

PRACA  
DOKTORSKA



Akademia Techniczno-Rolnicza  
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich  
w Bydgoszczy

**Zawartość wybranych składników mineralnych  
w narządach sarny *Capreolus capreolus*  
z regionu kujawsko-pomorskiego**

Aleksandra Roślewska

Praca doktorska wykonana pod kierunkiem  
prof. dr hab. inż. Bogdana Janickiego  
w Katedrze Biologii Małych Przeżuwaczy  
i Biochemii Środowiska

Biblioteka Główna UTP w Bydgoszczy



000000136250

**Bydgoszcz 2005**



D348

*Składam serdeczne podziękowanie dla  
prof. dr hab. B. Janickiego za pomoc  
w napisaniu niniejszej pracy.*

# SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	4
2. CEL PRACY.....	6
3. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA.....	7
3.1. Miejsce sarny <i>Capreolus capreolus</i> w systematyce zwierząt.....	7
3.2. Charakterystyka składników mineralnych.....	13
3.3. Charakterystyka regionu kujawsko-pomorskiego.....	19
4. MATERIAŁ I METODY BADAŃ.....	21
4.1. Materiał badany.....	21
4.2. Przygotowanie prób do analizy.....	21
4.3. Oznaczenie zawartości metali.....	23
4.4. Stosowane metody statystyczne.....	23
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW.....	25
6. DYSKUSJA WYNIKÓW.....	41
7. WNIOSKI.....	53
8. PIŚMIENICTWO.....	54
9. TABELĘ I WYKRESY.....	65

# 1. WSTĘP

Polska należy do państw europejskich znacznie zanieczyszczonych substancjami pochodzącymi ze źródeł antropogennych. Źródłem skażeń środowiska metalami toksycznymi są centra przemysłowe, w tym przemysł wydobywczy, oraz technologie związane z mechaniczną, termiczną i chemiczną obróbką surowców mineralnych, spalanie węgla, gazów i paliw płynnych, a także gospodarka komunalna obejmująca wysypiska śmieci i ścieki. W ostatnich latach w Polsce obserwuje się dynamiczny rozwój motoryzacji, który stanowi kolejne źródło skażeń ołowiem, kadmem i innymi pierwiastkami toksycznymi o dużej ekspansywności środowiskowej. Ogromną rolę odgrywa rolnictwo zużywając nawozy mineralne i środki ochrony roślin, utylizując zanieczyszczenia towarzyszące produkcji zwierzęcej oraz cały przemysł przetwórczy (Dobrzański i in. 1996). Mimo silnej tendencji do ograniczenia produkcji przemysłowej, wprowadzania nowych technologii i świadomego działania na rzecz ochrony środowiska, stan skażenia środowiska przyrodniczego w Polsce wciąż jest wysoki, a działania na rzecz ochrony środowiska niezadawalające. Niekorzystna dla naszego kraju jest także transgraniczna wymiana zanieczyszczeń powietrza z sąsiednimi krajami, przewaga wiatrów zachodnich jest przyczyną dodatkowego skażenia zanieczyszczeniami emitowanymi w krajach sąsiadujących z Polską oraz usytuowane w nich reaktory atomowe zbudowane według starych technologii (Kryński i in. 1998).

Jednym ze sposobów oceny stopnia zanieczyszczenia środowiska jest biomonitoring prowadzony z wykorzystaniem biowskaźników. Bioindykatorami mogą być żywe organizmy spełniające określone warunki: są łatwe do rozpoznania, wykazują bardzo specyficzny zakres tolerancji w stosunku do określonych czynników ekologicznych, szybko reagują na zanieczyszczenia oraz umożliwiają jednoznaczną ocenę stanu zanieczyszczenia środowiska (Laskowski i Migula 2004). Według niektórych naukowców takimi biologicznymi wskaźnikami oceny zanieczyszczenia mogą być zwierzęta wolno żyjące, a w szczególności zwierzęta łowne bytujące na określonych arealach (Kucharczak i in. 2004).

Czynnikami predysponującymi te zwierzęta do roli bioindykatora jest pełna integracja ze środowiskiem naturalnym przez cały okres swego życia, żerowanie z runa leśnego, pól uprawnych, pastwisk i łąk. Pozyskanie zwierząt łownych odbywa się z równomierną częstotliwością i w odróżnieniu od zwierząt hodowlanych pozyskuje się je w różnych klasach wiekowych dzięki czemu dają one pełne odzwierciedlenie możliwości skażenia organizmu w trakcie całego życia. Nie bez znaczenia jest fakt, że wyniki badań biochemicznych, zmiany metaboliczne i anatomopatologiczne skażonych ssaków wolno żyjących można z dużym prawdopodobieństwem odnieść do organizmu ludzkiego (Krupa i Szmulik 2000; Kryński i in. 1991, 2003; Pokorny 2000). Należy jednak pamiętać o tym, że w diagnozowaniu stopnia zanieczyszczenia danego regionu, badania na zwierzętach należy traktować jako jeden z wzajemnie uzupełniających się elementów obok badań gleby, roślin, wód i powietrza (Drozd i in. 2003).

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie mięsem zwierząt łownych, co prowadzi do stałych badań monitoringowych gwarantujących bezpieczeństwo konsumenta. Zwierzęta wolno żyjące takie jak sarny, jelenie, dziki oraz daniela mają coraz większy udział w produkcji żywności. W wielu krajach wzrosło zainteresowanie hodowlą fermową jeleniowatych uwarunkowane sytuacją ekonomiczno-gospodarczą i społeczną. Narastające skażenie środowiska, zwłaszcza w okolicach dużych aglomeracji prowadzi do zwiększonego zainteresowania zdrową żywnością (Drozd i Karpiński 1997). Z uwagi na swoje walory dietetyczne, czyli niską zawartość tłuszczu międzymięśniowego, dużą zawartość niezbędnych aminokwasów i witamin, a także występowanie mono- i polinienasyconych kwasów tłuszczowych, mięso zwierząt łownych może stanowić cenny składnik pożywienia. Wśród produktów pochodzenia zwierzęcego mięso jeleniowatych (także dzików, których pozyskanie jest w Polsce wysokie) jest uznawane nie tylko za produkty poszukiwane dzięki specyficznemu smakowi i aromатовi, ale także bezpieczne dla zdrowia.

Znając stopień zanieczyszczenia tkanek zwierząt dziko żyjących metalami ciężkimi i innymi związkami toksycznymi można wnioskować o stopniu zanieczyszczenia środowiska, w którym zwierzęta te przebywają, a także czy skażenie środowiska na danym terenie zmniejsza się czy wzrasta oraz czy spożywanie mięsa i przetworów z dziczyzny może zagrażać zdrowiu, a nawet życiu człowieka (Dzierżyńska-Cybulko i Fruziński 1997, Krupa i Szmulik 2000).



## 2. CEL PRACY

Celem podjętych badań było oznaczenie zawartości składników mineralnych: sodu, potasu, magnezu, miedzi, żelaza i manganu oraz metali ciężkich: ołowiu, kadmu i kobaltu w wybranych narządach i tkankach sarny *Capreolus capreolus* pozyskanej z terenów województwa kujawsko-pomorskiego, a także określenie współzależności między badanymi pierwiastkami w poszczególnych narządach.

### 3. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

#### 3.1. Miejsce sarny *Capreolus capreolus* w systematyce zwierząt

Sarna *Capreolus capreolus* (Linnaeus, 1758) należy do rzędu parzystokopytnych, rodziny jeleniowatych, rodzaju sarna, gatunku sarna europejska. Jest najmniejszym, a jednocześnie najpospolitszym przedstawicielem jeleniowatych zamieszkującym prawie całą Europę, Azję mniejszą i północny Iran. Najliczniej występuje w krajach Europy Środkowej. W naszej części kontynentu zamieszkuje podgatunek nominatywny - sarna europejska *Capreolus c. capreolus*. W wielu krajach Europy wyróżnia się populacje sarny leśnej i polnej. W Polsce sarny występują na terenie całego kraju: najliczniej w zachodniej części, nieco mniej licznie w województwach wschodnich i centralnych, lecz osiągają tam większe rozmiary i masę ciała, a rogacze wykształcają silniejsze poroże. Zagęszczenie populacji sarny podlega dużym wahaniom zachodzącym pod wpływem różnych czynników ekologicznych.

Sarna jest zwierzęciem o smukłej zgrabnej sylwetce, z krótką, u starszych osobników wyraźnie trójkątną głową. Pysk (gębę) ma zakończony nagimi, czarnymi chrapami; oczy (świece) o ciemnym zabarwieniu ustawione są bocznie, powieki zaopatrzone w długie rzęsy. Uszy (tyżki) są bardzo ruchliwe, o kształcie podłużnie owalnym i długość sięgającej  $\frac{2}{3}$  długości głowy. Niezbyt długa szyja przechodzi w stosunkowo krótki tułów osadzony na wysokich, cienkich nogach (cewkach) zakończonych racicami i nieco wyżej z tyłu raciczkami (szpilami). Wymiary ciała sarny wahają się w dość znacznych granicach: długość tułowia od 100 - 135 cm, wysokość w kłębie około 75 cm. Podobnie jak inne gatunki ssaków sarna wykazuje dużą zmienność masy ciała (od 15 - 32 kg) w zależności od warunków geograficznych, klimatycznych i środowiskowych, zgodnie z regułą Bergmana w miarę przesuwania się w kierunku północno-wschodnim. Stwierdzono także różnice między sarną leśną a polną dochodzące do 20% masy tuszy (Fruziński i in. 1982).

Pod względem wyglądu zewnętrznego kozioł (rogacz) różni się od kozy obecnością moźdzeni (dwóch wyrostków kostnych na kości czołowej) oraz okresowym występowaniem poroża tzw. parostków. Na zadzie, w okolicy ogona (kwiatu) o długości 2–3 cm ukrytego w sierści, występuje jasna plama czyli lustro, szczególnie wyraźnie widoczne w sukni zimowej. U samic jest ono w kształcie dużej, poziomej ósemki, u samców jest w przybliżeniu wielkości dłoni, kształtu okrągłego lub sercowatego. U zwierząt przestraszonych lustro ulega gwałtownemu powiększeniu i spełnia wówczas rolę sygnału ostrzegawczego dla innych saren będących w pobliżu (fot. 3.1.). W okolicach sromu u samic znajduje się pęk długich włosów dzielących lustro na dwie części, tzw. fartuszek. Natomiast oznaką płci u samców, jest występujący przy ich narządach rozrodczych pęk dłuższych włosów określany jako pędzel. W okresie gdy koźły nie noszą parostków, pędzel i fartuszek u kóz są głównymi cechami rozpoznawczymi płci.



Fot. 3.1. Kozka z koźlęciem (fot. Paweł Świątkiewicz)

Zasadnicze ubarwienie letniej sukni sarni jest rude, z odcieniem rdzawym lub płowym, jaśniejsze na podbrzuszu i dolnej części ciała. Twarzowa część głowy jest płowoszara lub siwa, w zależności od wieku zwierzęcia. W sukni zimowej kolor sierści na grzbiecie przyjmuje odcień brunatno-szary, przyciemniony, natomiast boki i dolna część ciała są szare, a lustro wyraźnie czysto białe. Zimą włos ościsty jest dłuższy i grubszy niż w lecie, dosyć łamliwy, gdyż ma on budowę rurową i chroni zwierzę przed wychłodzeniem. Sarna zmienia suknie dwukrotnie w ciągu roku: wiosną zwykle na przełomie kwietnia i maja oraz jesienią we wrześniu i październiku. Wiosenna wymiana włosa ze względów klimatycznych przedłuża się czasami na czerwiec i przebiega zwykle wolniej od jesiennej. U sztuk młodych i w pełni sił „przefarbowanie” następuje szybciej niż u osobników starszych, osłabionych lub chorych. Ciężarne kozy wymieniają suknie po wydaniu na świat potomstwa. Suknia koźlęcia jest barwy brunatnej, wzdłuż grzbietu i boków ciała przebiega kilka rzędów jasnych plam. Po 2-3 miesiącach koźlęta zmieniają suknię, która nie różni się specjalnie od dorosłej sarny. Zimowa suknia młodych osobników bywa nieco ciemniejsza niż osobników dorosłych.

U sarny występują w określonych miejscach ciała gruczoły zapachowe; pomiędzy racicami tylnych cewek, skąd wydziela się ciecz pozostawiająca intensywny zapach na tropach, na zewnętrznej stronie tylnych cewek poniżej stawu skokowego – gruczoły szczoteczkowate, a pod kępą dłuższych włosów na zgrubieniu skóry w okolicy narządów płciowych – gruczoły sromowe u samic, gruczoły napletkowe, oraz gruczoły czołowe u samców. Przy usuwaniu martwego scypułu trąć parostkami o drzewa i gałęzie rogacz pozostawia tam jednocześnie substancję zapachową. Gruczoły zapachowe sarny podobnie jak u wielu innych gatunków zwierząt spełniają ważną funkcję w życiu społecznym i płciowym

W okolicach bezleśnych centralnej i zachodniej Polski występują dość licznie sarny unikające lasów i przebywające cały rok na otwartych przestrzeniach pól uprawnych, określane jako ekotyp sarny polnej (fot. 3.2.). Poza innym trybem życia związanym z przystosowaniem się do określonych warunków bytowania sarna polna nie różni się znacząco od sarny leśnej (Hofmann i in. 1988). Typowymi cechami są zwykle: jaśniejszy odcień sukni i większa masa ciała. Zwykle zwierzęta te grupują się w duże stada (rudle) liczące nawet kilkadziesiąt osobników (80-100 sztuk). W przeciwieństwie do sarny polnej rudle sarny leśnej nie przekraczają kilkunastu sztuk.



Fot. 3.2. Sarny na polu (fot. Paweł Świątkiewicz)

Sarna prowadzi bardzo regularny tryb życia. Przez całe życie przebywa zwykle na wybranym terenie. Nie tylko przestrzega ściśle godzin żerowania, ale również korzysta z tych samych ścieżek prowadzących do jej codziennych żerowisk. W maju sarny żerują rano, przed południem i o zachodzie słońca. Najwcześniej na żer wychodzą młode samice z kozłętami, potem dopiero starsze. Stare kozły żerują dopiero po zachodzie słońca, a w ciągu dnia unikają otwartych przestrzeni. W czerwcu sarny zmieniają czas żerowania: śpią w dzień, żerują natomiast w nocy. W okresie rui, czyli w lipcu i sierpniu, a potem aż do wiosny powracają do zwykłych pór żerowania, tzn. rano, około południa i zachodu słońca. Wiosną, latem i wczesną jesienią sarna wiecie samotny tryb życia, przebywa w zbożach, a po ich skoszeniu w okopowych. W okresie jesienno-zimowym grupuje się w rudle obejmujące osobniki obu płci (fot. 3.3.). Przewodnikiem niemal wyłącznie jest koza wodząca tegoroczne młode. W marcu tuż przed okresem wycierania poroża, kozły odłączają się od stada. Sarna należy do gatunków zwierząt o dużej aktywności. W czasie doby na sen sarny przeznaczają zaledwie 2,5 godziny, w tym zaledwie 20 minut snu twardego, podczas którego głowa sarny spoczywa na ziemi lub na boku ciała, kiedy to

zwierzę nie odbiera wrażeń słuchowych, wzrokowych i węchowych. Podczas pólśnu natomiast sarna ma głowę uniesioną, pozostaje czujna.



Fot. 3.3.. Rudel saren zimą (fot. Paweł Świątkiewicz)

Cykl żerowania, przeżuwania i sjest związany jest z porą roku, wpływem światła, zasobnością żeru oraz lokalnymi warunkami bezpieczeństwa. U sarny doba dzieli się na 10-11 okresów żerowania o różnej długości trwania, łącznie wypełniających około 7 godzin. Podobny okres czasu sarna przeznaczają na przeżuwanie i odpoczynek (Pielowski 1984).

Sarna spośród innych jeleniowatych wyróżnia się znaczną wybiórczością pokarmową. Zmienność diety sarn jest znaczna i prawdopodobnie zależy od warunków żerowych (Gębczyńska 1980). Żołądek sarny jest stosunkowo mały w porównaniu z żołądkiem u bydła, a nawet jelenia. Jelita są również stosunkowo krótkie, dwukrotnie krótsze od jelit owcy. W miarę możliwości, sarna stara się pobierać pokarm lekkostrawny, przy tym bogaty w składniki odżywcze. Żer jej to głównie zielone części roślin, zwłaszcza liście, oraz zielone pędy drzew i krzewów. Młode pędy drzew i krzewów spełniają w odniesieniu do jeleniowatych rolę żeru grubowłóknistego wpływającego korzystnie na

przebieg procesów trawiennych, a poza tym są one jedynym nieraz źródłem wody podczas silnych mrozów.

Sarna leśna wykazuje dużą wybiórczość żerową. Na jej dietę składają się borówki, jeżyny, maliny, bez czarny, jawor, lipa, osika, buk, dąb, Młode pędy drzew i krzewów stanowią pełnowartościowy pokarm jeżeli tylko rosną w wystarczających warunkach świetlnych bowiem zawierają substancje odżywcze, wodę, kwasy i alkaloidy a także mają właściwości lecznicze. Takiego pokarmu sarna wymaga nieco ponad 60% w stosunku do całodziennej jego ilości. Stwierdzono, że żer sarny składa się z 62,5% pędów drzew, 16,3% krzewów i krzewinek, 2,3% ziół, 5,8% traw, 1,3 % grzybów, pozostałe 12,5% to rośliny uprawne, a więc zboża, okopowe czy motylkowe zdobywane na polach uprawnych (Fruziński i in. 1983, Kałuziński 1982, Kossak 1981).

W przewodzie trawiennym sarny stwierdzono istnienie tylko jednego gatunku pierwotniaków. Ich liczebność jest znaczna - zapewne dzięki pokażnej zawartości sodu w pokarmie. Zważywszy na dużą wrażliwość pierwotniaków na zmianę warunków życiowych i tym samym niebezpieczeństwo ich wyginięcia w przypadku nagłej zmiany pokarmu, zrozumiała staje się znaczna wybiórczość żerowa sarny.

Do pokrycia zapotrzebowania na wodę wystarczy na ogół rosa i woda zawarta w roślinach. Rzadko obserwuje się sarny pijące wodę bezpośrednio. W okresie lata, zwłaszcza podczas długotrwałej suszy korzystają one jednak z różnego rodzaju wodopojów. W trudniejszej sytuacji znajdują się sarny zimą podczas długotrwałych mrozów. Większość żeru jest wtedy prawie pozbawiona wody, a zbiorniki wodne są zamrożone. Pewnym źródłem wody jest śnieg, jednak nie zawsze występuje, a ponadto samym śniegiem sarna nie jest w stanie zaspokoić pragnienia. Pomimo mechanizmów regulujących gospodarkę wodną w organizmie sarny pozwalających na maksymalne wykorzystanie zasobów wody znajdującej się w tkankach i narządach w tym okresie może dojść do szkodliwego niedoboru wody. Mogą na tym tle występować zakłócenia w procesie trawienia. Jeżeli żwacz jest wypełniony treścią pokarmową, a deficyt wody wynosi 20% to może nastąpić śmierć zwierzęcia. Może to mieć miejsce przede wszystkim w łowiskach typowo leśnych, gdzie niezbędna jest wówczas pomoc człowieka. Niezbędne jest w takim przypadku dokarmianie zwierząt paszami soczystymi zawierającymi pewną ilość wody (Pielowski 1984).

### 3.2. Rola składników mineralnych w organizmie zwierząt

Składniki mineralne są to pierwiastki, które po spaleniu występują w postaci popiołu w ilościach przeważających (Ca, P, Cl, Na i Mg) lub w bardzo małych stężeniach (Fe, Zn, Mn, Mo i I) (Sikorski 1996).

Organizmy wszystkich zwierząt oprócz węgla, wodoru, tlenu i azotu potrzebują do życia tzw. makroelementów (makropierwiastków), takich jak: wapń, fosfor, potas, magnez, sód, chlor i siarka, których stężenie w płynach ustrojowych i tkankach wynosi powyżej 1  $\mu\text{g/g}$  mokrej tkanki. Spośród mikroelementów (zwanymi pierwiastkami śladowymi) bardzo istotną rolę w zaspokajaniu potrzeb życiowych spełniają: miedź, żelazo, cynk, mangan, molibden, kobalt, chrom, nikiel, wanad, krzem, arsen, jod, fluor i selen. Ich stężenie w organizmie wynosi poniżej 1  $\mu\text{g/g}$  mokrej tkanki. Inne metale śladowe, np.: ołów, kadm i rtęć, nie odgrywają żadnej pozytywnej roli w cyklu życiowym, powodują jedynie zaburzenia prawidłowych funkcji organizmu. Należy pamiętać, że niektóre pierwiastki występujące w organizmach roślinnych i zwierzęcych w ilościach śladowych mogą być zaliczane do pierwiastków głównych w innym środowisku np. w glebie czy wodzie (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Termin "metale ciężkie" stosowano w przeszłości w odniesieniu do pierwiastka, który w stosunku do wody posiadał gęstość większą niż 5 ( $\text{g/cm}^3$ ). Jednakże na obecnym etapie rozwoju chemii nieorganicznej pojęcie "metale ciężkie" rozpatruje się pod kątem właściwości chemicznych analizowanych pierwiastków, w tym ich toksyczności, a nie względnych gęstości (Lippard i Berg 1998).

Spośród około 90 pierwiastków występujących w przyrodzie tylko niektóre są niezbędne do prawidłowego przebiegu procesów zachodzących w organizmach żywych (Sikorski 1996). Węgiel, wodór, azot, fosfor, tlen i siarka pełnią bardzo ważne funkcje budulcowe białek, cukrów, tłuszczów i nukleotydów, są składnikami kośćca i szkieletu. Wiele pierwiastków, tj.: sód, potas, wapń, magnez, chlor czy fosfor, pełni funkcję elektrolitów odpowiedzialnych za prawidłowe zachowanie bilansu wodnego w organizmie.



**Sód** (Na) – razem z jonami chlorkowymi i potasowymi wpływa na regulację równowagi wodnej i kwasowo-zasadowej organizmu, a także pomaga w utrzymaniu prawidłowego ciśnienia osmotycznego komórek. Sód odgrywa również rolę w zachowaniu prawidłowej pobudliwości mięśni i przepuszczalności błon komórkowych.. W nadmiarze poprawia strawność i retencję magnezu (Leontowicz i in. 1984) Jego niedobór prowadzi do utraty apetytu, zatrzymania wzrostu i obniżenia masy ciała zwierzęcia. Na stany niedoborowe tego pierwiastka narażone są zwierzęta młode, w intensywnej fazie rozwoju, samice w okresie laktacji oraz osobniki żerujące na uprawach wysoko nawożonych potasem.

**Magnez** (Mg) – 70% znajduje się w kościach, 25% w mięśniach, pozostała część w mózgu i wątrobie. Jako katalizator szeregu enzymów bierze udział w metabolizmie białek, węglowodanów i lipidów - reguluje stężenie cholesterolu we krwi, odgrywa kluczową rolę w metabolizmie glikogenu. Odgrywa ważną rolę w procesach związanych ze skurczem mięśni, krzepnięciem krwi, wraz z wapniem bierze udział w budowaniu szkieletu i tkanki podporowej. Jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania mikroflory żwacza, gdzie aktywuje enzymy. Duże znaczenie przypisuje się antytoksycznemu działaniu magnezu w przypadkach skażeń związkami ołowiu i kadmu oraz funkcji odpornościowej (Kondracki i Bednarek 1996). Przy niedostatecznej podaży magnezu z pokarmem zwierzęta uruchamiają rezerwy tego pierwiastka z mięśni i kości. Na jego zdolność wchłaniania ma wpływ, oprócz niedoboru węglowodanów i azotu niebiałkowego, stosunek do innych składników mineralnych. Przeciwnie działanie na poziom magnezu w organizmie wykazują sód i potas, sód zwiększając a potas hamując jego wchłanianie. Z uwagi na znaczący udział magnezu w prawidłowym funkcjonowaniu układów nerwowego, mięśniowego, wydzielniczego, trawiennego i immunologicznego stany niedoborowe objawiają się zaburzeniami ze strony tych układów. Niedobór tego pierwiastka u bydła wypasane wiosną na niektórych pastwiskach wywołuje tzw. tężyczkę pastwiskową objawiającą się skurczami i degeneracyjnymi zmianami mięśniowymi (Bednarek 1987).

