	Samice	Samce	Ogół żubrów
Liczebność	12	6	18
Średnia arytmetyczna	423,3	318,3	388,3
Standardowe odchylenie	274,8	37,3	227,7
Kwartyl dolny (25%)	245,5	285,0	269,0
Mediana	315,0	329,0	322,5
Kwartyl górny (75%)	471,0	340,0	395,0

Uzyskane w badaniach wyniki zawartości wapnia w mięśniu są wyższe od przedziału, jaki podaje Schnabel i in. (1987) – od 190 do 370 mg/kg s.m., jak również od zakresu zawartości wapnia w mięśniach bydła, jaki podają Vaessen i van der Kamp (1990).

Zawartość wapnia w sierści badanych żubrów wahała się: u samic od 636 do 1376 mg/kg, u samców od 781 do 1203 mg/kg powietrznie suchego włosa. Podobnie jak w przypadku pozostałych badanych tkanek i narządów, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy samicami i samcami.

**Tabela 5.** Zawartość Ca w sierści żubrów w zależności od płci (mg/kg powietrznie suchego włosa).

Parametry statystyczne	Samice	Samce	Ogół żubrów
Liczebność	13	8	21
Średnia arytmetyczna	881,4	1071,6	953,9
Standardowe odchylenie	238,3	131,1	221,4
Kwartył dolny (25%)	689,0	1052,0	768,0
Mediana	813,0	1078,0	1044,0
Kwartył górny (75%)	1044,0	1164,0	1091,0

Wyniki uzyskane w doświadczeniu są wyższe od danych uzyskanych u żubrów przez Dębską (2006), Koślę i in. (1985) oraz Koślę (1993). Były one niewiele niższe od dolnej zawartości, jaką podaje Puls (1998). Anke i Risch (1979) podają zawartość wapnia w sierści bydła w zależności od barwy – w sierści czarnej w różnych doświadczeniach: 1520, 1595, 1880, 2310 mg/kg; w sierści brązowej 1172 mg/kg; w sierści białej 772 mg/kg. Barwa sierści żubra jest najbardziej zbliżona do sierści brązowej. Można stwierdzić, że uzyskane zawartości Ca były zbliżone do wartości podanych przez Anke i Risch (1979). Jak podają ci autorzy, zawartość wapnia w sierści jest bezpośrednio uzależniona od zawartości melaniny oraz rodzaju włosa.

Zawartość wapnia w racyce badanych żubrów wahała się: u samic od 825 do 1204 mg/kg s.m., u samców od 749 do 1582 mg/kg s.m.

**Tabela 6.** Zawartość Ca w racyce żubrów w zależności od płci (mg/kg s.m.).

Parametry statystyczne	Samice	Samce	Ogół żubrów
Liczebność	9	6	15
Średnia arytmetyczna	1044,3	1216,2	1113,1
Standardowe odchylenie	118,7	340,8	239,0
Kwartył dolny (25%)	1014,0	945,0	945,0
Mediana	1023,0	1272,0	1071,0
Kwartył górny (75%)	1091,0	1477,0	1204,0

Uzyskane w badaniach wyniki zawartości wapnia w racyce są nieco niższe od danych, jakie podaje Drożdż (1981) dla bydła rasy fryzyjskiej, mieszańców międzyodmianowych duńskich, izraelskich i nowozelandzkich, natomiast wyższe od zawartości u mieszańców międzyodmianowych bydła fryzyjskiego amerykańskich, kanadyjskich, szwedzkich, niemieckich oraz holenderskich.

Analizując zawartość wapnia w narządach i tkankach żubra w zależności od wieku (cielęta do 1 roku i zwierzęta starsze niż 2 lata), w przypadku wątroby, nerki, żebra, sierści i racyce nie wykazano istotnych statystycznie różnic.

Trudnymi do interpretacji (w dostępnej literaturze nie znaleziono porównywalnych danych) były wyniki zawartości wapnia w mięśniu żubra. Wykazano tu istotną statystycznie różnicę w zależności od wieku; u zwierząt starszych w mięśniu było więcej wapnia. Wyniki analiz wapnia w mięśniu żubra zestawiono w tabeli 7. Potwierdzenie tych danych wymaga dalszych badań.

**Tabela 7.** Zawartość Ca w mięśniu żubrów w zależności od wieku (mg/kg świeżej tkanki).

Parametry statystyczne	Cielęta do wieku 12 miesięcy	Zwierzęta w wieku powyżej 2 lat
Liczebność	14	4
Średnia arytmetyczna	310,9*	659,3*
Standardowe odchylenie	82,3	372,3
Kwartył dolny (25%)	263,0	360,5
Mediana	298,0	592,5
Kwartył górny (75%)	340,0	958,0

\*Różnica istotna przy  $p \leq 0,05$ .

## Podsumowanie

Zawartość wapnia w narządach i tkankach żubra (wątroba, nerka, zebro, mięsień, sierść, racica) nie wykazywała różnic istotnych w zależności od płci. Podobnie w większości analizowanych tkanek nie było różnic istotnych statystycznie w zależności od wieku. Jedynie w przypadku próbek mięśnia stwierdzono istotną statystycznie różnicę w zależności od wieku. Mięśnie żubrów starszych zawierały więcej wapnia. Wymaga to dalszych badań na szerszym materiale.

Dokonana w ostatnich latach zmiana metodyki przygotowania próbek do oznaczeń i przejście na ich roztrawianie w urządzeniu mikrofalowym, w kwasie azotowym, pod ciśnieniem jest krokiem w dobrym kierunku. Umożliwia uzyskanie dokładniejszych wyników, jednak utrudnia to porównywanie z wynikami uzyskanymi wcześniej przy spopielaniu próbek w piecu muflowym.

## Literatura

- Anke M., Arnold W., Schäfer U., Müller R. 2000. Nutrients, macro- and ultratrace elements in the feed chain of mouflons and their mineral status. First part: Nutrients and macroelements, [in:] Nählik A., Uloth W. (red.): Proceeding of International Mouflon Symposium, Sopron, Hungary.
- Anke M., Brückner E. 1973. Der Mengen- und Spurenelementgehalt verschiedenen frequentierten Äsungspflanzen den Rotwildes und des Rothirschgewahes unterschiedlicher Qualität. Beiträge zur Jagd- und Wildforschung, 8: 21–32.
- Anke M., Dittrich G., Groppe B., Grün M., Kroneman H., Bähr H. 1984. Die Nähr- und Mineralstoffversorgung sowie der Spurenelementstatus des Rot-, Dam-, Reh- und Muffelwildes während des Winters. Beiträge zur Jagd- und Wildforschung, 13: 103–122.