**Potas** (K) – podobnie jak sód, zapewnia prawidłową gospodarkę wodno-elektrolitową organizmu, reguluje wewnątrzkomórkowe ciśnienie osmotyczne krwi, będąc aktywatorem wielu enzymów, między innymi wpływa na aktywność mięśniową oraz

reguluje czynność gruczołów dokrewnych. Z uwagi na zdolność roślin do tzw. luksusowego pobierania i gromadzenia potasu rzadko występuje jego niedobór. Może on objawiać się powolnym wzrostem, osłabieniem, ograniczeniem poboru wody i pokarmu, wychudzeniem i zaburzeniami ze strony układu nerwowego. Natomiast pobieranie z żerem nadmiernych ilości tego pierwiastka obniża przyswajalność magnezu. Nadmiar potasu w glebie prowadzi do wytwarzania przez rośliny toksycznych dla zwierząt azotynów i azotanów, co na skutek zaburzeń w procesach przemiany materii może doprowadzić do śmierci (Underwood i Suttle 1999).

**Cynk (Zn)** – 60% znajduje się w mięśniach, 20% w wątrobie, nerkach i gonadach, 10% przypada na skórę i kości oraz krew. Jako składnik kilkudziesięciu enzymów bierze udział w metabolizmie białek, węglowodanów i kwasów nukleinowych. Tworzy część składową insuliny, uczestniczy w transporcie i wydalaniu CO<sub>2</sub>. Cynk bierze udział w utrzymaniu równowagi innych pierwiastków śladowych: manganu, magnezu, miedzi i seleniu. Zwierzęta nie potrafią magazynować cynku, dlatego szybko pojawiają się objawy niedoboru czyli zmniejszenie wykorzystania aminokwasów w biosyntezie białek, utrata apetytu, zaburzenie wchłaniania i zahamowanie wzrostu, słabe gojenie się ran, podatność na infekcje, zaburzenia immunologiczne, zmiany w jądrach, zaburzenia płodności i zakłócenia procesów kościotwórczych. Nadmiar tego pierwiastka w pokarmie ogranicza przyswajanie żelaza i miedzi co może prowadzić do niedokrwistości (Bednarek 1988, Kondracki i Bednarek 1996).

**Miedź (Cu)** – miedź występuje we wszystkich organizmach zwierzęcych, średnia jej zawartość w tkankach ssaków lądowych wynosi około 5 mg/kg, gromadzi się głównie w tkance wątrobowej. Miedź jest częścią składową i aktywatorem wielu enzymów katalizujących reakcje oksydacyjno-redukcyjne, stymuluje wydzielanie i aktywność hemoglobiny, reguluje metabolizm i transport żelaza. Jest niezbędna do prawidłowego metabolizmu tkanki łącznej, odpowiada za procesy utwardzania kolagenu, keratynizacji sierści. Ma wpływ na właściwości osłonki mielinowej włókien nerwowych i przemiany lipidów. Niedobory Cu objawiają się nieprawidłowościami postawy, obrzękami w okolicach stawów, kruchością kości i na skutek demielinizacji włókien nerwowych zaburzeniami koordynacji ruchowej. Nadmiar miedzi prowadzi do zaburzeń w funkcjonowaniu wątroby, uszkodzenia nerek i mięśnia sercowego. Pierwiastek ten

wykazuje większą toksyczność przy bezpośrednim działaniu na komórki powodując zmiany w strukturze białek. Stosunkowo wysoki współczynnik bioakumulacji miedzi i duży wpływ antropogenicznego jej uruchamiania może prowadzić do ryzyka lokalnego skażenia środowiska (Gehrke 1997, Jaśkowski i in.1993).

**Żelazo** (Fe) – 70% wbudowane jest w hemoglobinie, 5% w mioglobinie, reszta magazynowana jest w białkach i odpowiada za działanie enzymów biorących udział w procesach oksydacyjno-redukcyjnych. Żelazo ma wpływ na procesy oddychania komórkowego i podziału komórek, prawidłową czynność serca, rozwój tkanki mięśniowej oraz na przemiany hormonalne i stan układu odpornościowego. Zarówno wchłanianie jak i funkcje metaboliczne żelaza są powiązane z innymi pierwiastkami. Szczególnie antagonistyczne działania wykazują kadm, mangan, ołów i cynk. W przypadku miedzi jest to zależność złożona, często o charakterze synergistycznym z uwagi na współdziałanie w procesach oksydacyjno-redukcyjnych. Hamująco na bioprzyswajalność żelaza wpływa fosfor z uwagi na łatwość wytrącania się fosforanów żelaza w różnych warunkach. Na niedobory żelaza szczególnie narażone są młode zwierzęta, niemniej w każdym wieku niedostateczna podaż tego pierwiastka powoduje zmniejszenie apetytu i tempa wzrostu, spadek masy ciała, wzmożoną pracę serca i oddychania, niedokrwistość oraz zwiększoną podatność na infekcje i spadek odporności (Kondracki i Bednarek 1996).

**Mangan** (Mn) – w tkankach ssaków lądowych gromadzi się głównie w narządach mięsnych, kościach, sierści i komórkach zawierających pigment. Bierze udział w procesach metabolicznych, jako aktywator enzymów reguluje metabolizm węglowodanów (glukozy), lipidów i białek, jednakże nie wchodzi w skład enzymów i jego funkcja może być zastąpiona przez inne metale głównie magnez. Brak Mn u zwierząt najczęściej jest wynikiem zaburzeń w przyswajaniu tego pierwiastka niż rzeczywistym niedoborem w paszy. Niedobory manganu prowadzą do zaburzeń ze strony układu kostnego zwierząt, deformacji kości, zahamowania wzrostu i zaburzeń koordynacji ruchowej. Brak manganu obniża płodność, co związane jest z zaburzeniami w syntezie cholesterolu i hormonów płciowych i steroidowych. Zaburzenia rozrodu u samic polegają na niepełnoobjawowej rui lub całkowitym jej braku, nieregularnych cyklach rujowych i poronieniach, natomiast u samców obniża się jakość nasienia. Zbyt duże stężenia manganu

wywołują niedobory miedzi, fosforu i żelaza (Gehrke 1997, Gehrke i Lachowski 1996).

**Kadm** (Cd) – gromadzi się głównie w nerkach i wątrobie dokąd dostaje się dzięki połączeniom z białkami (metalotioniną). Jest inhibitorem fosfataz i enzymów zawierających grupy sulfhydrylowe i za ich pośrednictwem wpływa na metabolizm białek. Kadm wykazuje silne działanie toksyczne między innymi z uwagi na łatwość z jaką się wchłania i długi okres biologicznego półtrwania. Nadmiar tego pierwiastka wywołuje u zwierząt deformację kości, uszkadza nerki, zaburza funkcje rozrodcze i prowadzi do zmian nowotworowych (Gorlach i in. 1996, Kabata-Pendias i Pendias 1999).

**Ołów** (Pb) – obecność ołowiu stwierdzono we wszystkich tkankach zwierząt, 90% pobieranego pierwiastka odkłada się głównie w kościach (4 – 25 ppm) i tkankach miękkich. Po wprowadzeniu do organizmu przechodzi do krwi, gdzie łączy się z białkami osocza. Obecność ołowiu hamuje powstawanie ceruloplazminy biorącej udział w metabolizmie żelaza i miedzi, wzrost stężenia ołowiu przyspiesza wydalanie żelaza i miedzi. Ołów wykazuje antagonistyczne działanie wobec innych pierwiastków, które związane jest z ich powinowactwem do tworzenia kompleksów z białkami, a w szczególności z metioneiną. Nadmiar ołowiu prowadzi do przewlekłych zatruc układu pokarmowego i nerwowego (ołowicy), uszkodzenia wątroby, nerek i kości (Brandys 1999, Laskowski i Migula 2004).

**Kobalt** (Co) – u zwierząt lądowych gromadzi się głównie w organach mięsnych i mięśniach osiągając stężenia nawet do 10 mg/kg. Jako element składowy kobalamin uczestniczy w procesach krwiotwórczych i metabolizmie kwasów nukleinowych i białek. Uczestniczy w procesach oksydacyjno-redukcyjnych. Cd wykazuje działanie toksyczne, zwierzęta przeżywające odznaczają się dość wysoką tolerancją na wysokie stężenia w paszach. Nadmiar kobaltu wywołuje „czerwienicę”, uszkadza nerki, wątrobę i osłonki włókien nerwowych oraz błony śluzowe i skórę, prowadzi do przerostu gruczołu tarczowego. Poprzez zaburzoną syntezę DNA przyczynia się do powstawania zmian nowotworowych. Ma zdolność do przenikania przez łożysko i może powodować zmiany w zarodku. Niedobór kobaltu prowadzi do niedokrwistości i zmian w narządach mięsnych, zaburzeń metabolizmu co objawia się wychudzeniem i osłabieniem zwierzęcia (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Składniki mineralne ulegają kumulacji w różnych tkankach i organach oraz w elementach komórki, tj.: jądrze, mitochondriach czy błonie. Sposób rozmieszczenia pierwiastków w różnych organach uwarunkowany jest kondycją, wiekiem i zdolnościami dziedzicznymi organizmu. Najwięcej pierwiastków gromadzi się zazwyczaj w wątrobie i nerkach zwierząt (tab. 3.1.). Do składników mineralnych wykazujących takie właściwości należą: Cd, Co, Cu, Mn, Pb i in. W mięśniu sercowym kumulują się: Co, Cu, Mn, Ni, Se i Zn, w kościach: Al, Mn, Mo, Pb, Si i Zn, natomiast w skórze: Cr, Cu, Mo, Se, Si i Zn (Kabata-Pendias i Pendias 1999, Laskowski i Migula 2004, Lippard i Berg 1998).

Tabela 3.1. Kumulacja wybranych składników mineralnych w tkankach kręgowców lądowych

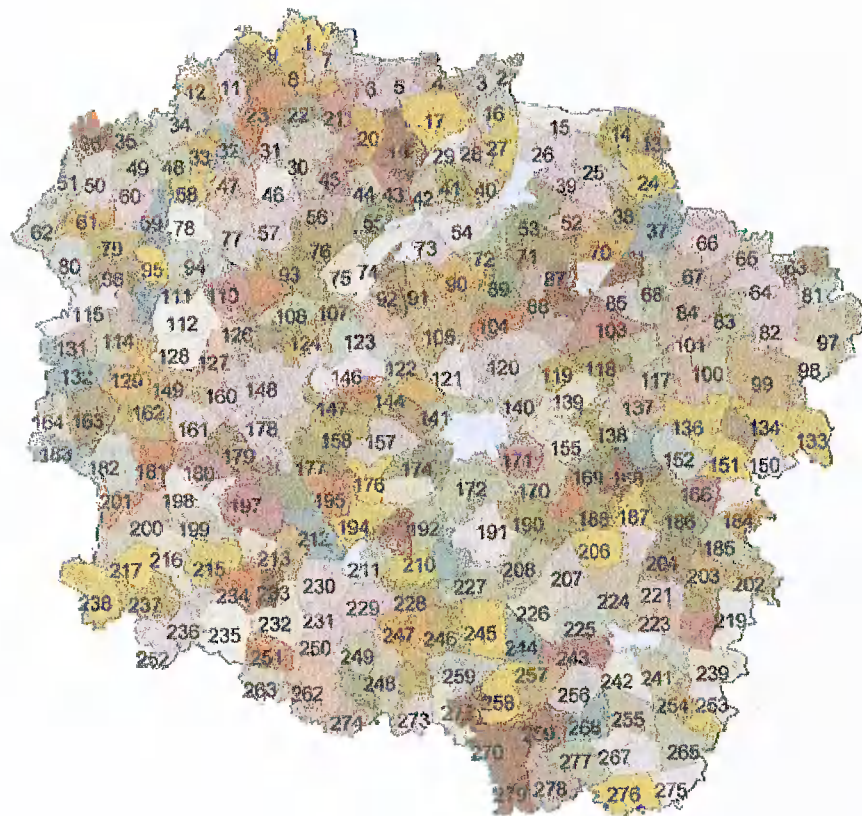
<b>Składnik mineralny</b>	<b>Tkanki i narządy</b>
<b>Cynk</b> (Zn)	wątroba, nerki (zawartość maleje wraz z wiekiem)
<b>Kadm</b> (Cd)	nerki (50% całkowitej ilości pierwiastka w organizmie), płuca (30% całkowitej zawartości pierwiastka w organizmie)
<b>Kobalt</b> (Co)	organy mięszone, mięśnie
<b>Magnez</b> (Mg)	kości (60% ogólnej ilości)
<b>Mangan</b> (Mn)	organy mięszone, komórki z pigmentem, kości, włosy i sierść
<b>Miedź</b> (Cu)	wątroba, mózg, nerki koni, najmniej w mięśniach i kościach
<b>Ołów</b> (Pb)	kości (90% pobieranego metalu), mięśnie, wątroba, nerki, szpik kostny i mózg
<b>Żelazo</b> (Fe)	hemoglobina i mioglobina (60-70% ogólnej zawartości), wątroba i śledziona

### 3.3. Charakterystyka regionu kujawsko-pomorskiego

Ogólna powierzchnia województwa kujawsko-pomorskiego obejmuje 18 tysięcy km<sup>2</sup>. Na terenie tym dominują gleby użytkowane rolniczo – prawie 65%, w tym grunty orne 56%, łąki i pastwiska około 8% i prawie 1% sady. Województwo należy do słabo zalesionych, lasy stanowią tylko około 20% ogólnej powierzchni. Najbardziej zalesiona jest północna część województwa.

W obrębie użytków rolnych najbardziej charakterystyczne typy gleb to gleby biellicowe i pseudobiellicowe, brunatne, piaskowe i czarne ziemie oraz mady i gleby hydrogeniczne. Skazenie gleb metalami ciężkimi w województwie kujawsko-pomorskim w porównaniu z czystością gleb całego kraju nie jest wysokie. Powierzchnia gleb nie zanieczyszczonych metalami 0° obejmuje aż 94,7% ogólnej powierzchni użytków rolnych. W 2° zanieczyszczenia kadmem, cynkiem, miedzią i niklem jest tylko 0,5% powierzchni użytków rolnych między innymi na terenach gmin Grudziądz, Chełmża, Koneck i Sępólno Krajeńskie (Raport WIOŚ 2002, 2003, Raport z monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 2000 roku, 2001).

Województwo kujawsko-pomorskie podzielone jest na trzy okręgi łowieckie: bydgoski, toruński i włocławski. Gospodarka łowiecka na tym obszarze prowadzona jest przez 6830 myśliwych zrzeszonych w kołach łowieckich Polskiego Związku Łowieckiego, podlegających właściwym Zarządom Okręgowym. Łowiska podzielone są na 199 obwodów łowieckich polnych, 57 obwodów łowieckich leśnych i 21 obwodów wyłączonych z wydzierżawienia i przeznaczonych na ośrodki hodowli zwierzyny (ryc. 3.1.). Województwo kujawsko-pomorskie podzielone jest na 277 obwodów łowieckich obejmując obszar 1.630.454 ha, w tym 382.682 ha lasów (Raport o stanie przyrody województwa kujawsko-pomorskiego 2004).



Ryc. 3.1. Mapa obwodów łowieckich województwa kujawsko-pomorskiego (Raport o stanie przyrody województwa kujawsko-pomorskiego 2004)

Stan inwentaryzacyjny sarny za rok 2003 wynosił 24.157 zwierząt, z młodymi kozłętami 30.657, w tym 10.046 kozłów (I klasa – 5.834, II klasa – 4.212) i 14.111 kóz oraz 6.500 kozłąt. Planowana liczba zwierząt do odstrzału – 6.000 (Raport o stanie przyrody województwa kujawsko-pomorskiego 2004).

## 4. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

### 4.1. Materiał badany

Materiał eksperymentalny będący przedmiotem badań niniejszej pracy stanowiły próbki narządów i tkanek pobranych od sarny *Capreolus capreolus* pozyskanej na terenie województwa kujawsko-pomorskiego. Badania prowadzone były w dwóch sezonach łowieckich w latach 2001/2002 i 2002/2003. Zwierzęta odstrzelone zostały przez indywidualnych myśliwych polujących w obwodach łowieckich położonych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 10 kwietnia 2001 roku (Dz. U., Nr 43, poz. 488). Od każdego zwierzęcia pobrano próbki następujących tkanek i narządów: mięsień najdłuższy grzbietu (*musculus longissimus dorsi*), wątroba, nerka, śledziona, jądra i skóra. Ogółem w sezonach łowieckich 2001/2002 i 2002/2003 pobrano 156 próbek tkanek od 30 zwierząt obu płci, w wieku trzech-czterech lat.

W badanym materiale oznaczono stężenie wybranych składników mineralnych – sodu (Na), potasu (K), magnezu (Mg), cynku (Zn), miedzi (Cu), żelaza (Fe) i manganu (Mn) oraz metali ciężkich – ołowiu (Pb), kadmu (Cd) i kobaltu (Co).

### 4.2. Przygotowanie prób do analizy

Próbki pobierano z nieschlodzonych tkanek zwierząt. Umieszczano je w sterylnych, szczelnie zamykanych pojemnikach szklanych wypełnionych płynem Bakera zawierającym formalinę i tlenek wapnia CaO (w celu zabezpieczenia materiału biologicznego przed rozkładem w trakcie transportu).



Po przewiezieniu próbek do laboratorium, wycinki narządów rozdrabniano i poddawano liofilizacji w liofilizatorze typu Lyovac GT2 firmy Finn-Aqua. Zliofilizowane próbki mineralizowano „na mokro” w mineralizatorze mikrofalowym Ethos plus firmy Milestone w celu oznaczenia Na, K, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn oraz „na sucho” w piecu muflowym dla oznaczenia Pb, Cd i Co.

#### **– mineralizacja mokra**

W celu mineralizacji odważano 0,2 g tkanki, następnie dodawano  $\text{HNO}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}_2$  w proporcji 4:1. Czas mineralizacji mikrofalowej wynosił 20 minut. Przez pierwsze 10 minut temperatura rosła do  $190^\circ\text{C}$  i utrzymywana była na tym poziomie przez kolejne 10 minut. Zmineralizowane próbki przenoszono ilościowo do kolb miarowych o pojemności  $50\text{ cm}^3$  i poddawano analizie w celu oznaczenia zawartości składników mineralnych.

#### **– mineralizacja sucha**

W celu mineralizacji w piecu muflowym odważano 2 g tkanki do parowniczek kwarcowych. W celu uniknięcia zapalenia się próbek w piecu, tkanki były wstępnie zwęglane na palniku gazowym, ogrzewane ostrożnie bardzo małym płomieniem. Tak przygotowane próbki umieszczano w piecu w temperaturze  $250^\circ\text{C}$  i ogrzewano wolno zwiększając temperaturę aż do osiągnięcia  $350^\circ\text{C}$  w celu wydymienia się tkanek. Następnie temperaturę podwyższano do  $400^\circ\text{C}$  i badane próbki spalano przez około 16 godzin w temperaturze nie wyższej niż  $450^\circ\text{C}$ . Jeśli popiół w parowniczkach był biały, co oznaczało, że był wolny od węgla, próbki były poddawane dalszym analizom. W przeciwnym razie zawartość parowniczek lekko zwilżano wodą destylowaną, a następnie dodawano od  $0,5$  do  $3\text{ cm}^3$  stężonego kwasu azotowego(V) i kontynuowano ogrzewanie w piecu w temperaturze  $400^\circ\text{C}$  przez ok. 2-3 godziny. Powstały biały popiół przenoszono ilościowo do kolb miarowych o pojemności  $10\text{ cm}^3$  przy pomocy 1 molowego kwasu azotowego (V) i poddawano analizie w celu oznaczenia zawartości metali ciężkich (Krełowska-Kułas 1993).

### 4.3. Oznaczenie zawartości metali

Oznaczenia zawartości składników mineralnych i metali ciężkich w zmineralizowanych tkankach saren wykonano techniką atomowej spektroskopii absorpcyjnej przy pomocy aparatu atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) Solaar 969 firmy Unicam. Zawartość metali w tkankach saren podano w mg/kg świeżej tkanki.

Analizy zawartości składników mineralnych w wybranych narządach badanych zwierząt zostały wykonane w Laboratorium Wydziałowym oraz w laboratorium Katedry Biologii Małych Przeżuwaczy i Biochemii Środowiska na Wydziale Zootechnicznym ATR w Bydgoszczy.

### 4.4. Stosowane metody statystyczne

Zebrane dane nie spełniają założeń o normalności rozkładu i jednorodności wariancji wymaganych przy stosowaniu parametrycznych testów statystycznych. Test Shapiro-Wilka i analiza normalnych wykresów prawdopodobieństwa wykazują brak rozkładu normalnego dla większości zmiennych. W celu osiągnięcia rozkładu normalnego przeprowadzono transformację danych – przekształcenie logarytmiczne ( $\log_{10}$ ). Rozkład wyjściowych danych liczbowych jest prawoskośny, a transformacja logarytmiczna spowodowała rozciągnięcie dolnej skali danych i ściśnienie górnej skali wyników, dzięki czemu uzyskano rozkład symetryczny.

Transformacja logarytmiczna wyników pozwoliła również na osiągnięcie jednorodności wariancji w porównywanych grupach.

Ocenie statystycznej poddano zawartości poszczególnych pierwiastków w badanych tkankach samic i samców saren odstrzelonych na terenach łowieckich województwa kujawsko-pomorskiego.

---

W celu stwierdzenia czy występują różnice w zawartości oznaczanych pierwiastków, w każdej tkance, w zależności od płci zwierząt zastosowano test t-Studenta dla zmiennych niepowiązanych po transformacji logarytmicznej. Test wykonywano osobno dla każdej tkanki – mięsień, wątroba, nerka, skóra, jądra, śledziona.

Następnie do oceny różnic zawartości każdego pierwiastka w poszczególnych tkankach saren zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Zmienną grupującą był rodzaj badanej tkanki. Ze względu na nierówną liczebność porównywanych grup jako test porównań wielokrotnych zastosowano test Tuckeya.

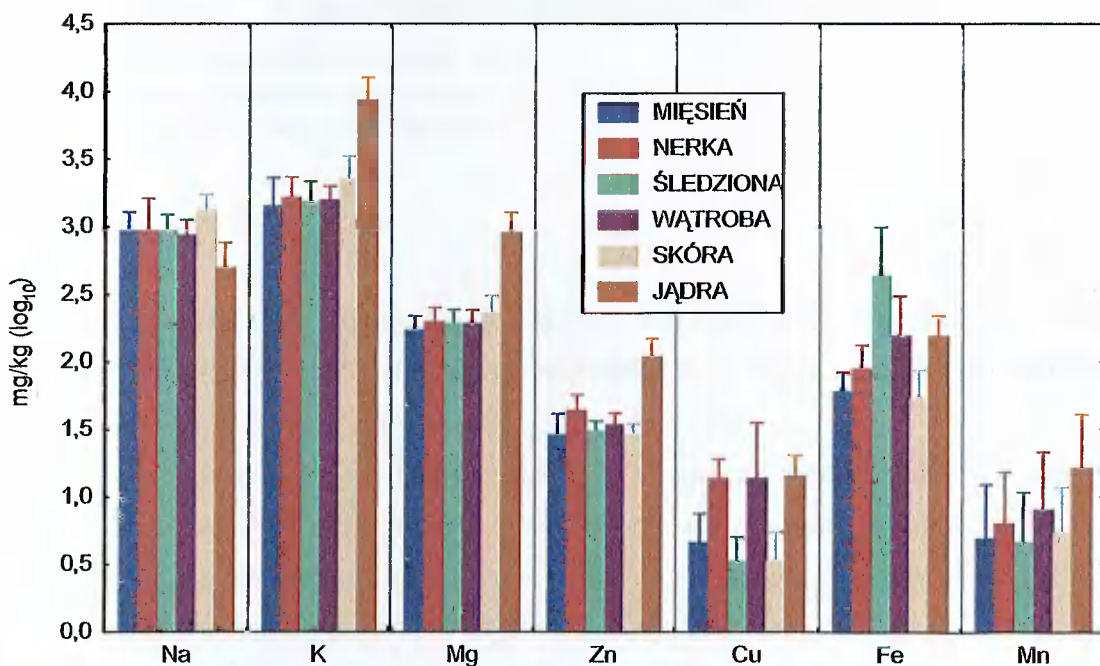
Dla każdej tkanki obliczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona między oznaczanymi pierwiastkami oraz oceniono ich istotność.