- Anke M., Risch M. 1979. Haaranalyse und Spurelementstatus, VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- Ammerman C.B., Loaiza J.M., Blue W.G., Gamble J.F., Martin F.G. 1974. Mineral composition of tissues from beef cattle under grazing conditions in Panama, *J. Anim. Sci.*, 38: 158–162.
- Dębska M. 2006. Ocena zaopatrzenia w składniki mineralne żubrów z Puszczy Białowieskiej. Praca doktorska, SGGW, Warszawa.
- Dołowy K., Szewczyk A., Pikuła S. 2003. Błony biologiczne, Wydawnictwo Naukowe Śląsk.
- Drożdż A., 1981: Cechy budowy puszczy racicznej i skład mineralny rogu u dziewięciu grup mieszańców międzyodmianowych F<sub>1</sub> bydła fryzyjskiego, Praca doktorska, SGGW, Warszawa.
- Dymnicka M., Olech-Piasecka W. 2000. Charakterystyka dokarmiania żubrów w krajowych ośrodkach hodowli. Materiały na konferencję naukową: „Stan hodowli żubrów w rezerwacie faunistycznym *Żubrowisko* i perspektywy jego rozwoju”. Lasy Państwowe, Nadleśnictwo Pszczyna.
- Friedrich M. 2002. Składniki mineralne w żywieniu zwierząt i ludzi, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Szczecin.
- Kolb E., Körber R. 1973. Untersuchungen über den Mineralstoffgehalt verschiedener Gewebe vom Rind, (1 Mitteilung), *Archiv für experimentelle Veterinarmedizin*, 27: 387–405.
- Kośla T. 1987. Der Mengen – und Spurenelementstatus und –bedarf des Pferdes, 6 Mitteilung: Kalzium, Mengen – und Spurenelemente, *Univ. Leipzig*, 7: 310–320.
- Kośla T. 1993. The contents of macro- and microelements in the fodder, blood serum and hair of European bison. Part I. Macroelements, *Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Vet. Med.* 17: 79–85.
- Kośla T. 1999. Biologiczne i chemiczne zanieczyszczenia produktów rolniczych, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Kośla T., Anke M., Roskosz T., Rokicki E. 1985. Der Mengen– und Spurenelementgehalt des Deckhahes vom Wisent (*Bison bonasus*), Mengen – und Spurenelemente. Arbeitstagung. *Univ. Leipzig*: 69–77.
- Krakowski L., Wrona Z., Krakowska I., Kurek Ł., Kostro K., Stec A., Brodzki P., Urban-Chmiel R. 2005. Stężenie kortyzolu oraz poziom Ca, Mg, Na i K u jałówek w cyklu rujowym, ciąży i po porodzie w aspekcie zatrzymania łożyska, *Medycyna Weterynaryjna*, 61, 2: 191–193.
- Kraśnińska M., Kraśniński Z. A. 2004. Żubr monografia przyrodnicza, Wyd. SFP Hajstra, Warszawa – Białowieża.
- Kubiński T. 1986. Niedobory wapnia i fosforu u krów w Polsce centralnej, *Medycyna Weterynaryjna*, 42, 8: 451–4454.
- Kurek Ł., Stec A. 2004. Kształtowanie się poziomów wybranych makroelementów i ich frakcji w różnych postaciach hipokalcemii klinicznej u krów mlecznych, *Medycyna Weterynaryjna*, 60, 9: 985–989.
- Madej E. 1980. Niedobory i zaburzenia metabolizmu wapnia i fosforu u krów, *Medycyna Weterynaryjna*, 36, 1: 30–33.
- Malinowska A. 1993. *Biochemia zwierząt*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce 2001, Głowaciński Z. (red), PWRiL, Warszawa.
- Puls R. 1998. Mineral levels in animal health, diagnostic data, *Sherpa International, Canada*
- Schnabel M., Kolb E., Dittrich H., Nestler K. 1987. Untersuchungen über den Gehalt an Ca, Mg, Na, K und P in 3 Gehirnschnitten, in Herzmuskeln, M. gracilis, Leber, Nieren, Lunge und Milz von Kalbern und Jungrindern, *Archiv für experimentelle Veterinarmedizin, Leipzig*, 41, 2: 231–241
- Ślebodziński A. B. 2003. Endokrynopatie u koni. Patofizjologia przytarczyc. Część I. Hormonalna regulacja metabolizmu wapnia, *Życie Weterynaryjne*, 78, 9: 503–507.
- Underwood E. J. 1971. Żywienie mineralne zwierząt, PWRiL, Warszawa.
- Vaessen H.A.M.G., van der Kamp C.G. 1990. Reference- mineral- based collaborative test of flame atomic absorption spectroscopic determination of calcium and magnesium in foods and biological materials, *Zeitschrift für Lebensmittel – Untersuchung und Forschung*, 190: 199–204. <http://www.bpn.com.pl>