Obliczenia statystyczne wykonano przy pomocy programu Statistica 5.0 oraz Microsoft Excel 2003.

## 5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki testu t-Studenta wykazały brak statystycznie istotnych różnic między zawartością każdego badanego pierwiastka w określonej tkance u osobników różnej płci (tab. 9.1., rozdział 9. „Tabele i wykresy”). W związku z powyższym w przeprowadzonych badaniach nie uwzględniono płci jako zmiennej grupującej.

Na ryc. 5.1. przedstawiono sumarycznie średnie zawartości mikro- i makroelementów oznaczone we wszystkich badanych tkankach. Z kolei w tabelach 5.1-5.10 umieszczono wartości podstawowych parametrów statystycznych wyników zawartości metali w tkankach zwierząt, a mianowicie liczbę pomiarów, średnią geometryczną i medianę. Poza tym zaznaczono istotność różnic między zawartością poszczególnych pierwiastków w badanych tkankach.



Ryc. 5.1. Wykres średnich zawartości pierwiastków w badanych tkankach (wartości log)

Najwyższą średnią zawartość **sodu** zaobserwowano w skórze – 1339,37 mg/kg i była ona statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) wyższa od zawartości Na w pozostałych tkankach. Natomiast najniższą zawartość tego pierwiastka (489,76 mg/kg) i jednocześnie statystycznie istotnie różną od pozostałych tkanek zanotowano w jądrach.

Stężenie sodu w śledzionie, mięśniu, wątrobie i nerce kształtowało się w zakresie od 865,15 do 932,68 mg/kg (tab. 5.1., ryc.5.2.) i nie różniło się statystycznie istotnie.

Tabela 5.1. Zawartość **sodu** w narządach i tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	<b>wątroba</b>	<b>mięsień</b>	<b>nerka</b>	<b>jądra</b>	<b>śledziona</b>	<b>skóra</b>
<i>n</i>	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_F$	865,15	925,03	921,02	489,76	932,68	1339,37
<i>Me</i>	817,80	978,00	922,60	500,50	928,20	1323,02
<b>wątroba</b>		-	-	++	-	++
<b>mięsień</b>	-		-	++	-	++
<b>nerka</b>	-	-		++	-	++
<b>jądra</b>	++	++	++		++	++
<b>śledziona</b>	-	-	-	++		+
<b>skóra</b>	++	++	++	++	+	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

Średnie zawartości **magnezu** w badanych tkankach saren pozyskanych w rejonie województwa kujawsko-pomorskiego utrzymywały się, z wyjątkiem jąder, na zbliżonym poziomie co wyraźnie widać na wykresie 5.1 i w tabeli 5.2.

W mięśniach zawartość Mg wynosiła 171,39 mg/kg świeżej tkanki, była najniższa wśród wszystkich badanych tkanek i różniła się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) od zawartości tego pierwiastka w skórze. Między stężeniem magnezu w wątrobie, śledzionie, nerkach i skórze nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Zawartość magnezu w jądrach (915,81 mg/kg) różniła się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) od zawartości w pozostałych badanych tkankach saren.

Tabela 5.2. Zawartość magnezu w narządach i tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

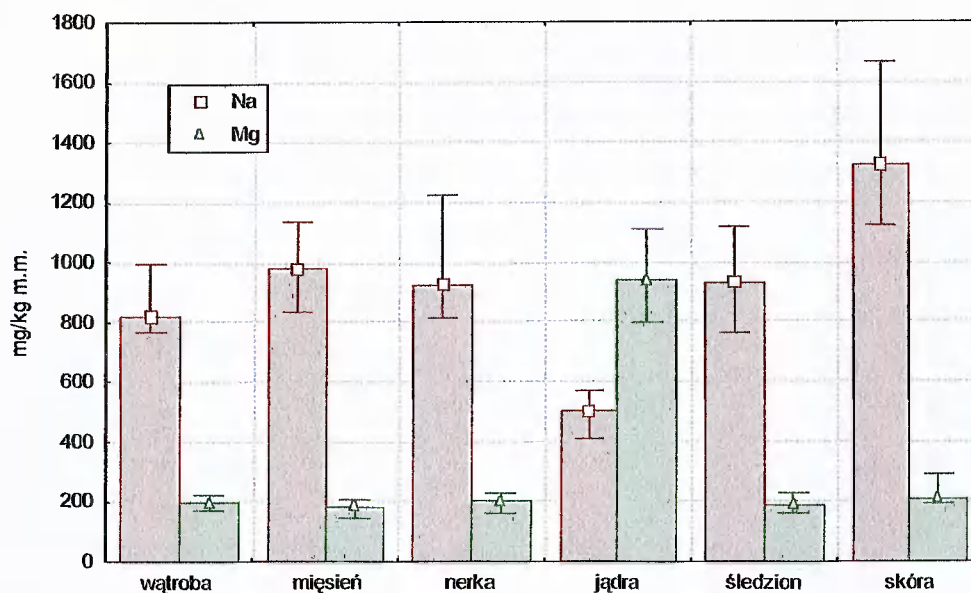
	wątroba	mięsień	nerka	jądra	śledziona	skóra
$n$	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_g$	191,79	171,39	198,82	915,81	190,54	225,76
$Me$	196,04	186,00	200,20	939,00	192,40	210,00
wątroba		-	-	++	-	-
mięsień	-		-	++	-	++
nerka	-	-		++	-	-
jądra	++	++	++		++	++
śledziona	-	-	-	++		-
skóra	-	++	-	++	-	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

Na ryc. 5.2. i 5.3. przedstawiono zawartości sodu i magnezu oraz potasu w badanych tkankach saren pochodzących z województwa kujawsko-pomorskiego, z uwzględnieniem mediany i kwartyli.



Ryc. 5.2. Zawartości sodu i magnezu w tkankach sarny w mg/kg świeżej tkanki (mediana i kwartyli)

Podobnie jak w przypadku sodu, również zawartości **potasu** w śledzionie, mięsniu, wątrobie i nerce nie różnią się statystycznie istotnie. Zawartość potasu w jądrach zwierząt jest statystycznie istotnie większa (ok. 5-krotnie) od zawartości Na w pozostałych badanych tkankach. Drugą pod względem zawartości potasu tkanką różniącą się statystycznie istotnie od pozostałych jest skóra (tab. 5.3., ryc. 5.3.).

Jak wynika z tabel 5.1. i 5.3. stosunek zawartości sodu do potasu w prawie wszystkich badanych tkankach wynosi 1:1,6. Wyjątek stanowią jądra, w których zanotowano ok. 17-krotnie większe stężenie potasu niż sodu.

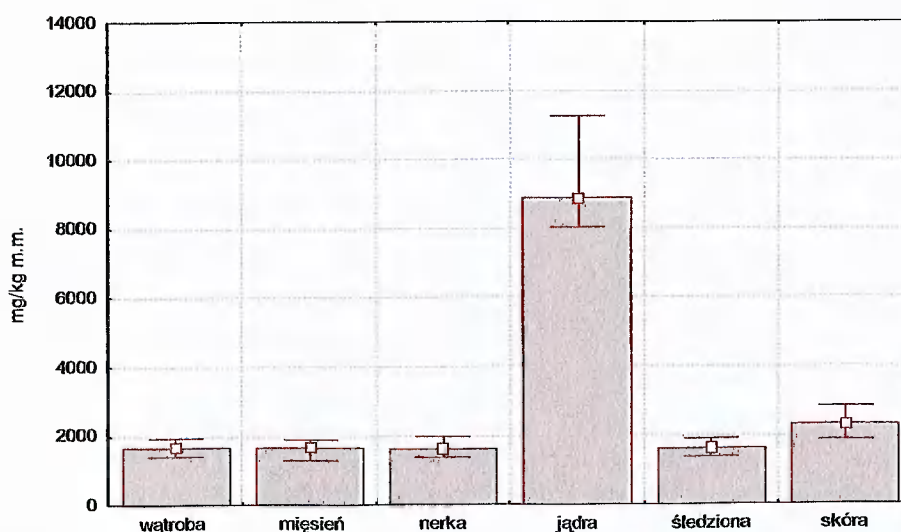
Tabela 5.3. Zawartość **potasu** w narządach i tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	wątroba	mięsień	nerka	jądra	śledziona	skóra
<i>n</i>	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_g$	1556,84	1433,15	1622,14	8638,44	1530,06	2240,38
<i>Me</i>	1658,80	1665,00	1619,80	8860,00	1609,40	2292,53
wątroba		-	-	++	-	++
mięsień	-		-	++	-	++
nerka	-	-		++	-	+
jądra	++	++	++		++	++
śledziona	-	-	-	++		++
skóra	++	++	+	++	++	

(-) brak statystycznie istotnych różnic przy ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice przy ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice przy ( $p \leq 0,01$ )



Ryc. 5.3. Zawartości potasu w tkankach sarny w mg/kg świeżej tkanki (mediana i kwartyle)

Najwyższą zawartość **cynku** stwierdzono w jądrach koźłów. Wynosiła ona średnio – 108,99 mg/kg świeżej tkanki i różniła się, podobnie jak w przypadku sodu, potasu i magnezu, statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) od zawartości tego pierwiastka w pozostałych tkankach.

Także nerki pod względem zawartości cynku (średnio 43,52 mg/kg) różniły się statystycznie istotnie od pozostałych badanych tkanek.

W skórze średnia zawartość Zn wynosiła 28,02 mg/kg, w mięśni uzyskała zbliżoną wartość (28,28 mg/kg) i były one najniższe wśród badanych tkanek. Śledziona i wątroba zawierały odpowiednio 30,15 mg/kg i 34,17 mg/kg (tab. 5.4., ryc. 5.4.).

Tabela 5.4. Zawartość **cynku** w narządach i tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	wątroba	mięsień	nerka	jądra	śledziona	skóra
<i>n</i>	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_g$	34,17	28,28	43,52	108,99	30,15	28,02
<i>Me</i>	33,93	29,52	41,13	116,95	30,21	28,32
<b>wątroba</b>		-	+	++	-	-
<b>mięsień</b>	-		++	++	-	-
<b>nerka</b>	+	++		++	++	++
<b>jądra</b>	++	++	++		++	++
<b>śledziona</b>	-	-	++	++		-
<b>skóra</b>	-	-	++	++	-	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

W tabeli 5.5 i na wykresie 5.4. przedstawiono zawartości **żelaza** w poszczególnych tkankach badanych saren. Najwyższe stężenie żelaza zanotowano w śledzionie – 482,36 mg/kg, a najniższe w nerce, mięśni i skórze kolejno: 86,66, 56,14 i 52,95 mg/kg. Natomiast w wątrobie i jądrach poziom tego pierwiastka wynosił odpowiednio 156,91 mg/kg oraz 148,53 mg/kg. Pod względem zawartości żelaza większość tkanek różniła się istotnie statystycznie (tab. 5.5.).



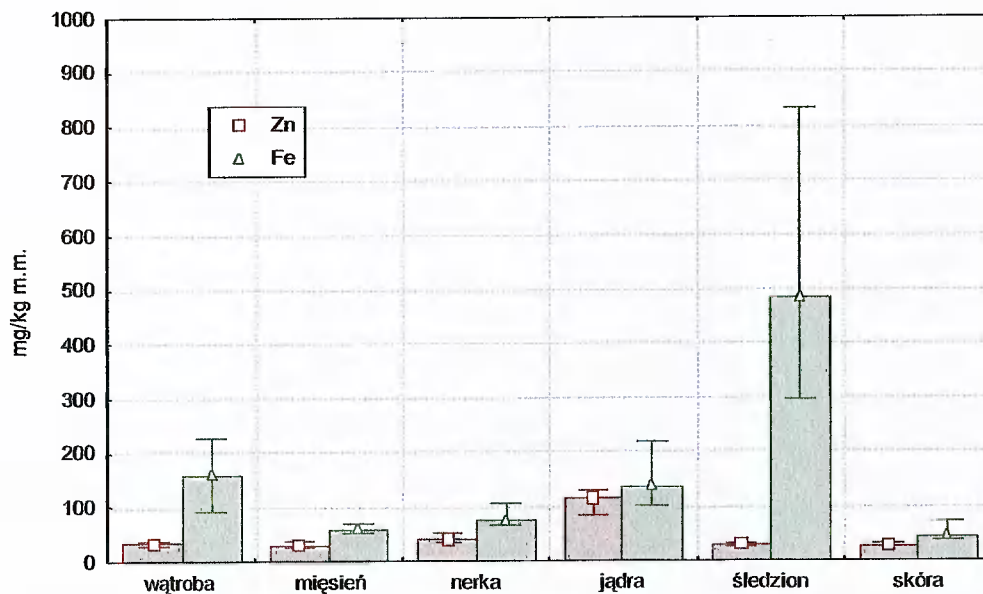
Tabela 5.5. Zawartość żelaza w narządach i tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	wątroba	mięsień	nerka	jądra	śledziona	skóra
<i>n</i>	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_g$	156,91	56,14	86,66	148,53	482,36	52,95
<i>Me</i>	160,89	56,79	74,66	136,90	481,62	45,85
wątroba		++	++	-	++	++
mięsień	++		+	++	++	-
nerka	++	+		+	++	+
jądra	-	++	+		++	++
śledziona	++	++	++	++		++
skóra	++	-	+	++	++	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )



Ryc. 5.4. Zawartości cynku i żelaza w tkankach sarny w mg/kg świeżej tkanki (mediana i kwartyle)

Najwyższym poziomem **miedzi** charakteryzowała się wątroba saren (18,55 mg/kg), nieco niższe wartości zanotowano dla nerek i jąder – 13,48 mg/kg i 14,05 mg/kg, a najniższe wartości stwierdzono w śledzionie, skórze i mięśniach odpowiednio 3,28 mg/kg, 3,30 mg/kg oraz 4,57 mg/kg (tab. 5.6., ryc. 5.5.). Ze względu na zawartość miedzi narządy można podzielić na dwie grupy: pierwszą (o wysokim stężeniu Cu) – wątroba, nerki i jądra oraz drugą (o niskim stężeniu Cu) – mięsień, śledziona i skóra. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między średnią zawartością miedzi w poszczególnych tkankach zaklasyfikowanych do tej samej grupy, natomiast statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ ) występowały między tkankami z różnych grup (tab. 5.6.).

Tabela 5.6. Zawartość **miedzi** (mg/kg świeżej tkanki) w narządach i tkankach saren

	wątroba	mięsień	nerka	jądra	śledziona	skóra
<i>n</i>	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_g$	18,55	4,57	13,48	14,05	3,28	3,30
<i>Me</i>	17,48	4,65	14,43	12,95	3,35	3,50
wątroba		++	-	-	++	++
mięsień	++		++	++	-	-
nerka	-	++		-	++	++
jądra	-	++	-		++	++
śledziona	++	-	++	++		-
skóra	++	-	++	++	-	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

Jak wynika z tabeli 5.7. i wykresu 5.5. najwyższą zawartość **manganu** stwierdzono w jądrach (23,10 mg/kg) badanych zwierząt i różniła się istotnie statystycznie od pozostałych tkanek.

Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic w zawartości Mn między pozostałymi tkankami, w których stężenie tego pierwiastka kształtowało się w granicach od 4,53 do 7,98 mg/kg (tab. 5.7.).

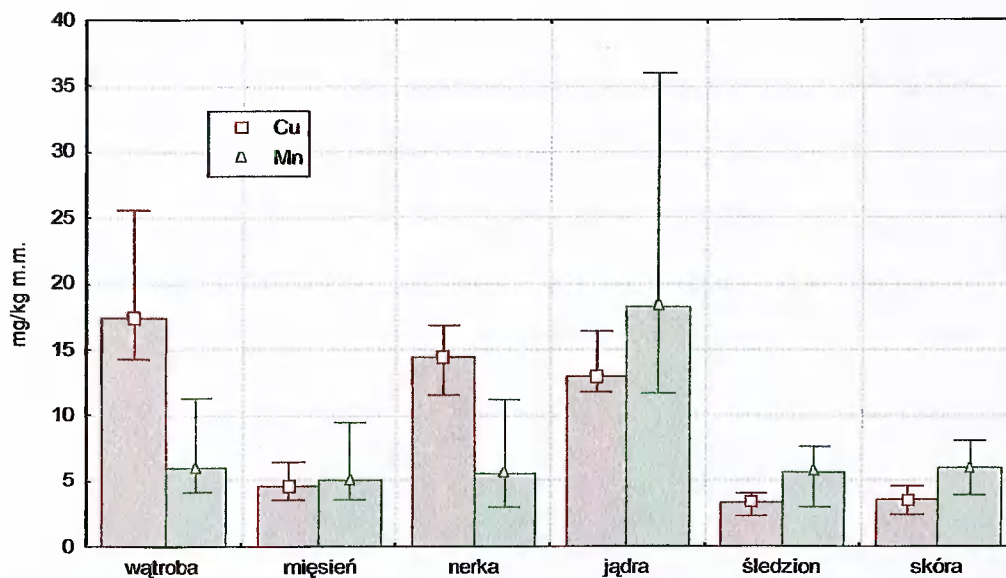
Tabela 5.7. Zawartość manganu w narządach i tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	wątroba	mięsień	nerka	jądra	śledziona	skóra
<i>n</i>	29	29	26	20	23	29
$\bar{x}_g$	7,95	4,89	6,28	23,10	4,53	5,45
<i>Me</i>	5,97	5,10	5,60	18,20	5,67	6,06
wątroba		-	-	+	-	-
mięsień	-		-	++	-	-
nerka	-	-		++	-	-
jądra	+	++	++		++	++
śledziona	-	-	-	++		-
skóra	-	-	-	++	-	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

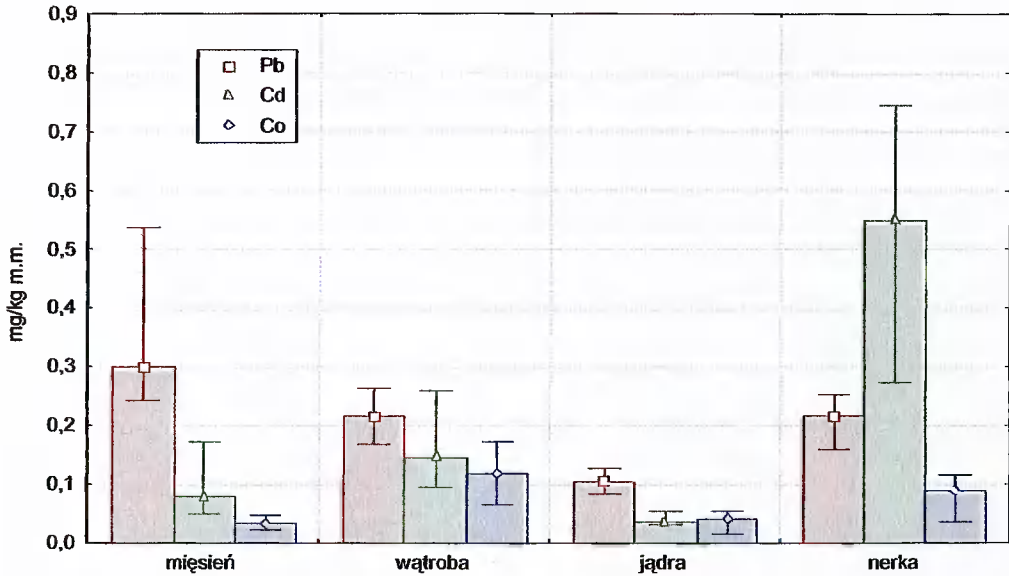
(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )



Ryc.5.5. Zawartości miedzi i manganu w tkankach sarny w mg/kg świeżej tkanki (mediana i kwartyle)

Z kolei na rycinie 5.6. przedstawiono średnie zawartości ołowiu, kadmu i kobaltu oznaczone w wybranych tkankach saren z województwa kujawsko-pomorskiego. Wyraźnie zaznacza się wysoki poziom Cd w nerce w porównaniu z jego zawartością w mięśni, wątrobie i jądrach.



Ryc. 5.6. Zawartości ołowiu, kadmu i kobaltu w tkankach sarny w mg/kg świeżej tkanki (mediana i kwartyle)

Najwyższe średnie stężenie **ołowiu** (0,35 mg/kg) zaobserwowano w mięśni saren, niższe wartości pierwiastek ten przyjmował w wątrobie i nerce odpowiednio 0,26 mg/kg i 0,23 mg/kg. Najniższą zawartość Pb stwierdzono w jądrach – 0,10 mg/kg świeżej tkanki i różniła się ona statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) od ilości Pb w pozostałych badanych tkankach. Dodatkowo stwierdzono, że poziom ołowiu w mięśniach różnił się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) od średnich zawartości w wątrobie i nerce.(tab. 5.8.)

Tabela 5.8. Zawartość ołowiu w wybranych tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	<b>wątroba</b>	<b>mięsień</b>	<b>nerka</b>	<b>jądra</b>
<i>n</i>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
$\bar{x}_g$	<b>0,26</b>	<b>0,35</b>	<b>0,23</b>	<b>0,10</b>
<i>Me</i>	<b>0,21</b>	<b>0,29</b>	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>
<b>wątroba</b>		+	-	++
<b>mięsień</b>	+		+	++
<b>nerka</b>	-	+		++
<b>jądra</b>	++	++	++	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

Najwyższą średnią zawartość **kadm** stwierdzono w nerce – 0,69 mg/kg świeżej tkanki, najniższą w jądrach – 0,05 mg/kg. W mięśni saren pozyskanych w rejonie województwa kujawsko-pomorskiego średnia zawartość kadmu wynosiła 0,10 mg/kg, w wątrobie poziom tego pierwiastka był nieco wyższy – 0,19 mg/kg. Stwierdzono występowanie statystycznie istotnych ( $p \leq 0,01$ ) różnic w zawartości Cd między nerką a pozostałymi badanymi narządami oraz między jądrami a wątrobą. Statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ ) zanotowano między zawartością tego pierwiastka w mięśni i wątrobie (tab. 5.9.).

Tabela 5.9. Zawartość kadmu w wybranych tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	<b>wątroba</b>	<b>mięsień</b>	<b>nerka</b>	<b>jądra</b>
<i>n</i>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
$\bar{x}_g$	<b>0,19</b>	<b>0,10</b>	<b>0,69</b>	<b>0,05</b>
<i>Me</i>	<b>0,14</b>	<b>0,08</b>	<b>0,55</b>	<b>0,03</b>
<b>wątroba</b>		+	++	++
<b>mięsień</b>	+		++	-
<b>nerka</b>	++	++		++
<b>jądra</b>	++	-	++	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

Najwyższą ilość **kobaltu** stwierdzono w próbkach wątroby saren – 0,12 mg/kg świeżej tkanki. W nerce poziom Co wynosił 0,09 mg/kg. Najniższe poziomy zaobserwowano w mięśniach oraz jądrach odpowiednio 0,05 mg/kg i 0,04 mg/kg. Zawartość kadmu w mięśniach różniła się statystycznie istotnie od poziomu tego pierwiastka w wątrobie ( $p \leq 0,01$ ) i nerce ( $p \leq 0,05$ ). Średnia zawartość kobaltu w jądrach nie wykazała istnienia statystycznie istotnych różnic w porównaniu do zawartości w pozostałych badanych tkankach. Opisane powyżej wyniki i istotności różnic dotyczące kobaltu zebrano w tabeli 5.10.

Tabela 5.10. Zawartość kobaltu w wybranych tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

	wątroba	mięsień	nerka	jądra
<i>n</i>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
$\bar{x}_g$	<b>0,12</b>	<b>0,05</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>
<i>Me</i>	<b>0,12</b>	<b>0,03</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>
<b>wątroba</b>		++	-	-
<b>mięsień</b>	++		+	-
<b>nerka</b>	-	+		-
<b>jądra</b>	-	-	-	

(-) brak statystycznie istotnych różnic ( $p \geq 0,05$ )

(+) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,05$ )

(++) statystycznie istotne różnice ( $p \leq 0,01$ )

W celu stwierdzenia występowania współzależności między zawartością badanych pierwiastków w poszczególnych tkankach saren obliczono współczynniki korelacji liniowej. Graficzne przedstawienie korelacji umieszczono na rycinach 9.1.-9.21. w rozdziale 9 „Tabele i wykresy”.

Analiza danych dotyczących zawartości makro- i mikroelementów w wątrobie saren (tab.5.12.) wskazała na występowanie dodatnich i statystycznie istotnych korelacji między zawartością magnezu i sodu ( $r_{xy}=0,683$ ), magnezu i potasu ( $r_{xy}=0,622$ ) oraz sodu i potasu ( $r_{xy}=0,707$ ). W pozostałych przypadkach współczynniki korelacji były niskie i często ujemne.

Tabela 5.12. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością wybranych składników mineralnych w wątrobie saren

<b>Mg</b>	<b>0,683**</b>					
<b>K</b>	<b>0,707**</b>	<b>0,622**</b>				
<b>Zn</b>	0,192	0,231	0,241			
<b>Cu</b>	-0,205	-0,126	-0,158	-0,025		
<b>Fe</b>	0,108	0,149	-0,041	-0,078	0,058	
<b>Mn</b>	-0,173	0,070	-0,084	-0,289	0,238	-0,063
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>

\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

Dla wyników zawartości badanych pierwiastków w mięśni saren stwierdzono występowanie największej liczby korelacji (tab. 5.13.). W badanych próbkach mięśni saren zawartość sodu jest dodatnio skorelowana z zawartością magnezu ( $r_{xy}=0,677$ ), potasu ( $r_{xy}=0,451$ ), cynku ( $r_{xy}=0,536$ ) oraz żelaza ( $r_{xy}=0,411$ ). Podobnie stężenie magnezu jest statystycznie istotnie skorelowane ze wszystkimi pozostałymi pierwiastkami z wyjątkiem miedzi. Współczynniki korelacji między tymi pierwiastkami okazały się istotne i wysoko istotne statystycznie.

Tabela 5.13. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością wybranych składników mineralnych w mięśni saren

<b>Mg</b>	<b>0,677**</b>						
<b>K</b>	<b>0,451*</b>	<b>0,426*</b>					
<b>Zn</b>	<b>0,536**</b>	<b>0,423*</b>	0,241				
<b>Cu</b>	0,067	-0,119	0,077	-0,222			
<b>Fe</b>	<b>0,411*</b>	<b>0,396*</b>	0,337	0,360	0,218		
<b>Mn</b>	0,297	<b>0,470*</b>	0,123	0,242	-0,316	0,242	
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ 

Jak wynika z tabeli 5.14. zaobserwowano statystycznie istotne ( $p \leq 0,01$ ) korelacje między zawartością sodu i magnezu ( $r_{xy}=0,603$ ), sodu i potasu ( $r_{xy}=0,646$ ) oraz między zawartością potasu i magnezu ( $r_{xy}=0,834$ ). Statystycznie istotna korelacja przy  $p \leq 0,05$  wystąpiła tylko między zawartością sodu i manganu ( $r_{xy}=0,426$ ). Ujemną, istotną statystycznie korelację stwierdzono między stężeniami manganu i żelaza ( $r_{xy}=-0,396$ ).

Tabela 5.14. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością wybranych składników mineralnych w nerce saren

<b>Mg</b>	<b>0,603**</b>						
<b>K</b>	<b>0,646**</b>	<b>0,834**</b>					
<b>Zn</b>	0,108	0,224	0,163				
<b>Cu</b>	-0,097	0,247	0,082	0,258			
<b>Fe</b>	-0,272	-0,099	-0,089	-0,183	-0,349		
<b>Mn</b>	<b>0,426*</b>	0,370	0,303	0,357	0,375	<b>-0,396*</b>	
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$



Analiza wyników badań zawartości oznaczonych pierwiastków w jądrach kozłów (tab. 5.15.) wykazała występowanie dodatnich i statystycznie istotnych korelacji tylko przy  $p \leq 0,01$ . Współzależności zanotowano między zawartością sodu a magnezu ( $r_{xy}=0,723$ ), sodu i potasu ( $r_{xy}=0,636$ ), sodu i cynku ( $r_{xy}=0,697$ ) oraz między zawartością magnezu i potasu ( $r_{xy}=0,867$ ), magnezu i cynku ( $r_{xy}=0,709$ ) a także cynku i potasu ( $r_{xy}=0,655$ ).

Tabela 5.15. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością wybranych składników mineralnych w jądrach saren

<b>Mg</b>	<b>0,723**</b>						
<b>K</b>	<b>0,636**</b>	<b>0,867**</b>					
<b>Zn</b>	<b>0,697**</b>	<b>0,709**</b>	<b>0,655**</b>				
<b>Cu</b>	0,043	0,240	0,384	0,353			
<b>Fe</b>	0,120	0,246	0,355	0,166	0,404		
<b>Mn</b>	0,372	0,437	0,337	0,060	-0,194	0,301	
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$

W tabeli 5.16. przedstawiono współczynniki korelacji między ilością badanych składników mineralnych w śledzionie saren. Stwierdzono statystycznie ( $p \leq 0,01$ ) istotne współczynniki korelacji między średnią zawartością sodu i magnezu ( $r_{xy}=0,596$ ) oraz potasu i magnezu ( $r_{xy}=0,759$ ), a przy  $p \leq 0,05$  między zawartością sodu i potasu ( $r_{xy}=0,426$ ), magnezu i manganu ( $r_{xy}=0,596$ ) oraz cynku i żelaza ( $r_{xy}=0,430$ ).

Tabela 5.16. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością wybranych składników mineralnych w śledzionie saren

<b>Mg</b>	<b>0,596**</b>						
<b>K</b>	<b>0,426*</b>	<b>0,759**</b>					
<b>Zn</b>	-0,138	0,043	0,226				
<b>Cu</b>	0,110	0,116	0,300	0,081			
<b>Fe</b>	-0,332	-0,172	-0,107	<b>0,430*</b>	-0,085		
<b>Mn</b>	0,221	<b>0,475*</b>	<b>0,546**</b>	0,255	-0,096	0,163	
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$

Analiza wyników dotyczących zawartości badanych mikro- i makroelementów w skórze saren (tab. 5.17.) wskazała na występowanie statystycznie ( $p \leq 0,01$ ) istotnych korelacji między zawartością sodu i magnezu ( $r_{xy}=0,657$ ) oraz magnezu i potasu ( $r_{xy}=0,682$ ), podobnie jak w pozostałych tkankach z wyjątkiem mięśni, gdzie współczynniki korelacji okazały się istotne statystycznie przy poziomie  $p \leq 0,05$ . W skórze zaobserwowano wysoko istotną statystycznie współzależność między zawartością manganu i potasu ( $r_{xy}=0,487$ ).

W próbkach skóry stwierdzono ponadto statystycznie istotną korelację przy  $p \leq 0,05$  w stosunku do sodu i potasu ( $r_{xy}=0,657$ ) oraz żelaza ( $r_{xy}=0,470$ ).

Tabela 5.17. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością wybranych składników mineralnych w skórze saren

<b>Mg</b>	<b>0,657**</b>					
<b>K</b>	<b>0,505*</b>	<b>0,682**</b>				
<b>Zn</b>	0,169	0,032	-0,189			
<b>Cu</b>	0,040	-0,036	0,090	-0,140		
<b>Fe</b>	<b>0,470*</b>	0,188	0,235	0,194	0,083	
<b>Mn</b>	0,341	0,286	<b>0,487**</b>	0,095	-0,045	0,343
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$

W przypadku wybranych metali ciężkich: ołowiu, kadmu i kobaltu, na podstawie przeprowadzonych badań, stwierdzono występowanie ujemnej ( $r_{xy}=-0,600$ ), statystycznie istotnej korelacji ( $p \leq 0,05$ ) między średnią zawartością ołowiu i kadmu tylko w nerce (tab. 5.18.). W pozostałych badanych tkankach saren nie stwierdzono statystycznie istotnych współzależności między zawartością metali ciężkich.

Tabela 5.18. Współczynniki korelacji ( $r_{xy}$ ) między zawartością ołowiu, kadmu i kobaltu w wybranych narządach i tkankach saren

a) nerka

<b>Cd</b>	<b>-0,600*</b>	
<b>Co</b>	<b>0,011</b>	<b>-0,295</b>
	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>

b) mięsień

<b>Cd</b>	<b>-0,006</b>	
<b>Co</b>	<b>-0,225</b>	<b>-0,027</b>
	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>

c) wątroba

<b>Cd</b>	<b>0,086</b>	
<b>Co</b>	<b>-0,420</b>	<b>-0,045</b>
	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>

d) jądra

<b>Cd</b>	<b>0,550</b>	
<b>Co</b>	<b>-0,325</b>	<b>0,283</b>
	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>

\* -  $p \leq 0,05$

## 6. DYSKUSJA WYNIKÓW

Zwierzęta, które żyją w naturalnym ekosystemie mogą wykazywać wyższy poziom skażenia metalami ciężkimi w porównaniu do zwierząt hodowlanych, co może wynikać z różnych czynników: migracji metali toksycznych na skutek cyrkulacji mas powietrza, kwaśnych deszczów, przedostawania się pierwiastków z wodą do głębszych warstw gleby i innych. Duża część metali, po dostaniu się ze środowiska do organizmu zwierząt odkłada się w nerkach i wątrobie, osiągając stężenia kilkadziesiąt razy większe niż w przypadku mięśni (Raport z monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 2000 roku, 2001). Istnieje charakterystyczna tendencja do kumulowania się określonych pierwiastków w narządach zwierząt i ludzi, najwyższe stężenie kadmu i cynku stwierdzono w nerkach, natomiast miedzi, żelaza i manganu w wątrobie (Kończak i in. 1996). Zależność tę zaobserwowano także w niniejszej pracy.

W związku z nielicznymi pracami dostępnymi w literaturze krajowej i zagranicznej dotyczącymi zawartości pierwiastków w tkankach saren *Capreolus capreolus* wyniki badań własnych porównano z wynikami uzyskanymi dla innych gatunków zwierząt (jeleniowatych).

Sód i potas odgrywają istotną rolę w regulowaniu gospodarki wodno-elektrolitowej organizmu i biorą udział w procesie skurczu mięśni. Wszystkie tkanki mięszone są bogatsze w potas niż w sód i magnez, co zostało potwierdzone w badaniach własnych. Stosunek K/Na w wątrobie saren wynosił 1,8, w mięśniach 1,6 a w nerce około 1,3. W pracach Rokickiego i in. (2000) oraz Karpińskiego (1999) dotyczących zawartości mikro- i makroelementów w wątrobie, mięśniach i nerkach stwierdzono podobne zależności między zawartością sodu i potasu w badanych tkankach.

Stosunek sodu do potasu w surowicy krwi może być wykorzystywany do diagnozy stanów niedoborowych (Underwood i Suttle 1999). Fizjologicznie uzasadnione zależności między stężeniem sodu, potasu i magnezu potwierdzają statystycznie istotne dodatnie korelacje ( $p \leq 0,01$ ) między tymi pierwiastkami stwierdzone we wszystkich badanych tkankach. Ponadto stwierdzono korelacje między sodem a żelazem w mięśniu i skórze

saren i między sodem a manganem w nerkach. Z kolei w jądrach zarówno sód jak i potas były dodatnio skorelowane z cynkiem.

**Żelazo** u kręgowców lądowych kumuluje się głównie w wątrobie i śledzionie, z czego 70% całkowitej zawartości przypada na pierścień porfirynowy hemoglobiny erytrocytów i mioglobiny, co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych. Średnie zawartości Fe w tych narządach wynosiły dla wątroby – 156,91 mg/kg, a dla śledziony – 482,36 mg/kg. Podobne stężenia Fe w tkance wątrobowej saren z województw krakowskiego i przemyskiego uzyskali Lech i Gubała (1998) – 140 i 160 mg/kg. Natomiast niższe wyniki otrzymali Michalska i Żmudzki (1992). W badaniach tych autorów zawartość żelaza w wątrobie kształtowała się w granicach 64,5 – 79,6 mg/kg. O’Hara i in. (2001) w wątrobie łosi z północnej Alaski oraz Frank i in. (2000) u łosi z południowo-wschodniej Szwecji zaobserwowali nieco niższe wartości w porównaniu do wyników badań własnych, a mianowicie: 120 i 131,1 mg/kg. Autorzy Ci (Frank i in. 2000, O’Hara i in. 2001) stwierdzili, że zawartość żelaza w nerkach łosi kształtowała się w granicach: 40,2 i 37,9 mg/kg i była około 2-krotnie mniejsza niż w nerkach badanych saren województwa kujawsko-pomorskiego.

W badaniach własnych stężenie żelaza w nerkach oznaczono na poziomie 86,66 mg/kg. Podobne wyniki – 98,4 mg/kg u saren ze środkowo-wschodniej Polski uzyskał Karpiński (1999), a niższe Michalska i Żmudzki (1992) u saren z regionu Wielkopolski (54,4 – 67,2 mg/kg).

Mięśnie saren z regionu kujawsko-pomorskiego zawierały żelaza średnio 56,14 mg/kg świeżej tkanki, podobne wartości zanotowali w swoich badaniach Falandysz i in. (1986, 1987, 1988) u saren i jeleni z rejonów Polski północnej oraz Parker i Hamr (2001) u łosi z Ontario. Natomiast nieco niższe uzyskali w swoich badaniach Michalska i Żmudzki (1992), a mianowicie 28,6 do 41,8 mg/kg.

U badanych saren z województwa kujawsko-pomorskiego średnie stężenie żelaza w skórze wynosiło 52,95 mg/kg suchej masy, co w przeliczeniu na suchą masę wynosi 151,3 mg/kg. Wyniki te znajdują potwierdzenie w pracach Żarskiego i in. (1991), którzy Fe w skórze oznaczyli na poziomie 164,5 mg/kg suchej masy.

Bardzo wysoką zawartość żelaza w śledzionie i wątrobie tłumaczy fizjologiczna rola tych narządów – stare i uszkodzone erytrocyty są zagęszczane i zatrzymywane

(miejsce rozpadu krwinek czerwonych), po fagocytozie hemoglobina ulega degradacji, a rozpad układu porfirynowego prowadzi do uwolnienia żelaza (Krzymowski 1989).

Żelazo jest pierwiastkiem działającym antagonistycznie w stosunku do innych metali, m. in. do manganu. W niniejszej pracy zaobserwowano znacznie wyższe stężenie żelaza niż manganu we wszystkich badanych tkankach. Stosunek średniej zawartości Fe do Mn w wątrobie wynosił 19,7, w mięśniu 11,5 a w nerce 13,8. Antagonizm między tymi pierwiastkami potwierdza również ujemna statystycznie istotna korelacja zawartości żelaza i manganu w nerce.

**Miedź** gromadzi się we wszystkich tkankach zwierzęcych, ze szczególną tendencją do kumulacji w wątrobie. U młodych zwierząt hodowlanych zawartość miedzi w tym narządzie dochodzi nawet do 500 mg/kg, z kolei najmniej miedzi występuje w mięśniach i kościach, co potwierdzają badania Kabata-Pendias i Pendias (1999).

Zawartość miedzi w wątrobie jest uznawana za dobry wykładnik zasobności organizmu zwierząt w ten pierwiastek. Zwierzęta przeżywające wykazują szczególną wrażliwość na niedobory tego składnika przy jego zawartości w karmie poniżej 5 mg/kg suchej masy.

W badaniach własnych stwierdzono średnie stężenie miedzi w wątrobie saren pozyskanych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego na poziomie 18,55 mg/kg. Bardzo zbliżone wartości uzyskali w swoich badaniach Karpiński (1999) dla saren z makroregionu środkowowschodniej Polski (16,24 mg/kg), Michalska i Żmudzki (1992) dla saren z regionu wielkopolskiego (16,65 mg/kg), Kucharczak i in. (2003) dla saren z okolic Wrocławia (16,97 mg/kg) oraz Lech i Gubała (1998) dla saren z województw krakowskiego i przemyskiego (22,5 i 20,4 mg/kg). Wątroba saren odstrzelonych z terenów Lubelszczyzny zawierała niższe ilości miedzi od 13,54 do 15,81 mg/kg (Drozd i in. 2001). Wysokie stężenia tego pierwiastka w wątrobie można tłumaczyć tym, że miedź łatwo łączy się z różnymi małocząsteczkowymi oraz zawierającymi siarkę białkami (m.in. w postaci metalotioneiny) (Drozd i Karpiński 1997, Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Vengust i Vengust (2004) oznaczyli miedź w wątrobie jeleni na średnim poziomie 31 mg/kg, podobnie jak Sivertsen i in. (1995) - 35,7 mg/kg. Nieco wyższe wartości podaje Treble i Thompson (1998) 47,4 mg/kg u łosi z okręgu Saskatchewan w Kanadzie oraz Lewis i in. (2001) 63,2 mg/kg świeżej tkanki wątrobowej jeleni ze stanu Georgia.

Więcej danych literaturowych odnośnie zawartości miedzi dotyczy jej stężenia w mięśniach zwierząt łownych. W tej tkance średnia zawartość miedzi jest dużo niższa niż w wątrobie i w badaniach własnych wynosiła 4,57 mg/kg świeżej tkanki. Zawartość tego pierwiastka dochodzącą do 5,42 mg/kg w mięśniach saren z Lubelszczyzny oznaczył Drozd i in. (2001). Niższy poziom: od 1,2 do 4,2 mg/kg zaobserwowali inni autorzy (Falandysz i in. 1986, 1988, 1994; Kucharczak i in. 2003, Michalska i Żmudzki 1992).

Badania Karpińskiego (1999) na populacji jelenia i sarny ze środkowowschodniej Polski przedstawiają wyniki dotyczące średnich zawartości miedzi w wybranych narządach (mięśniach 3,19 mg/kg, wątrobie 16,24 mg/kg i nerkach 11,95 mg/kg) i są zbliżone do wyników badań własnych (odpowiednio 4,57 mg/kg, 18,5 mg/kg i 13,48 mg/kg).

W żadnym z badanych narządów nie potwierdzono istotnych korelacji między zawartością miedzi a pozostałymi pierwiastkami.

**Cynk** występuje w różnych tkankach zwierząt w zakresie 10 – 200 mg/kg i kumuluje się głównie w wątrobie i nerkach. Jako składnik bądź aktywator kilkudziesięciu metaloenzymów ma znaczący udział w metabolizmie węglowodanów – uczestniczy w syntezie insuliny, białek i najprawdopodobniej także tłuszczów. Jest niezbędny dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania gonad samców, pobudza odporność komórkową. Cynk wykazuje bardzo niewielkie działanie toksyczne na ludzi i zwierzęta, najbardziej wrażliwe na jego działanie są przeżuwacze. Większą uwagę przywiązuje się do stanów niedoborowych, spowodowanych ograniczonym przyswajaniem cynku z paszami, prowadzących do zaburzeń układu rozrodczego, układu kostnego i stanów zapalnych skóry.

Wyniki badań własnych dotyczące zawartości cynku w wybranych tkankach (w mięśniu – 28,3 mg/kg, wątrobie – 34,2, nerce – 43,5 mg/kg) korespondują z wynikami innych autorów prowadzących badania na terenie kraju. W północnym rejonie Polski zawartość cynku w mięśniach saren wynosiła od 17 do 46 mg/kg, w wątrobie 25 – 36 mg/kg i w nerkach 45 – 49 mg/kg (Falandysz i in. 1986, 1987, 1988, 1994). Narządy saren z wielkopolski charakteryzowały się odpowiednio stężeniem Zn na poziomie 24,2 – 31,8 mg/kg w mięśniach, 32,8 – 38,1 mg/kg w wątrobie i 36,2 – 43,7 w nerce (Michalska i Żmudzki 1992). Prawie dwukrotnie wyższy poziom cynku w mięśniach zanotowali Karpiński (1999) oraz Pokorny i Ribaric-Lasnik (2002) średnio 53,5 i 52 mg/kg. Pokorny i

Ribaric-Lasnik (2000) oznaczali także zawartość cynku w nerkach saren bytujących w różnych regionach Słowenii i uzyskali następujące wyniki: od 28,6 do 47 mg/kg w 1997 roku oraz od 34,9 do 67,9 mg/kg w roku następnym. Natomiast w wątrobie oznaczyli średnie stężenie tego pierwiastka na poziomie 32,2 mg/kg. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach własnych. Podobne stężenia Zn w wątrobie zwierząt jeleniowatych zaobserwowali Vengust i Vengust (2004) 31,3 mg/kg, Sivertsen i in. (1995) 26 – 36 mg/kg. Dwukrotnie wyższe od wyników własnych zawartości tego pierwiastka u jeleniowatych z Alaski podaje O'Hara i in. (2001) w mięśni 46,7mg/kg i w wątrobie 66,5 mg/kg. Najwyższe stężenia Zn w nerkach i wątrobie stwierdzono u saren z Bułgarii 248 mg/kg (Pokorny za Millanov i in. 2000).

W badaniach własnych poziom cynku w nerkach i jądrach różnił się statystycznie istotnie od średnich zawartości w pozostałych badanych tkankach.

Większość zwierząt wykazuje wysoką tolerancję na **mangan**, jego toksyczność jest mała i w naturalnych warunkach generalnie nie występuje. Mangan w tkankach zwierząt lądowych utrzymuje się na poziomie 0,2 – 10 mg/kg i gromadzi się głównie w narządach mięsnych, komórkach zawierających pigment oraz w sierści. Jaśkowski i in. (1993) uważają, że stężenie Mn poniżej 10 mg/kg suchej masy tkanki wątrobowej i 1 mg/kg suchej masy jajników może być potwierdzeniem hipomanganozy. Gehrke i Lachowski (1996) w swoich badaniach wskazują na niewielki związek lub nawet jego brak między podażą manganu z paszą a dynamiką zmian stężenia tego pierwiastka w płynach ustrojowych.

Średnie zawartości manganu w poszczególnych tkankach saren obserwowane w badaniach własnych są co najmniej dwukrotnie wyższe niż poziomy zaobserwowane przez innych autorów. Wątroba, a także nerki należące do narządów mięsnych charakteryzują się znacznie wyższą zawartością tego mikroelementu niż mięśnie, co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych, a także innych autorów.

Średnie stężenie Mn w wątrobie saren pochodzących z regionu kujawsko-pomorskiego wynosiło 7,95 mg/kg, podczas gdy w badaniach innych autorów poziom ten wynosił około 3 mg/kg (Karpiński 1999, Lech i Gubała 1998, Michalska i Żmudzki 1992). Ten sam przedział wartości dla jeleniowatych zanotowano na terenach południowo-wschodniej Szwecji (Frank i in. 2000), Georgii (Lewis i in. 2001), Kanady (Treble i in. 1998) i Słowenii (Vengust i Vengust 2004). Z kolei Karpiński (1999) oraz Falandysz i



Lorenc-Biała (1988) w tkankach jeleni z terenów Polski północnej i środkowo-wschodniej zaobserwowali wartości niższe, poniżej 2 mg/kg.

Rokicki i in. (2000) w przeciwieństwie do większości autorów wyniki zawartości metali odnoszą do suchej masy. Stężenie manganu w wątrobie saren z obwodu Czempin wynosiło 33,5 mg/kg, z czym korespondują wyniki otrzymane w badaniach własnych (27,35 mg/kg). Jednocześnie stwierdzona zawartość Mn w wątrobie powyżej 10 mg/kg suchej masy może sugerować brak hipomanganozy u badanych zwierząt.

Niewiele jest danych literaturowych opisujących poziomy tego pierwiastka w nerkach jeleniowatych. Średnie stężenie Mn w nerkach utrzymuje się w granicach 1,15 – 4,5 mg/kg (Frank i in. 2000, Karpiński 1999, Lech i Gubała 1998, Michalska i Żmudzki 1992) i jest o wiele niższe niż w badaniach własnych (6,28 mg/kg).

W mięśniach saren pozyskanych z terenów Pomorza i Kujaw stwierdzono średnią zawartość manganu na poziomie 4,89 mg/kg świeżej tkanki. Odmiennie wyniki zaobserwowali w swoich badaniach Falandysz i in. (1986, 1987, 1988), Michalska i Żmudzki (1992) oraz Karpiński (1999), gdzie stężenie tego pierwiastka wynosiło od 0,18 do 1,07 mg/kg.

Potwierdzeniem występowania niskich zawartości manganu są badania prowadzone na kozłach i jagniętach (Niedziółka i in. 2003,2004; Pieniak-Lendzion i Niedziółka 1997), które to przeżuwacze domowe mogą być odniesieniem dla zwierząt wolno żyjących takich jak sarna, jeleń, daniel czy łoś.

W badaniach własnych nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic dotyczących zawartości manganu w wątrobie, mięśniu, nerce, śledzionie oraz skórze. Zawartość manganu w jądrach kozłów różniła się statystycznie istotnie od zawartości tego pierwiastka w pozostałych tkankach i wykazywała wyższe wartości przekraczające 20 mg/kg.

Na tle wyników uzyskanych przez innych autorów wysokie stężenia manganu w badanych tkankach saren bytujących na terenie województwa kujawsko-pomorskiego w świetle danych dotyczących braku zanieczyszczenia gleb tego obszaru (Dąbkowska-Naskręt i in. 2004) wymagają dokładniejszego przebadania i wyjaśnienia.

Na skutek skażenia środowiska w organizmach zwierzęcych pojawiają się metale ciężkie – ołów, kadm i rtęć odznaczające się bardzo wysoką toksycznością. Związki ołowiu (powstające w procesach hutniczych, energetycznych, spalania benzyny) działają na zwierzęta w sposób bezpośredni lub za pośrednictwem spożywanego pokarmu (Tropiło i in. 1999). Ołów nagromadzony w dużych ilościach w częściach jadalnych roślin może stanowić niebezpieczeństwo dla zwierząt i ludzi. W badaniach monitoringowych prowadzonych w latach 1998-2000 nie stwierdzono przypadków zanieczyszczeń gleb centralnej Polski ołowiem powyżej II-go stopnia skażenia (Boguszevska i in. 2001). Średnia zawartość ołowiu w glebach Pomorza i Kujaw wynosi 12,0-13,1 mg/kg.

Obecność ołowiu stwierdza się we wszystkich tkankach zwierząt kręgowych narażonych na kontakt z tym metalem, u których w największej ilości kumuluje się on w kościach, wątrobie i nerkach. Średnie stężenia ołowiu w badanych tkankach utrzymywały się na poziomie dziesiętnych części mg/kg świeżej tkanki i z wyjątkiem mięśni nie przekraczały aktualnie obowiązujących norm ujętych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 30 kwietnia 2004 roku (Dz. U., nr 120, poz. 1257).

Zawartość ołowiu oznaczona w wątrobie badanych saren wynosiła 0,26 mg/kg świeżej tkanki. Najbardziej zbliżone wyniki uzyskali Falandysz i Caboń (1990) 0,22 mg/kg, na terenie Polski północnej oraz Kryński i in. (2000) 0,19 mg/kg w wątrobie saren z południowo-zachodniej Polski, w latach 1998-1999. Drozd i in. (2003) w wątrobie jeleni z dzielnic Lubelszczyzny uzyskali wyniki na podobnym poziomie 0,23 i 0,29 mg/kg. Rozbieżne wyniki uzyskał Pokorny (2000). Zawartość ołowiu w wątrobie saren z różnych regionów Słowenii kształtowała się w szerokim zakresie a mianowicie od 0,11 do 0,71 mg/kg. Część autorów (Falandysz i Lorenc-Biała 1988, Kottferova i Korenekova 1998, Mankovska i Steinnes 1995, Michalska i Żmudzki 1992) zaobserwowała w wątrobie saren dwukrotnie niższe, od wartości uzyskanych w badaniach własnych, poziomy ołowiu od 0,11 do 0,13 mg/kg.

Według Michalskiej i Żmudzkiego (1992) średnia zawartość ołowiu w nerkach saren z regionu wielkopolskiego wynosiła od 0,14 do 0,23 mg/kg. Autorzy Ci zaobserwowali występowanie istotnych różnic między średnimi stężeniami Pb w wątrobie i nerkach w zależności od sezonu odstrzału (wiosna-jesień). Z kolei Mankovska i Steinnes (1995) podają, że średnie stężenie ołowiu w nerkach wynosi 0,14 mg/kg u zwierząt bytujących na obszarze Słowacji. Podobne przedziały wartości 0,7 – 0,13 mg/kg oznaczono w nerkach saren na terenie Niemiec (Blottner i in. 1999). Z badań Kottferovej i

Korenekovej (1998) wynika, że średnie stężenie tego pierwiastka w nerkach wynosiło 0,24 mg/kg, co potwierdzają także badania własne.

Najwyższe wartości ołowiu: 0,71 mg/kg w wątrobach i 0,91 mg/kg w nerkach pobranych od saren na terenie całego kraju oznaczyli Szkoda i Żmudzki (2001).

Stosunkowo wysokie stężenia tego pierwiastka - 0,57 mg/kg w wątrobie, 0,51 mg/kg w nerkach podaje Lech i Gubała (1998), którzy swoje badania prowadzili na populacji saren z województwa krakowskiego. Natomiast najniższe wartości zaobserwowali Krupa i Szmulik (2000), na terenach południowo-wschodniej Polski, odpowiednio w wątrobie 0,08 mg/kg i nerce 0,05 mg/kg świeżej tkanki.

Z badań nad koncentracją ołowiu w mięśniach wynika, że zawierają one zdecydowanie niższe stężenia tego pierwiastka w porównaniu z pozostałymi tkankami. Średnia zawartość ołowiu w tkance mięśniowej wynosiła: 0,05 – 0,08 mg/kg świeżej tkanki (Krupa i Szmulik 2000, Mankovska i Steinnes 1995, Michalska i Żmudzki 1992, Pokorny i Ribaric-Lasnic 2000). Z kolei według Fałandysza i in. (1986, 1988, 1990, 1994) w mięśniach saren bytujących na terenach północnej Polski średnie stężenie ołowiu wynosiło 0,13 – 0,24 mg/kg. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Kryńskiego i in. (2000), którzy oznaczyli stężenie ołowiu w mięśniach na poziomie 0,16 – 0,28 mg/kg. Zawartości Pb uzyskane w badaniach własnych są wyższe i wynoszą średnio 0,35 mg/kg świeżej tkanki.

Zawartość ołowiu w mięśniu saren pochodzących z województwa kujawsko-pomorskiego przekroczyła dopuszczalne stężenie, tj.: 0,10 mg/kg w produktach pochodzenia zwierzęcego (mięśniu) określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 30 kwietnia 2004 roku (Dz. U., nr 120, poz. 1257). Wyższe wyniki, uzyskane w badaniach własnych dla tkanki mięśniowej w porównaniu z danymi publikowanymi przez innych autorów, mając na uwadze niskie zanieczyszczenie środowiska regionu kujawsko-pomorskiego (Jaworska i Kobierski 2004, Piotrowska i Terelak 1997), można tłumaczyć skażeniem wtórnym ołowiem, wynikającym z zanieczyszczenia ran postrzałowych, czego potwierdzeniem są prace Żmudzkiego i Michalskiej (1992) oraz Szkody i Żmudzkiego (2001).

Dodatkowo w pracy zbadano poziom Pb w jądrach, w których zanotowano najniższe stężenia 0,05 mg/kg i stwierdzono występowanie statystycznie istotnych różnic między zawartością ołowiu w tym narządzie a pozostałymi badanymi tkankami.

**Kadm**, podobnie jak ołów, uważany jest za jeden z najbardziej niebezpiecznych metali ciężkich, co wynika z jego wyjątkowo dużej ruchliwości w środowisku oraz toksyczności dla zwierząt i ludzi. Źródłem kadmu w glebach mogą być emisje przemysłowe, pyły emitowane wskutek spalania paliw stałych, motoryzacja i zużyte produkty przemysłowe oraz niektóre nawozy fosforowe i wieloskładnikowe (Gambuś i Gorlach 1997). Jest łatwo pobierany przez system korzeniowy roślin i w odróżnieniu od ołowiu szybko przemieszczany do ich części nadziemnych, a dalej włączany do łańcucha pokarmowego. Z punktu widzenia toksykologii narządem krytycznym, kumulującym ten metal w największych ilościach są nerki, co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych, oraz w mniejszym stopniu wątroba (Drozd i Karpiński 1997, Gorlach 1995, Gorlach i in. 1996).

W badaniach własnych stwierdzono średnie stężenie kadmu w nerce saren na poziomie 0,69 mg/kg świeżej tkanki. Zbliżone wartości tego pierwiastka podaje Mankovska i Steinnes (1995) – 0,54 mg/kg. Równie niską zawartość w nerkach jeleni z północnej Polski zaobserwowali Falandysz i Lorenc-Biała (1988). Większość autorów stwierdza w swych badaniach znacznie wyższe poziomy tego pierwiastka w nerkach, od wartości rzędu 1,2 – 1,7 mg/kg (Michalska i Żmudzki 1992) dla populacji zwierząt z regionu wielkopolski, 1,7 mg/kg zanotowane przez Lech i Gubałę (1998) w województwie krakowskim do 1,9 mg/kg na terenie całego kraju (Szkoda i Żmudzki 2001). Z kolei Gambuś i Gorlach (1994, 1997) w swoich badaniach także na sarnach z województwa krakowskiego zaobserwowali bardzo wysokie stężenia Cd w nerkach – średnio 26,2 mg/kg. W innych badaniach Gorlacha i in. (1996) zanotowano zdecydowanie niższe poziomy zawartości kadmu w nerkach saren z tego rejonu od 2,5 mg/kg do 9,1 mg/kg oraz 4,5 mg/kg u saren bytujących na terenie województwa nowosądeckiego i 15 mg/kg na terenie województwa katowickiego. Nerki saren bytujących na różnych obszarach Czech i Słowacji zawierały od 0,3 do 3,3 mg/kg kadmu w świeżej tkance (Kottferova i Korenekova 1998 za Cibulka), natomiast w Słowenii od 4 do 7,23 mg/kg (Pokorny i Ribaric-Lasnik 2002). Stosunkowo duże stężenia Cd w nerkach saren z województw krośnieńskiego i rzeszowskiego, wynoszące 10,1 mg/kg uzyskali Krupa i Szmulik (2000). Inni autorzy prowadzili badania na jeleniowatych i część z nich uzyskała wyniki powyżej 20 mg/kg (Crête i in. 1987, Parker i Hamr 2001, O'Hara i in. 2001), natomiast niektórzy autorzy podają zdecydowanie niższe poziomy 0,3 – 0,4 mg/kg (Drozd

i Karpiński 1997, Falandysz i Lorenc-Biała 1988), 2,16 mg/kg (Santiago i in. 1998) oraz 6,7 mg/kg (Kocan i in. 1980).

W badaniach własnych oznaczono także zawartość kadmu w wątrobie saren, która wynosiła średnio 0,19 mg/kg. Michalska i Żmudzki (1992) podają średnie stężenia Cd w wątrobie saren z wielkopolski na poziomie 0,25 mg/kg, podobnie Lech i Gubała (1998) oraz Gorlach i in. (1996) dla saren z krakowskiego, a także Szkoda i Żmudzki (2001) dla zwierząt z całego kraju. Podobną kumulację kadmu zaobserwował Kryński i in. (2000) podczas badań na sarnach z południowo-zachodniej Polski. Inne dostępne dane literaturowe dotyczące poziomu tego pierwiastka u zwierząt jeleniowatych potwierdzają uzyskane wyniki i kształtują się na podobnym poziomie (Aastrup i in. 2000, Drozd i Karpiński 1997, Khan i in. 1995, Santiago i in. 1998, Stansley i in. 1991). Wyższe zawartości Cd od tych uzyskanych w badaniach własnych zanotowały Kottferova i Korenekova (1998) – 2,63 mg/kg.

Wysoką zawartość kadmu w nerkach i wątrobie można tłumaczyć tym, że jest on, podobnie jak ołów, wydalany przez te narządy, w których zachodzą procesy detoksykacyjne, stąd może w nich wzrastać koncentracja tych pierwiastków (Filipek-Mazur i in. 1997 za Krełowska-Kułas, Krzymowski 1989).

Z badań nad kumulacją kadmu w mięśniach wynika, że jego stężenie w tej tkance, podobnie jak w przypadku ołowiu, jest niższe niż w pozostałych narządach. Falandysz i in. (1986, 1987, 1988, 1994) w swoich badaniach nad zawartością wybranych pierwiastków w tkankach saren z terenów północnej Polski stwierdził, że średnie stężenie kadmu w mięśniach wynosiło średnio 0,01 mg/kg świeżej tkanki. Wyniki te potwierdzają badania Michalskiej i Żmudzkiego (1992) oraz Szkoły i Żmudzkiego (2001). Wyższe wartości 0,03 – 0,04 mg/kg zaobserwowali Krupa i Szmulik (2000) w mięśniu saren pochodzących z obszaru dawnych województw krośnieńskiego i rzeszowskiego oraz Kryński i in. (2000) na terenach południowo-zachodniej Polski. Zawartości kadmu w tej tkance na podobnym poziomie potwierdzili także inni autorzy (Kottferova i Korenekova 1998, Mankovska i Steinnes 1995, Pokorny i Ribaric-Lasnic 2000). Wyniki uzyskane w badaniach własnych znacznie przewyższają wyżej cytowane. Średnie stężenie Cd w mięśniu saren pochodzących z województwa kujawsko-pomorskiego wynosiło 0,1 mg/kg świeżej tkanki i dwukrotnie przewyższało wartości dopuszczalne tj. 0,05 mg/kg tego pierwiastka w produktach pochodzenia zwierzęcego (mięśniu) określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 30 kwietnia 2004 roku (Dz. U., nr 120, poz. 1257).

Stwierdzono występowanie statystycznie istotnych ( $p \leq 0,01$ ) różnic w zawartości Cd między nerką a pozostałymi badanymi narządami oraz między jądrami a wątrobą. Statystycznie istotne różnice przy  $p \leq 0,05$  zanotowano między zawartością tego pierwiastka w mięśni i wątrobie.

W badaniach własnych na uwagę zasługuje występowanie ujemnej, statystycznie istotnej korelacji ( $r_{xy} = -0,6$  przy  $p \leq 0,05$ ) między średnią zawartością ołowiu i kadmu w nerce.

Zwierzęta dziko żyjące mają z reguły wyższe poziomy metali ciężkich w tkankach niż udomowione zwierzęta hodowlane (Filipek-Mazur i in. 1997, Wolkers i in. 1994).

Porównując średnie zawartości Pb i Cd (po przeliczeniu na kg świeżego produktu) w tkance mięśniowej, wątrobie i nerce z dopuszczalnym stężeniem tych metali ciężkich w produktach pochodzenia zwierzęcego (tab. 6.1.) zawartym w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 30 kwietnia 2004 roku (Dz. U., nr 120, poz. 1257), stwierdzono, że:

- średnie stężenia ołowiu w próbkach mięśnia poddanych analizie przekraczały wartości normatywne,
- wartości kadmu oznaczone dla próbek mięśni także były wyższe niż wartości dopuszczalne,
- w pozostałych przypadkach średnie stężenia nie przekraczały wartości normatywnych.

Tabela 6.1. Porównanie średnich stężeń ołowiu i kadmu w mięśni, wątrobie i nerce saren z wartościami dopuszczalnymi

Narząd	Metal	Średnia zawartość metali w narządach (mg/kg)	
		Wartości obliczone	Wartości dopuszczalne
mięsień	Pb	0,35	0,10
	Cd	0,10	0,05
wątroba	Pb	0,26	0,50
	Cd	0,19	0,50
nerka	Pb	0,23	0,50
	Cd	0,69	1,0

\* – średnie stężenie metalu w tkance



---

Z uwagi na brak norm dotyczących fizjologicznych stężeń składników mineralnych w tkankach i narządach sarny *Capreolus capreolus* bardzo trudno jednoznacznie wskazać na występowanie stanów niedoborowych bądź nadmiaru tych pierwiastków u badanych zwierząt. W celu zdiagnozowania sytuacji mineralnej województwa kujawsko-pomorskiego i oceny stopnia skażenia środowiska naturalnego obok badań prowadzonych na zwierzętach konieczny jest równoczesny monitoring gleb, wód i powietrza.

Analizując wyniki badań własnych, w odniesieniu do literaturowych danych dotyczących stopnia skażenia środowiska badanego regionu, można przyjąć, że mimo występowania na tym terenie tras szybkiego ruchu, a także stosowania w szerokim zakresie nawozów mineralnych województwo kujawsko-pomorskie wykazuje mały stopień zanieczyszczenia metalami ciężkimi w porównaniu z innymi rejonami kraju.

## 7. WNIOSKI

1. Płeć saren nie miała wpływu na zawartość badanych pierwiastków w narządach i tkankach zwierząt.
2. Nie stwierdzono stanów niedoboru i nadmiaru sodu, potasu, magnezu, miedzi żelaza oraz cynku w mięśni, wątrobie i nerce saren pozyskanych z województwa kujawsko-pomorskiego.
3. Stwierdzono dodatnie, istotne statystycznie korelacje pomiędzy zawartością sodu, potasu i magnezu we wszystkich badanych tkankach, potwierdzające ich fizjologiczną współzależność.
4. Wysoka zawartość żelaza w stosunku do niskiej zawartości manganu w nerkach saren potwierdza antagonistyczne oddziaływanie pomiędzy tymi pierwiastkami, o czym świadczy ujemny współczynnik korelacji ( $r_{xy} = -0,369$ ).
5. Średnie stężenie ołowiu oraz kadmu oznaczone w mięśni saren pochodzących z województwa kujawsko-pomorskiego przekroczyło dopuszczalne wartości dla tego pierwiastka określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 30 kwietnia 2004 r.
6. W przypadku metali ciężkich stwierdzono występowanie tylko jednej statystycznie istotnej korelacji ( $r_{xy} = -0,600$ ) pomiędzy średnią zawartością ołowiu i kadmu w nerkach badanych zwierząt.





## 8. PIŚMIENNICTWO

- Aastrup P., Riget F., Dietz R., Asmund G., 2000, „Lead, zinc, cadmium, mercury, selenium and copper in Greenland caribou and reindeer (*Rangifer tarandus*)“, *Sci. Total Environ.* 245, s. 149-159.
- Bednarek D., 1987, „Rola magnezu w zjawiskach odpornościowych u zwierząt“, *Med. Wet.* 43, s. 156.
- Bednarek D., 1988, „Rola cynku w procesach odpornościowych u zwierząt“, *Med. Wet.* 44, s. 92.
- Blottner S., Frölich K., Roelants H., Streich J., Tataruch F., 1999, „Influence of environmental cadmium on testicular proliferation in roe deer“, *Reproductive Toxicol.* 13, s. 261-267.
- Boguszewska M., Lipiński W., Gołębiewska J., 2001, „Badanie jakości gleb“, Raport z monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 2000 roku“, *Min. Roln. Rozw. Wsi, Rada Monit. Jakości Gleb, Rośl., Prod. Roln. Spoż.*, Warszawa.
- Brandys J., 1999, „Toksykologia-wybrane zagadnienia“, Wydaw. Uniw. Jagiellońskiego.
- Crête M., Potvin F., Walsh P., Benedetti J.L., Lefebvre M., Weber J.P., Paillard G., Gagnon J., 1987, „Pattern of cadmium contamination in the liver and kidneys of moose and white-tailed deer in Quebec“, *Sci. Total Environ.* 66, s. 45-53.
- Dąbkowska-Naskręt H., Jaworska H., Bartkowiak A., Różański S., 2004, „Stan zasobności warstwy ornej intensywnie użytkowanych gleb uprawnych Pomorza i Kujaw w wybrane pierwiastki śladowe“, *Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. BTN, seria B*, 52, s. 31-40.

- Dobrzański Z., Kołacz R., Bodak E., 1996, „Metale ciężkie w środowisku zwierząt”, *Med. Wet.* 52, 9, s. 570-574.
- Drozd L., Karpiński M., 1997, „Zawartość metali ciężkich w tkankach jeleni (*Cervus elaphus*) i danieli (*Dama dama*) pochodzących z chowu fermowego”, *Ann. UMCS Sect. EE* vol.15, 45, s. 309-314.
- Drozd L., Karpiński M., Goleman M., Czyżowski P., 2003, „Poziom metali ciężkich w tkankach jeleni (*Cervus elaphus*) z Lubelszczyzny”, *Ann. UMCS Sect. EE* vol.21, 59, s. 45-50.
- Drozd L., Piwniuk J., Karpiński M., 2001, „Heavy metal level in the tissues of roe deers (*Capreolus capreolus*) from the Lublin region”, *Pol. J. Food Nutr. Sci.* vol. 10/51, 3, s. 59-62.
- X Dzierżyńska-Cybulko B., Fruziński B., 1997, „Dziczyzna jako źródło żywności”, PWRiL, Poznań.
- Falandysz J., 1994, „Some toxic and trace metals in big game hunted in the northern part of Poland in 1987-1991”, *Sci. Total Environ.* 141, 1-3, s. 59-73.
- Falandysz J., Caboń J., 1990, „Ołów w przetworach z dziczyzny”, *Med. Wet.* 46, 11, s. 427-429.
- Falandysz J., Lorenc-Biała H., 1988, „Metale w mięśniach, wątrobie i nerkach zwierząt łownych z rejonu Polski północnej, 1986”, *Bromat. Chem. Toksykol.* 21, 3, s. 241-243.
- Falandysz J., Lorenc-Biała H., 1989, „Metale w mięśniach, wątrobie i nerkach zwierząt rzeźnych z rejonu Polski północnej, 1986”, *Bromat. Chem. Toksykol.* 22,1, s. 19-22.

Falandysz J., Lorenc-Biała H., Centkowska D., 1986, „Zawartość ołowiu, kadmu, arsenu, miedzi, cynku, żelaza i manganu w mięśniach dzików, saren, jeleni i łosia”, *Bromat. Chem. Toksykol.* 19, 1, s. 32-36.

Falandysz J., Centkowska D., Lorenc-Biała H., 1987, „Metale (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Mn i As) w mięśniach, wątrobie i nerkach zwierząt rzeźnych i zwierzyny łownej z rejonu Polski północnej, 1984”, *Rocz. PZH XXXVIII*, 4-5, s. 347-355.

Filipek-Mazur B., Nowosad B., Skalska M., Mazur K., 1997, „Zawartość kadmu i niklu w nerkach, wątrobie i mięśniu grzbietowym jagniąt na tle koncentracji tych metali w glebie i runi pastwiskowej”, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 448a, s. 95-101.

Frank A., Danielsson R., Jones B., 2000, „The ‘mysterious’ disease in Swedish moose. Concentrations of trace elements in liver and kidneys and clinical chemistry. Comparison with experimental molybdenosis and copper deficiency in the goat”, *Sci. Total Environ.* 249, s. 107-122.

Fruziński B., Kałuziński J., Baksalary J., 1982, „Weight and body measurements of forest and field roe deer”, *Acta Theriol.* vol 27, 33, s. 479-488.

Fruziński B., Łabudzki L., Wlazełko M., 1983, „Habitat, density and spatial structure of the forest roe deer population”, *Acta Theriol.* vol 28, 16, s. 243-258.

Gambuś F., Gorlach E., 1994, „The content of cadmium in the kidneys and liver of deer (*Capreolus capreolus*) from the region of Cracow”, *Arch. Ochr. Środ.* 3-4, s. 163-170.

Gambuś F., Gorlach E., 1997, „Zawartość kadmu w różnych ogniwach łańcucha pokarmowego: gleba-roślina-zwierzę na przykładzie województwa krakowskiego”, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 448a, s. 103-108.

- Gehrke M., 1997, „Miedź i mangan w patogenezie chorób układu kostnego zwierząt”, *Med. Wet.* 53, 11, s. 644-646.
- Gehrke M., Lachowski A., 1996, „Diagnostyka laboratoryjna niedoboru manganu u przeżuwaczy”, *Mag. Wet.*, t. 5, 3, s. 231.
- Gębczyńska Z., 1980, „Food of roe deer and red deer in the Białowieża Primeval Forest”, *Acta Theriol.* 25, 40, s. 487-500.
- Gorlach E., 1995, „Kadm w środowisku regionu krakowskiego: pochodzenie i zagrożenie”, *Post. Nauk Rol.* 42, 4, s. 85-91.
- Gorlach E., Gambuś F., Jamroży G., Tomek A., 1996, „Zawartość kadmu w nerkach i wątrobie saren zależnie od miejsca ich bytowania i wieku”, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z.434, s. 665-671.
- Hofmann R.R., Saber A.S., Pielowski Z., Fruziński B., 1988, „Comparative morphological investigations of forest and field ecotypes of roe deer in Poland”, *Acta Theriol.* 33, 9, s. 103-114.
- Jaśkowski J., Lachowski A., Gehrke M., 1993, „O diagnozowaniu i ocenie niedoboru miedzi, selenu, kobaltu i manganu u bydła i owiec”, *Med. Wet.* 49, 7, s. 306-308.
- Jaworska H., Kobierski M., 2004, „The content of total lead in soil profiles in some agricultural soils of northern Poland”, *Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, Friedrich-Schiller-Universität, Jena*, s.570-573.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999, „Biogeochemia pierwiastków śladowych”, *Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa*.
- Kałuziński J., 1982, „Composition of the food of roe deer living in fields and the effects of their feeding on plant production”, *Acta Theriol.* 27, 31, s. 457-470.

- Karpiński M., 1999, „Stężenia wybranych makro- i mikroelementów w tkankach jelenia szlachetnego (*Cervus elaphus*) i sarny (*Capreolus capreolus*) pozyskanych w makroregionie środkowowschodniej Polski I”, *Ann. UMCS Sect. EE* vol.17, s. 303-309.
- Karpiński M., 1999, „Stężenia wybranych makro- i mikroelementów w tkankach jelenia szlachetnego (*Cervus elaphus*) i sarny (*Capreolus capreolus*) pozyskanych w makroregionie środkowowschodniej Polski II”, *Ann. UMCS Sect. EE* vol.17, s. 311-316.
- Khan A.T., Diffay B.C., Bridges E.R., Mielke H.W., 1995, „Cadmium and other heavy metals in the livers of white-tailed deer in Alabama”, *Small Ruminant Research* 18, s. 39-41.
- Kocan A.A., Shaw M.G., Edwards W.S., Eve J.H., 1980, „Heavy metal concentrations in the kidneys of white-tailed deer in Oklahoma”, *J. Wildlife Dis.* 16, 4, s. 593-596.
- Kończak R., Dobrzański Z., Bodak E., 1996, „Bioakumulacja Cd, Pb i Hg w tkankach zwierząt”, *Med. Wet.* 52, 11, s. 686-691.
- Kondracki M., Bednarek D., 1996, „Znaczenie wybranych składników mineralnych w odporności zwierząt”, *Życie Wet.* 3, s. 85-88.
- Kossak S., 1981, „Development of food habits in roe deer”, *Acta Theriol.* 26, 33, s. 483-494.
- Kottferová J., Koréneková B., 1998, „Distribution of Cd and Pb in the tissues and organs of free-living animals in the territory of Slovakia”, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60, s. 171-176.
- Krełowska-Kułas M., 1993, „Badania jakości produktów spożywczych”, Państw. Wydaw. Ekonom., Warszawa.

- Krupa J., Szmulik A., 2000, „Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi tkanek zwierząt dziko żyjących w południowo-wschodnim regionie Polski”, Zesz. Nauk. AR Krak. Technol. Żyw. 12, s. 137-147.
- Kryński A., Chudzicka M., Korbala R., 2000, „Kumulacja metali ciężkich w organizmie sarny (*Capreolus capreolus*) w terenach narażonych na emisje przemysłowe”, Pr. Komis. Nauk Rol. Biol. BTN XXXV, seria B, 47, s. 145-149.
- Kryński A., Rokicki E., Ciberej J., 1998, „Zwierzęta łowne jako bioindykator skażeń środowiskowych”, V Międzynarodowa Konferencja pt: „Nauka a jakość życia”, Wilno, 8, 1, s. 71-72.
- Kryński A., Wrzesień R., Chudzicka M., 2003, „Zwierzęta wolno żyjące jako wskaźnik skażeń środowiskowych”, Ann. WAU Anim. Sci. 40, s. 45-53.
- Kryński A., Żarski T.P., Rokicki E., 1991, „Free living animals as bioindicators of environmental pollution”, Proceedings of the 17th International Congress on Animal Hygiene, Leipzig I, s. 325-330.
- Kryński A., Żarski T.P., Łacic-Szozda E., 1987 b, „Dynamika zmian składu mineralnego wątroby sarny (*Capreolus capreolus*) i dzika (*Sus scrofa*) w różnych agrocenozach”, Zesz. Nauk. WSRP Siedlce Zoot. 13, s. 211-229.
- Krzymowski T., 1989, „Fizjologia zwierząt”, PWRiL, Warszawa.
- Kucharczak E., Jopek Z., Moryl A., 2003, „Wpływ środowiska na zawartość wybranych metali (Pb, Cd, Zn, Cu) w tkankach saren i dzików”, Acta Sci. Pol., Med. Vet. 2, 2, s. 37-47.
- Kucharczak E., Moryl A., Jopek Z., 2004, „Wpływ środowiska na zawartość chromu i niklu w tkankach saren i dzików”, Acta Sci. Pol., Med. Vet. 3, 1, s. 115-123.

- Laskowski R., Migula P., 2004, „Ekotoksykologia od komórki do ekosystemu”, PWRiL, Warszawa.
- Lech T., Gubała W., 1998, „Metale ciężkie w wątrobie i nerkach saren z regionu województwa krakowskiego, 1996”, *Bromat. Chem. Toksykol.* 31, 3, s. 287-290.
- Leontowicz H., Gralak M., Leontowicz M., Leśniewska V., 1994, „Wpływ nadmiaru Ca i Na w diecie na strawność, syntezę białka w żwaczu i bilans składników mineralnych u rosnących owiec”, Konferencja Naukowa pt: „Związki mineralne w żywieniu zwierząt”, Poznań, 8-9 IX 1994, s. 217-220.
- Lewis L.A., Poppenga R.J., Davidson W.R., Fischer J.R., Morgan K.A., 2001, „Lead toxicosis and trace element levels in wild birds and mammals at a firearm training facility”, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 41, s. 208-214.
- Lippard S.J., Berg J.M., 1998, "Podstawy chemii bionieorganicznej", Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- Maňkovská B., Steinnes E., 1995, „Effects of pollutants from an aluminium reduction plant on forest ecosystems”, *Sci. Total Environ.* 163, s. 11-23.
- Michalska K., Żmudzki J., 1992, „Zawartość metali w tkankach dzików, saren i jeleni w regionie wielkopolskim”, *Med. Wet.* 48, 4, s. 160-162.
- Niedziółka R., Pieniak-Lendzion K., Horoszewicz E., Szeliga W., 2004, „Bioakumulacja metali ciężkich w tkance mięśniowej, wątrobie i nerkach jagniąt”, *Zesz. Nauk. PTZ Prz. Hod.* 72, z.3, s. 125-130.
- Niedziółka R., Pieniak-Lendzion K., Szeliga W., 2003, „Koncentracja metali w mięśniach i narządach wewnętrznych tuczonych jagniąt i kozłat z regionu Podlasia”, *Zesz. Nauk. PTZ Prz. Hod.* 68, z.3, s. 117-125.

- O'Hara T.M., Carroll G., Barboza P., Mueller K., Blake J., Woshner V., Willetto C., 2001, „Mineral and heavy metal status as related to a mortality event and poor recruitment in a moose population in Alaska”, *J. Wildlife Dis.* 37, 3, s. 509-522.
- Parker G.H., Hamr J., 2001, „Metal levels in body tissues, forage and fecal pellets of elk (*Cervus elaphus*) living near the ore smelters at Sudbury, Ontario”, *Environ. Pollution* 113, s. 347-355.
- Pielowski Z., 1984, „Sarna”, PWRiL, Warszawa.
- Pielowski Z., 1984, „Some aspects of population structure and longevity of field roe deer”, *Acta Theriol.* 29, 2, s. 17-33.
- Pieniak-Lendzion K., Niedziółka R., 1997, „Zawartość metali w tkance mięśniowej i wątrobie koźląt rasy białej uszlachetnionej”, *Rocz. Nauk. Zoot.* t. 24, z.3, s. 245-251.
- Piotrowska M., Terelak H., 1997, „Metale ciężkie w glebach i płodach rolnych Pomorza i Kujaw na tle ich występowania w kraju”, *Ogólnopolskie Seminarium pt: „Monitorowanie i ochrona gleb Pomorza i Kujaw” Przysiek k/Torunia 10X1997*, s. 6-22.
- Pokorny B., 2000, „Roe deer *capreolus capreolus* as an accumulative bioindicator of heavy metals in Slovenia”, *Web Ecology* 1, s. 54-62.
- Pokorny B., Ribarič-Lasnik C., 2000, „Lead, cadmium, and zink in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*) near the lead smelter in the Koroška Region (Northen Slovenia)”, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 64, s. 20-26.
- Pokorny B., Ribarič-Lasnik C., 2002, „Seasonal variability of mercury and heavy metals in roe deer (*Capreolus capreolus*) kidney”, *Environ. Pollution* 117, s. 35-46.



- Rokicki E., Chudzicka M., Kryński A., Adamowski A., 2000, „Mineral concentration of live and antlers of roe deer depending on environmental relation”, Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, Friedrich-Schiller-Universität, Jena, s. 604-608.
- Santiago D., Motas-Guzmán M., Reja A., María-Mojica P., Rodero B., García-Fernández A.J., 1998, „Lead and cadmium in red deer and wild boar from Sierra morena Mountains (Andalusia, Spain)”, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 61, s. 730-737.
- Sikorski Z.E., 1996, "Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności", Wydaw. Nauk. Tech., Warszawa.
- Sivertsen T., Daae H.L., Godal A., Sand G., 1995, „Ruminant uptake of nickel and other elements from industrial air pollution in the Norwegian-Russian border area”, Environ. Pollution vol. 90, 1, s. 75-81.
- Stansley W., Roscoe D.E., Hazen R.E., 1991, „Cadmium contamination of deer livers in New Jersey; human health risk assessment”, Sci. Total Environ. 107, s. 71-82.
- Szkoda J., Żmudzki J., 2001, „Pierwiastki toksyczne w tkankach zwierząt łownych”, Med. Wet. 57, 12, s. 883-886.
- Treble R.G., Thompson T.S., 1998, „Trace metals in moose (*Alces alces*) liver”, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 60, s. 531-537.
- Tropiło J., Kiszczak L., Kryński A., 1999, „Łowiectwo, weterynaria, higiena”, PZŁ, Warszawa.
- Underwood E.J., Suttle N.F., 1999, „The mineral nutrition of livestock 3rd edition”, CABI Publishing.
- Vengušt G., Vengušt A., 2004, „Some minerals as well as trace and toxic elements in livers of fallow deer (*Dama dama*) in Slovenia”, Eur. J. Wildl. Res. 50, s. 59-61.

---

Wolkers H., Wensing T., Groot Bruinderink G., 1994, „Heavy metal contamination in organs of red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*Sus scrofa*) and the effect on some trace elements”, *Sci. Total Environ.* 144, 1-3, s. 191-199.

Żarski T.P., Łacic-Szozda E., Kryński A., Dębski B., 1991, „Zawartość niektórych biopierwiastków i metali ciężkich w sierści i wątrobie sarn pozyskanych w łowisku z dominacją upraw polowych”, *Ann. WAU Anim. Sci.* 26, s. 21-24.

Żmudzki J., Michalska K., 1992, „Odległość od rany postrzałowej a zawartość ołowiu w tkankach dzików, saren i jeleni ”, *Med. Wet.* 48, 3, s. 160-162.

## Raporty i rozporządzenia

RAPORT o stanie przyrody województwa kujawsko-pomorskiego stan na dzień 30 kwietnia 2004, Wojewoda Kujawsko-Pomorski, Bydgoszcz 2004

RAPORT o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2001 roku, IOŚ, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy, 2002

RAPORT o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2002 roku, IOŚ, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy, 2003

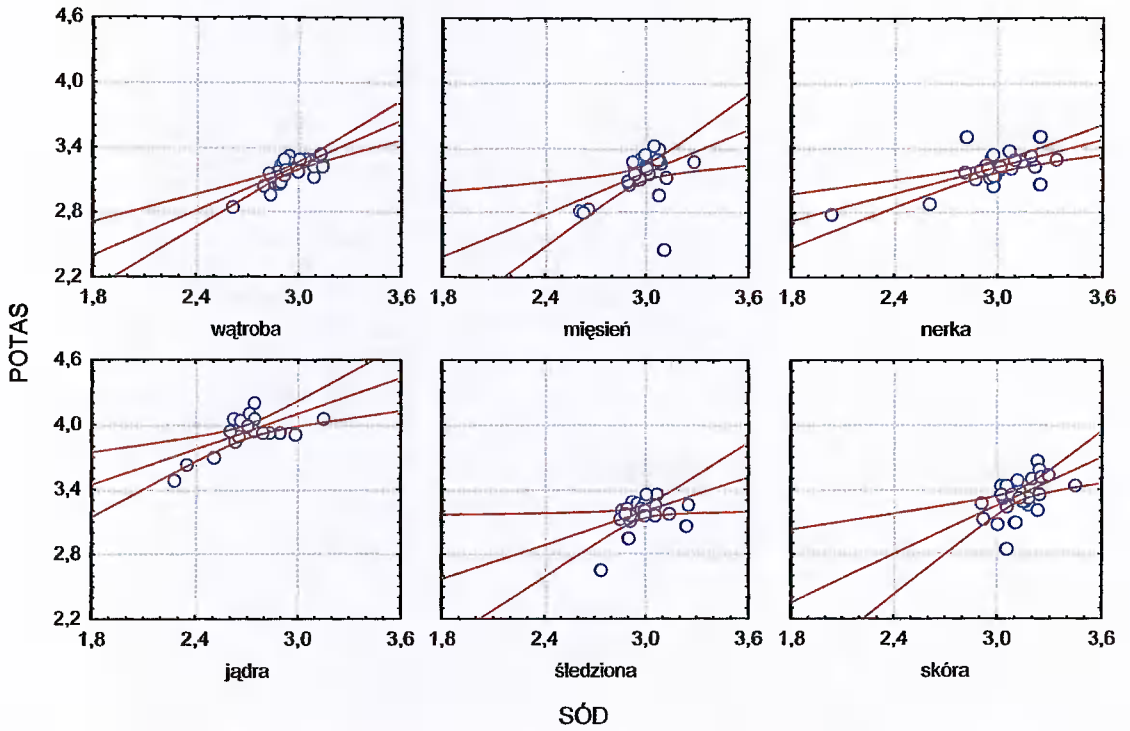
RAPORT z monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 2000 roku, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Rada Monitoringu Jakości Gleb, Roślin, Produktów Rolniczych i Spożywczych, Warszawa, 2001

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz. U. Nr 120, poz. 1257)

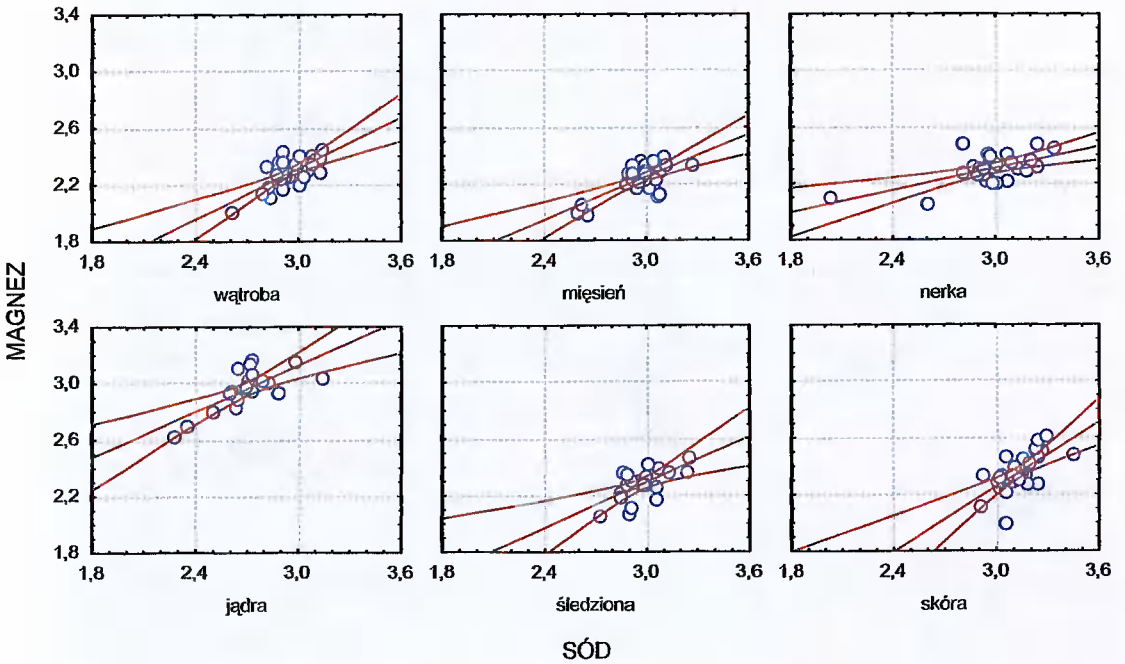
ROZPORZĄDZENIE MINISTRA OCHRONY ŚRODOWISKA ZASOBÓW NATURALNYCH I LEŚNICTWA z dnia 10 kwietnia 2001 r. w sprawie ustalenia listy gatunków zwierząt łownych oraz określenia okresów polowań na te zwierzęta (Dz. U. Nr 43, poz. 488)

Tabela 9.1. Porównanie zawartości metali (mg/kg świeżej tkanki) w tkankach saren w zależności od płci (wyniki testu t-Studenta)

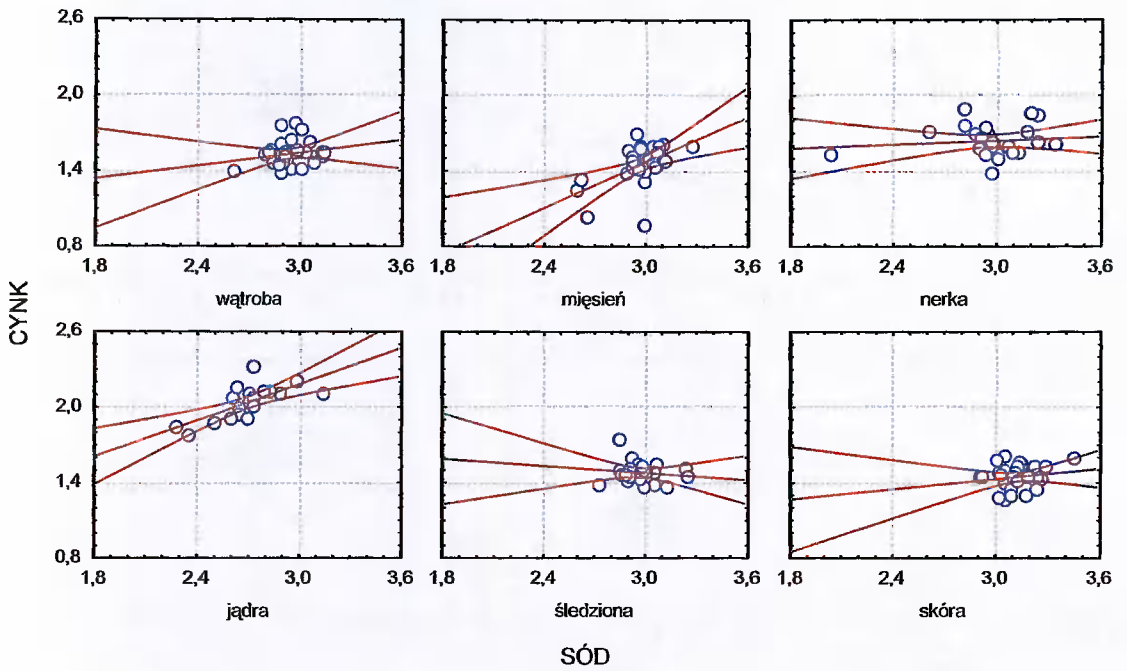
Tkanka	Pierwiastek	Średnia (samiec)	Średnia (samica)	t	df	p
WĄTROBA	Na	2,95	2,90	0,872478	27	0,390641
	Mg	2,29	2,26	0,689561	27	0,496354
	K	3,20	3,16	0,774782	27	0,445201
	Zn	1,55	1,51	0,840623	27	0,407942
	Cu	1,09	1,29	-1,09651	27	0,282539
	Fe	2,23	2,10	1,049744	27	0,303142
	Mn	0,93	0,80	0,698758	27	0,490679
	Pb	-0,67	-0,62	-0,31626	17	0,755653
	Cd	-0,83	-0,71	-0,85425	17	0,404844
	Co	-1,19	-0,73	-1,93956	17	0,069212
MIĘSIEŃ	Na	2,97	2,95	0,285284	27	0,777604
	Mg	2,22	2,26	-0,92723	27	0,362022
	K	3,13	3,21	-0,87759	27	0,387911
	Zn	1,47	1,41	0,856417	27	0,399305
	Cu	0,65	0,68	-0,33754	27	0,738323
	Fe	1,79	1,75	0,699087	27	0,490477
	Mn	0,71	0,65	0,35278	27	0,726993
	Pb	-0,45	-0,40	-0,40173	22	0,691756
	Cd	-1,11	-1,11	-0,01029	22	0,991886
	Co	-1,65	-1,31	-1,82406	22	0,081758
NERKA	Na	2,98	2,93	0,430628	24	0,670581
	Mg	2,30	2,28	0,408913	24	0,68623
	K	3,21	3,20	0,210505	24	0,835051
	Zn	1,66	1,59	1,383262	24	0,179318
	Cu	1,11	1,17	-0,865	24	0,395601
	Fe	1,96	1,89	0,83253	24	0,413318
	Mn	0,74	0,82	-0,41862	24	0,679216
	Pb	-0,67	-0,68	0,036275	13	0,971614
	Cd	-0,26	-0,27	0,062004	13	0,951502
	Co	-1,18	-1,00	-0,98717	13	0,341576
SKÓRA	Na	3,12	3,16	-0,85706	27	0,398954
	Mg	2,33	2,41	-1,37085	27	0,18171
	K	3,33	3,41	-1,05702	27	0,299869
	Zn	1,46	1,40	1,506745	27	0,143488
	Cu	0,48	0,63	-1,61002	27	0,119024
	Fe	1,72	1,77	-0,60072	27	0,553038
	Mn	0,71	0,82	-0,80461	27	0,428072
ŚLEDZIONA	Na	2,96	3,00	-0,67709	21	0,505743
	Mg	2,26	2,33	-1,47465	21	0,155142
	K	3,16	3,25	-1,29976	21	0,207771
	Zn	1,49	1,45	1,287576	21	0,211903
	Cu	0,50	0,55	-0,60808	21	0,549652
	Fe	2,59	2,74	-0,922	21	0,367003
	Mn	0,62	0,75	-0,77287	21	0,448212



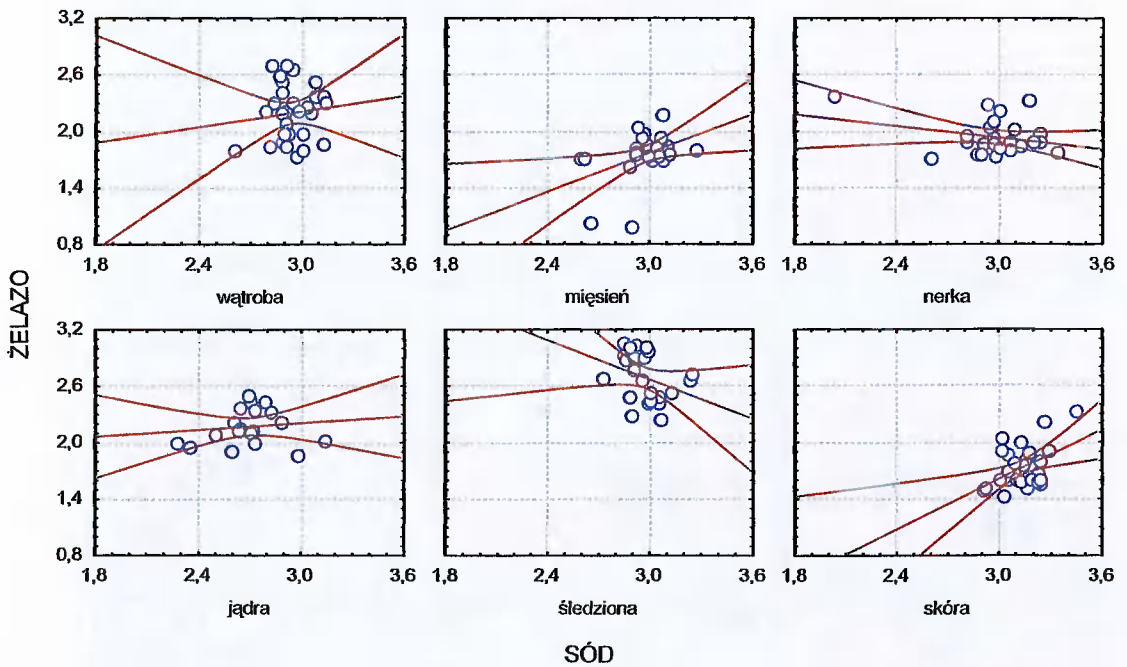
Ryc. 9.1. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością potasu a zawartością sodu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



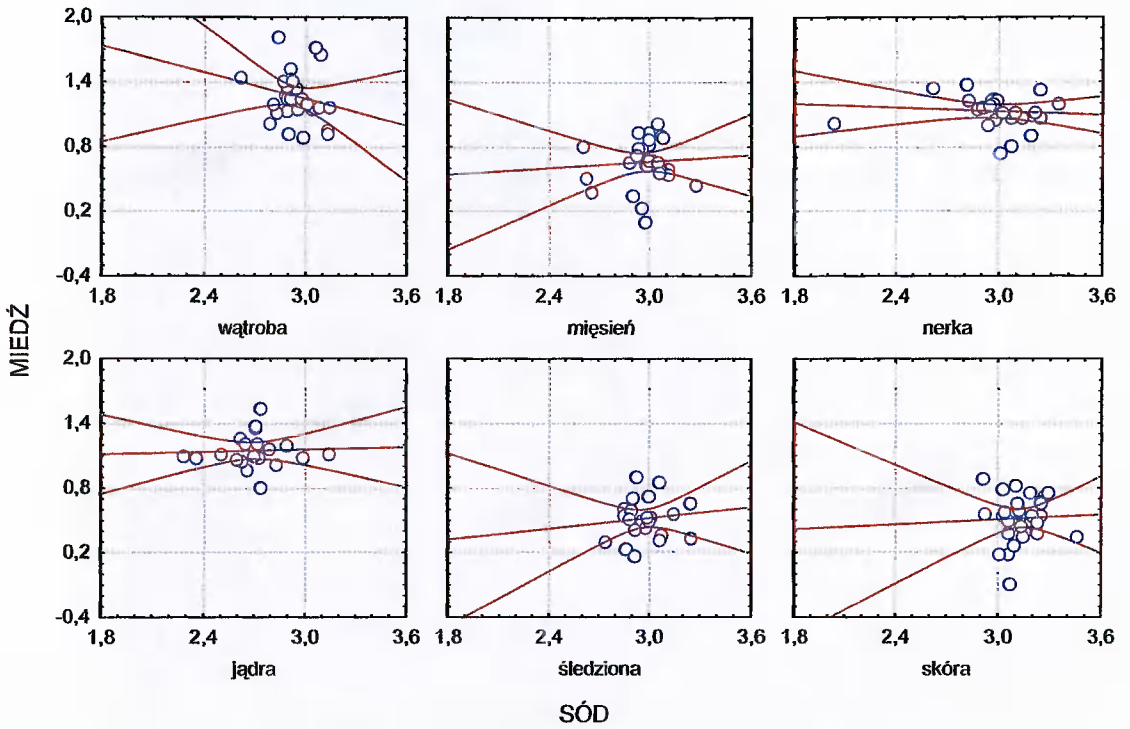
Ryc. 9.2. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością magnezu a zawartością sodu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



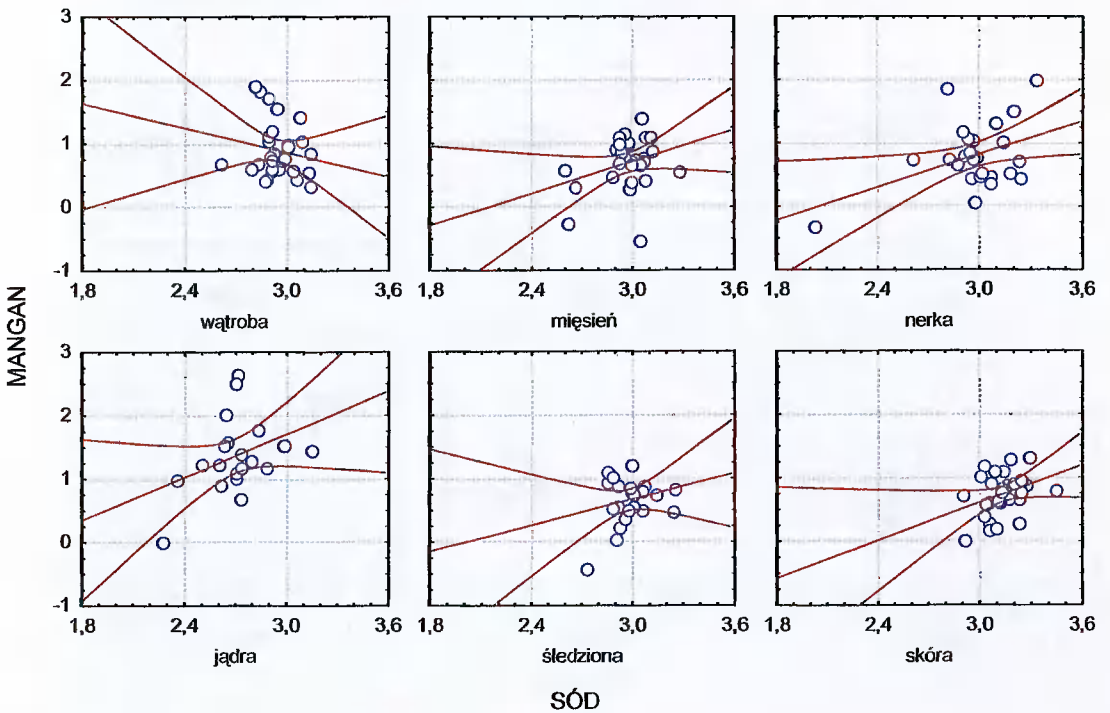
Ryc. 9.3. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością cynku a zawartością sodu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



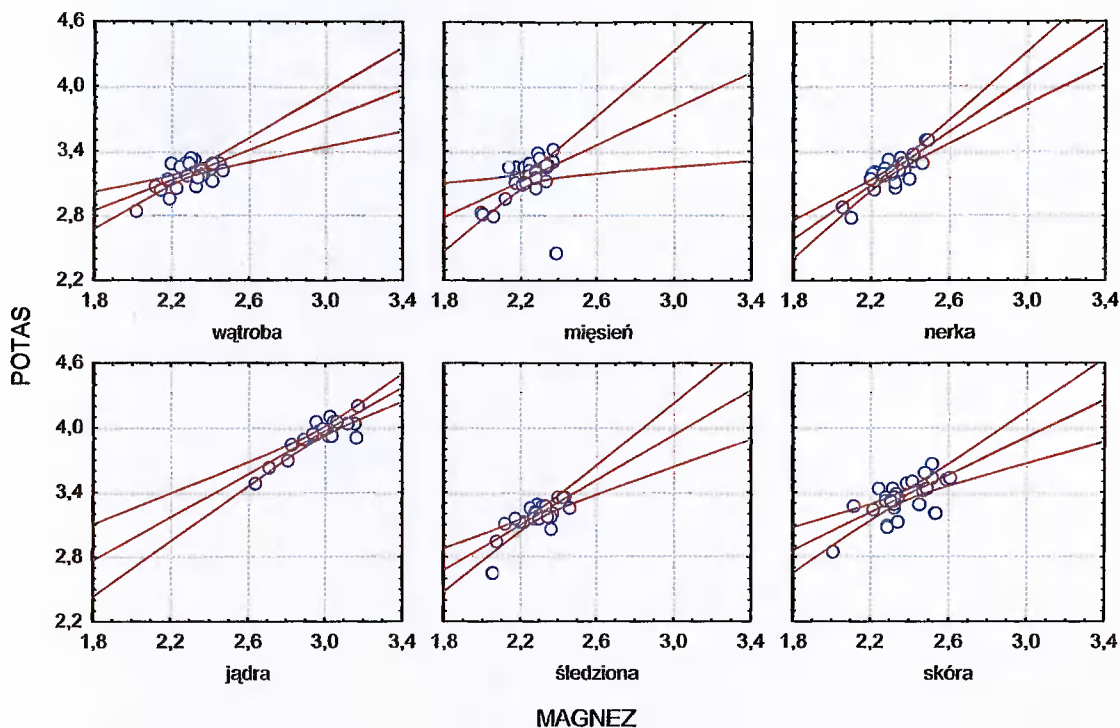
Ryc. 9.4. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością żelaza a zawartością sodu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



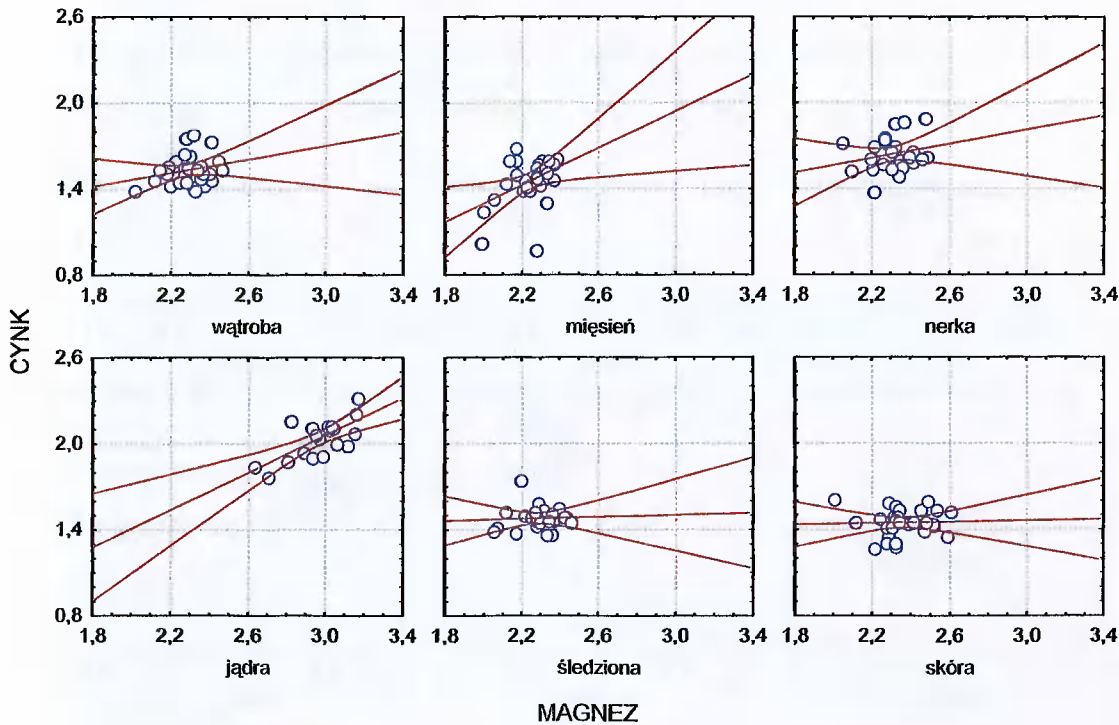
Ryc. 9.5. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością miedzi a zawartością sodu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



Ryc. 9.6. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością manganu a zawartością sodu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

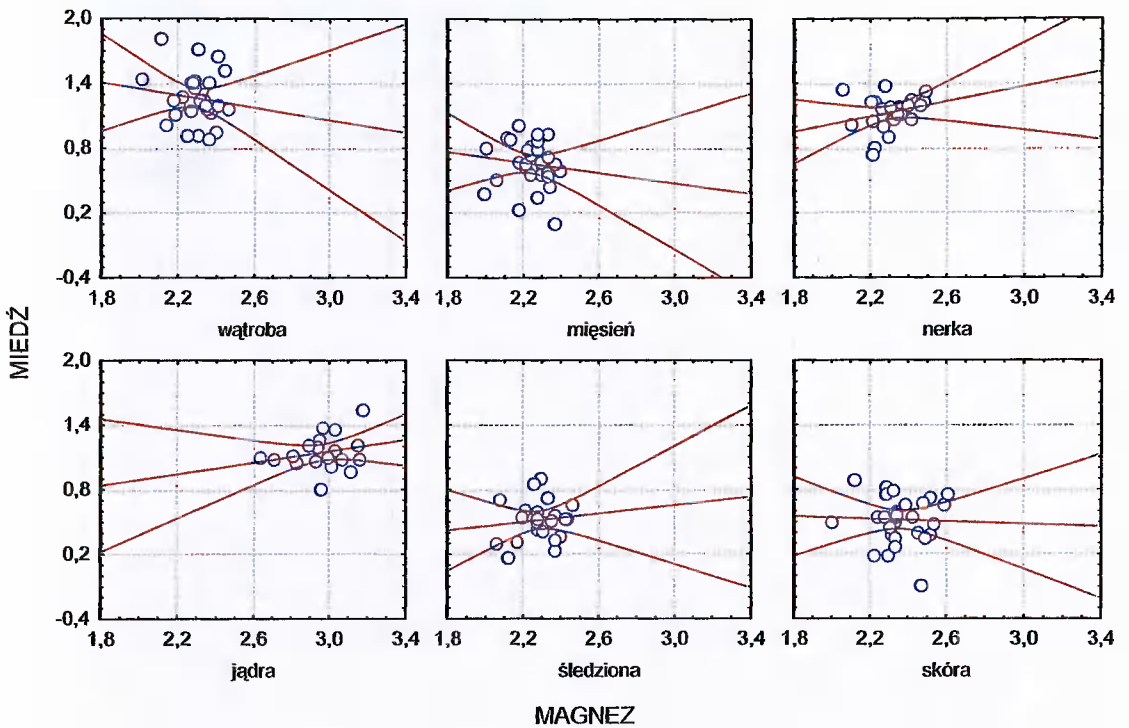


Ryc. 9.7. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością potasu a zawartością magnezu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

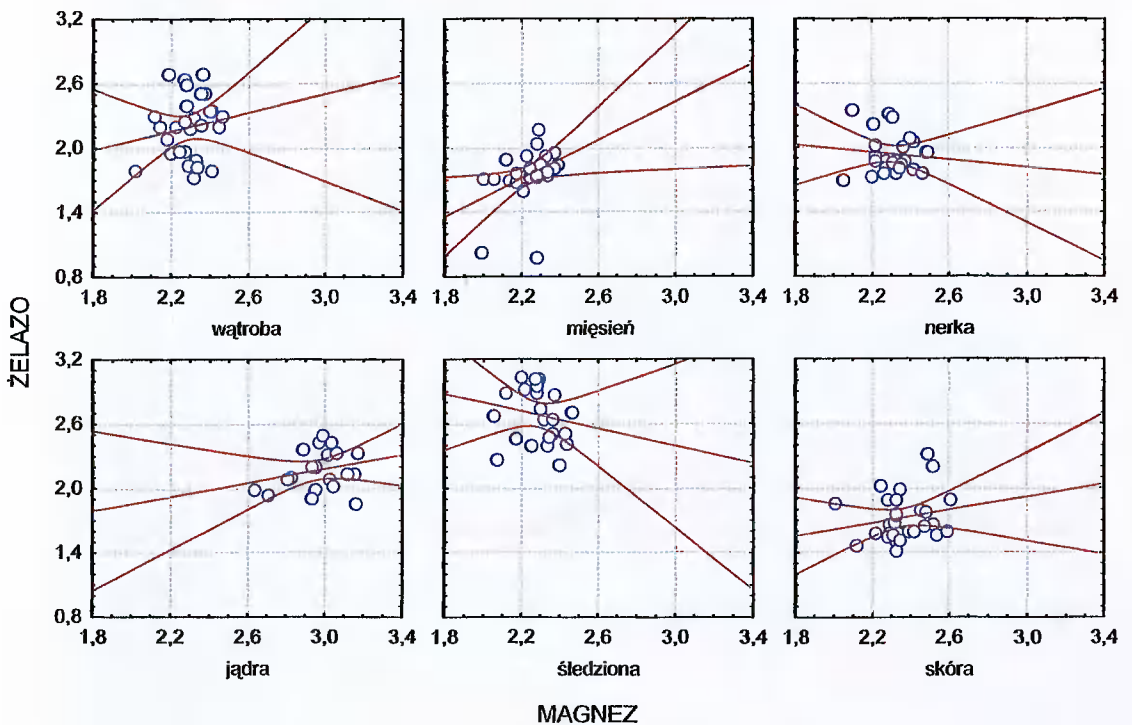


Ryc. 9.8. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością cynku a zawartością magnezu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)

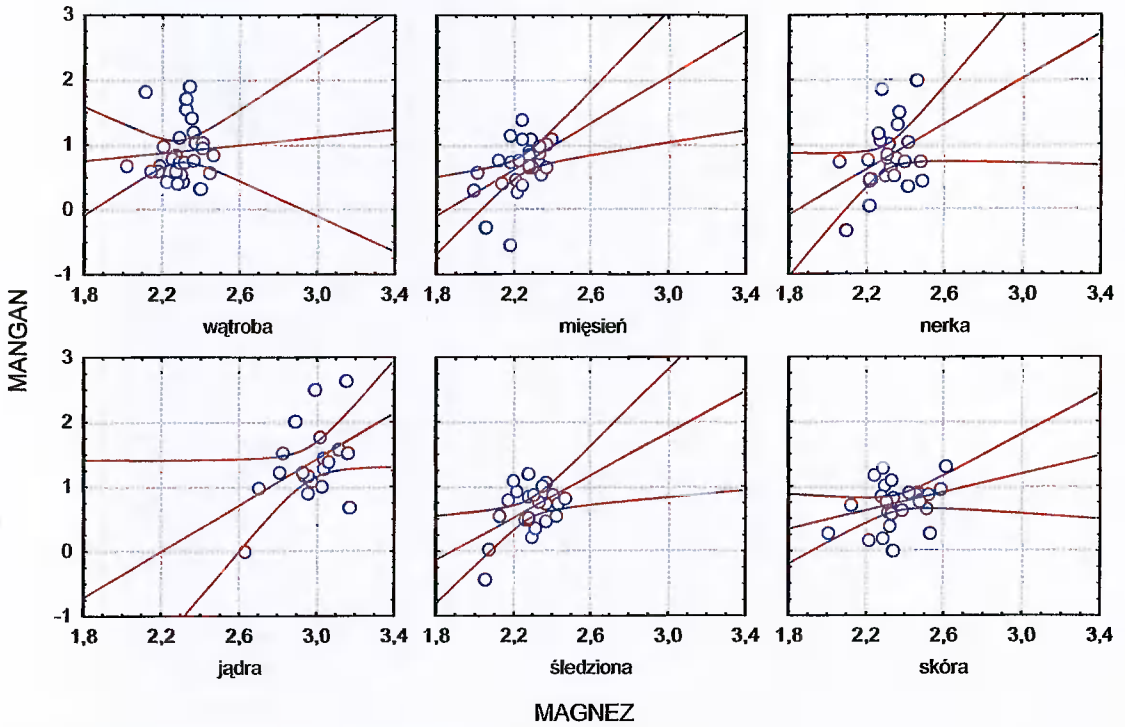




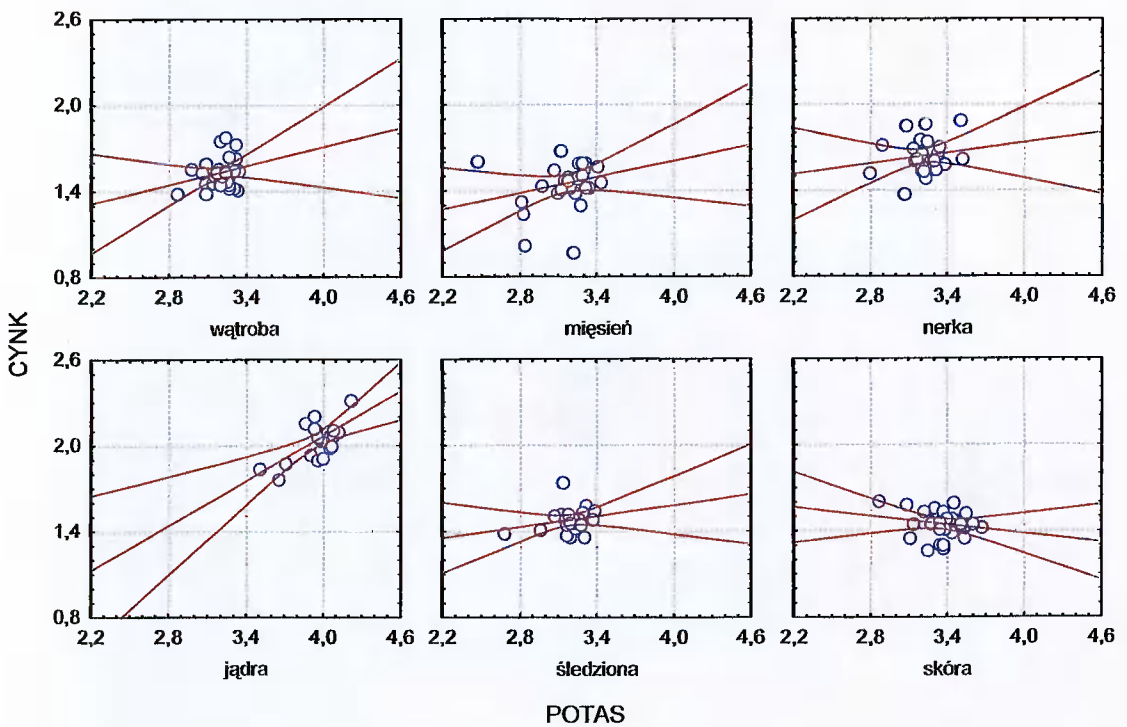
Ryc. 9.9. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością miedzi a zawartością magnezu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



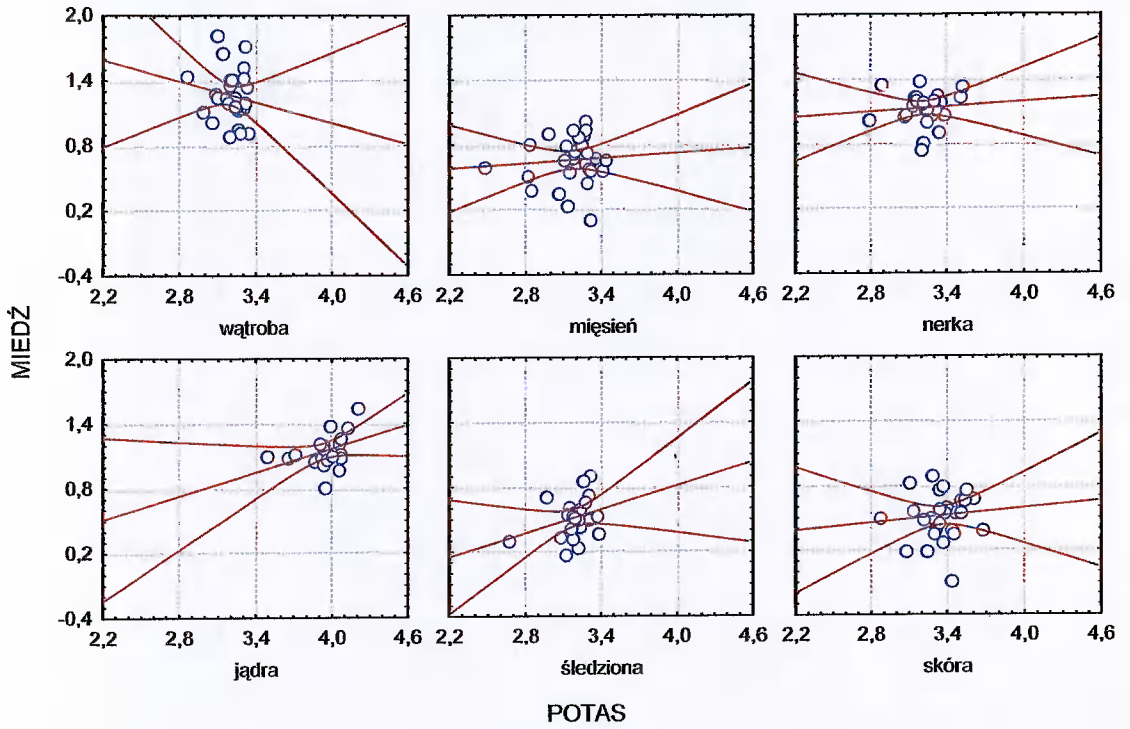
Ryc. 9.10. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością żelaza a zawartością magnezu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



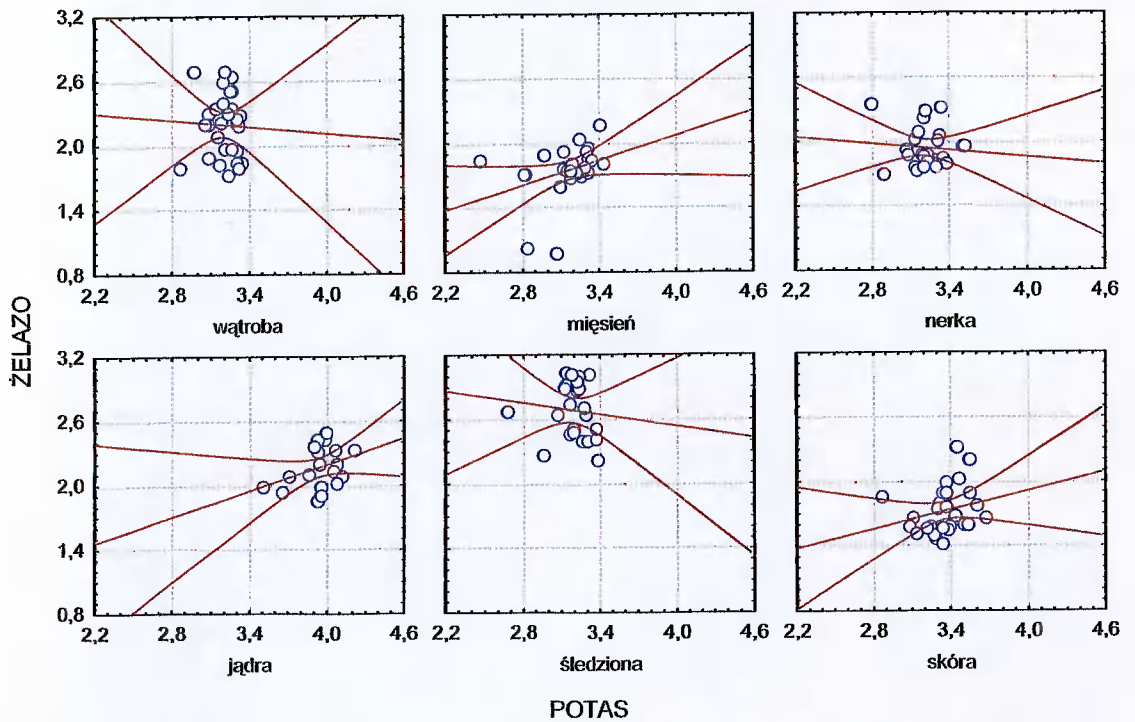
Ryc. 9.11. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością manganu a zawartością magnezu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



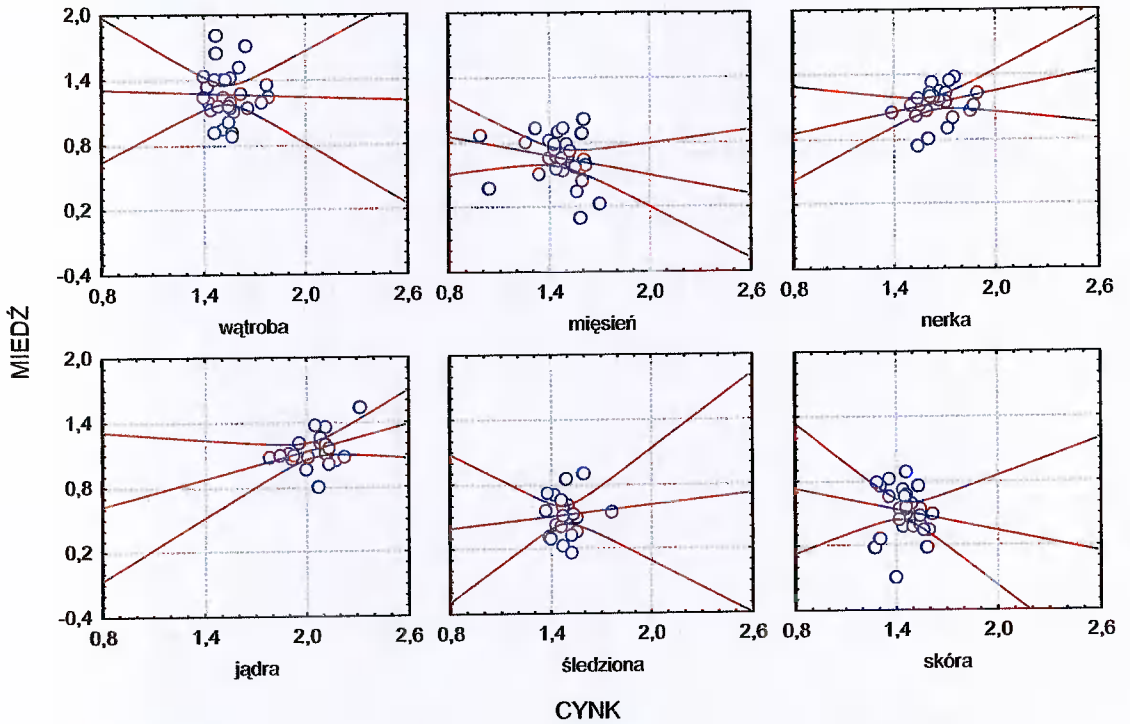
Ryc. 9.12. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością cynku a zawartością potasu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



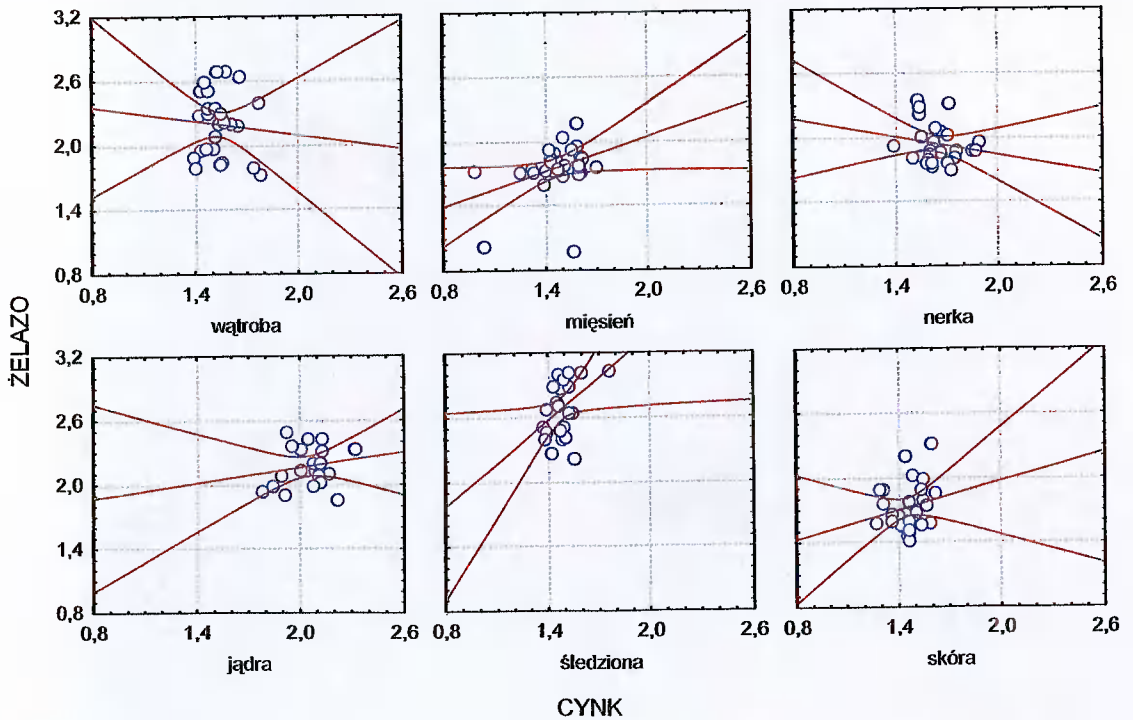
Ryc. 9.13. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością miedzi a zawartością potasu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



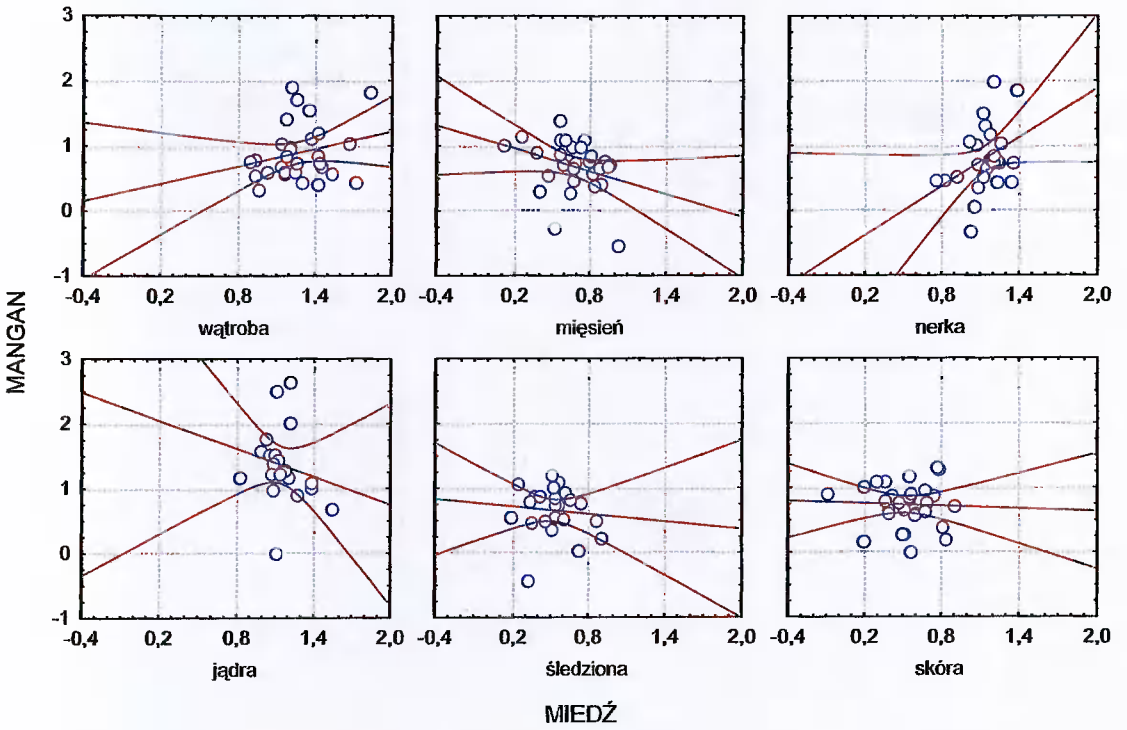
Ryc. 9.14. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością żelaza a zawartością potasu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



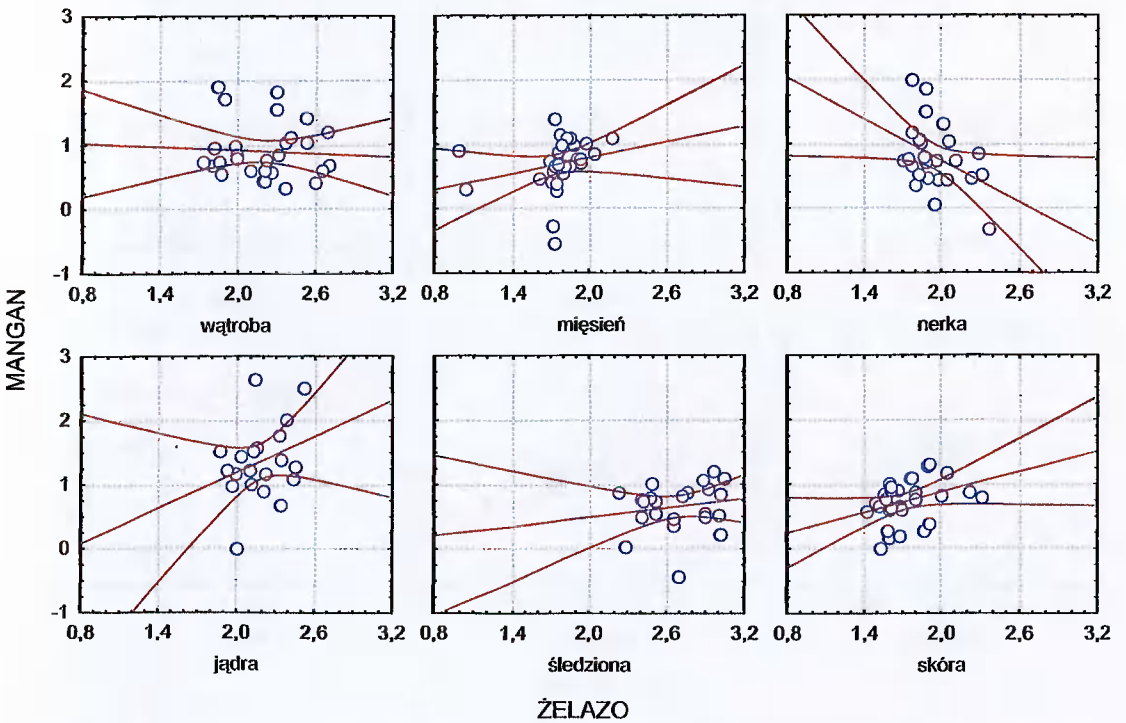
Ryc. 9.15. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością miedzi a zawartością cynku w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



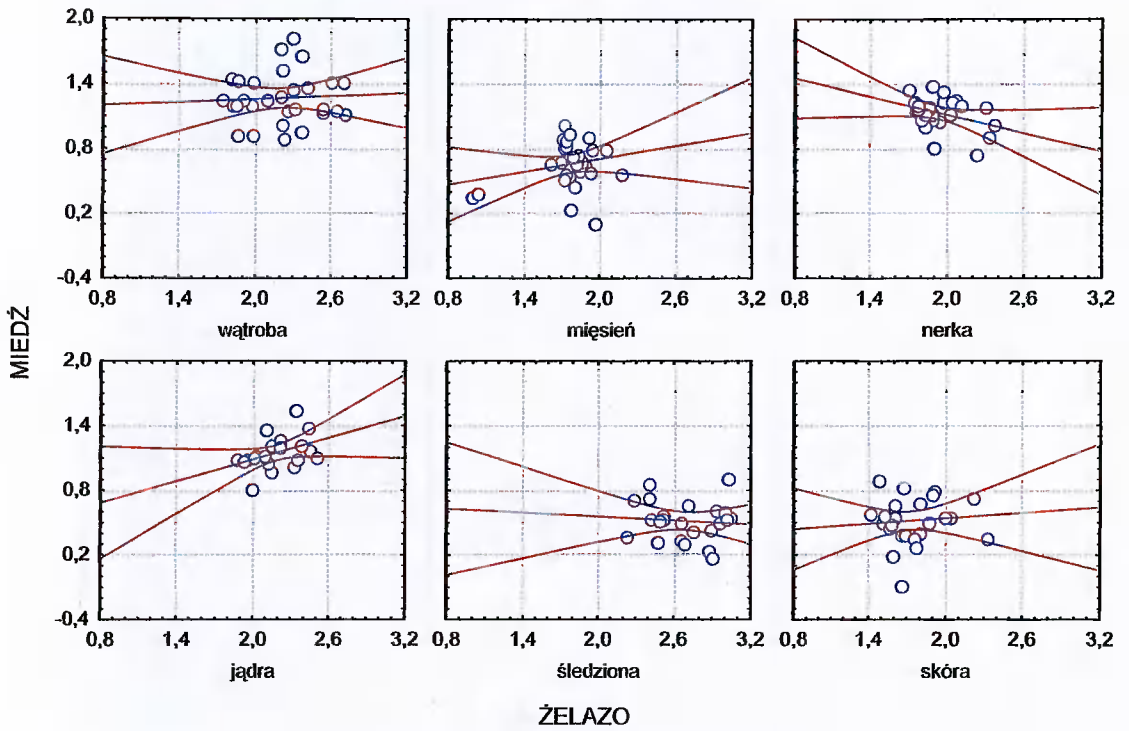
Ryc. 9.16. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością żelaza a zawartością cynku w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



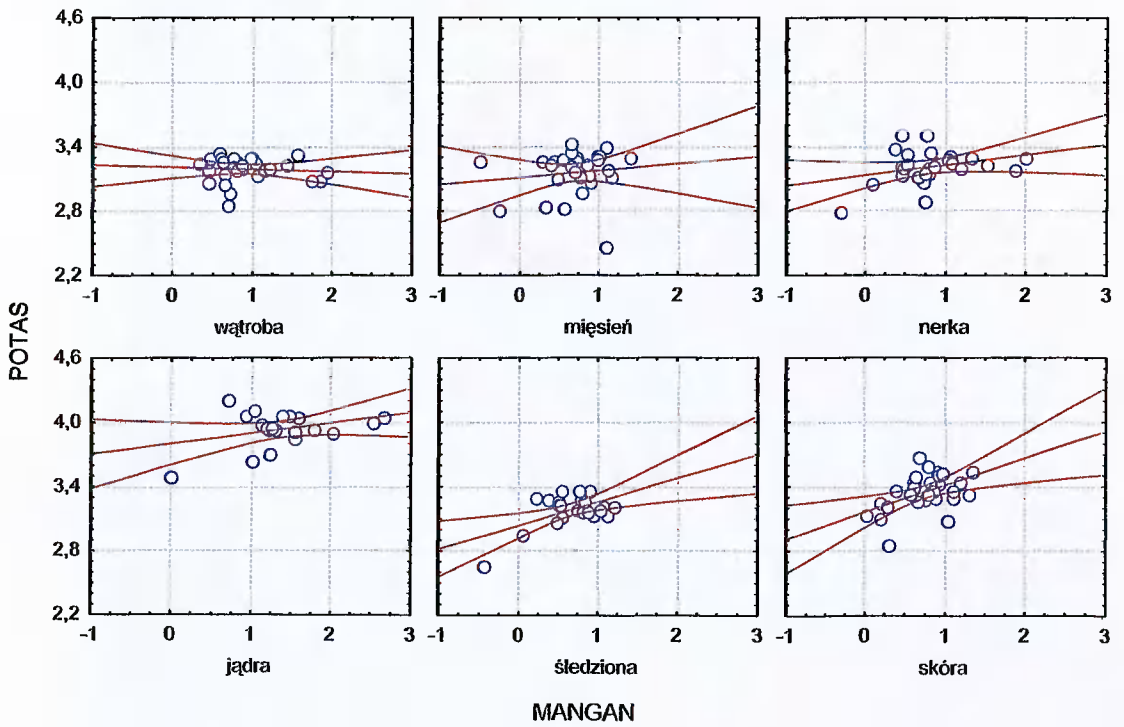
Ryc. 9.17. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością manganu a zawartością miedzi w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



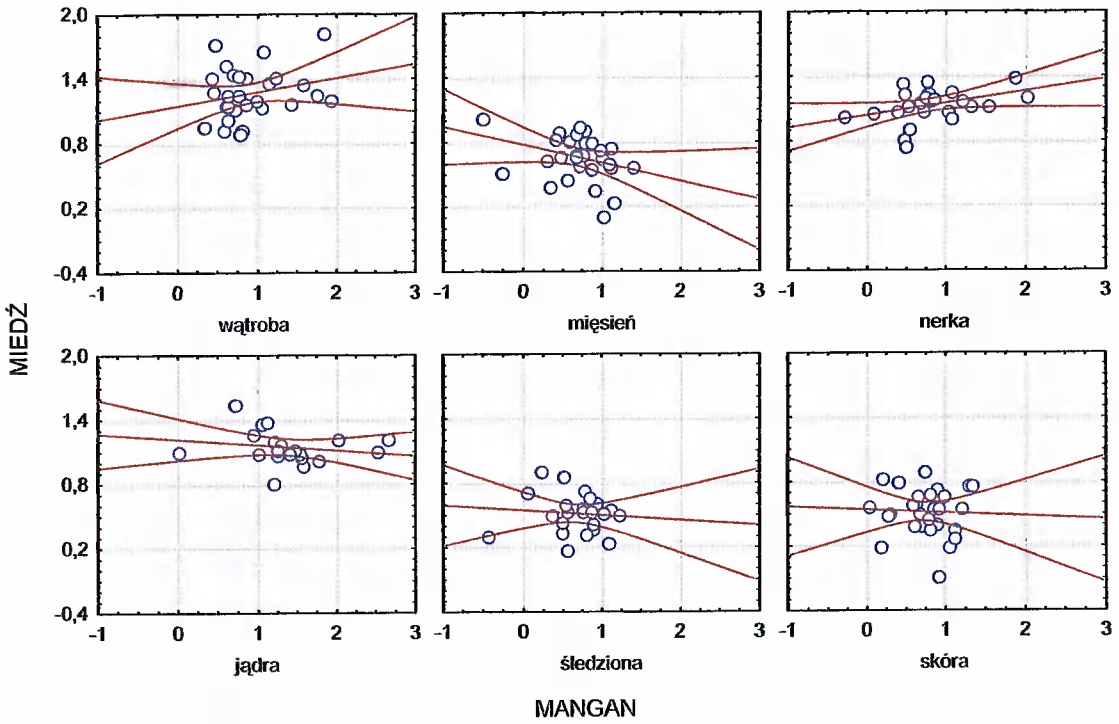
Ryc. 9.18. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością manganu a zawartością żelaza w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



Ryc. 9.19. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością miedzi a zawartością żelaza w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



Ryc. 9.20. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością potasu a zawartością manganu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)



Ryc. 9.21. Skategoryzowany wykres (log-log) zależności między zawartością miedzi a zawartością manganu w tkankach saren (mg/kg świeżej tkanki)







Biblioteka Główna UTP w Bydgoszczy

**D 348**

