







¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, Polska

² Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
ul. Dybowskiego 13, 10-723 Olsztyn, Polska
e-mail: anna.mieczan@up.lublin.pl

ANNA WINIARSKA ¹, EMILIA MIECZAN², MACIEJ BĄKOWSKI ¹,
MARTA KUKURYK¹, ROBERT KRUSIŃSKI ¹,
MAŁGORZATA KWIECIEŃ ¹

Selen w środowisku pracy – zagrożenia, dopuszczalne stężenie, uwarunkowania prawne

Selenium in the work environment – hazards, permissible levels,
legal considerations

Streszczenie. Selen (Se) jest kluczowym mikroelementem, którego zalecane dzienne spożycie w Polsce wynosi 55 µg dla osób dorosłych, 60 µg dla kobiet w ciąży i 70 µg dla matek karmiących. Jego niedobór może skutkować osłabieniem, infekcjami, bólami mięśni, problemami z tarczycą i układem nerwowym, a nadmiar prowadzi do selenozy z objawami, takimi jak: chwiejność emocjonalna, mdłości i utrata włosów. Organiczny Se jest mniej toksyczny niż nieorganiczny. Praca z Se wymaga środków ochrony indywidualnej i przestrzegania przepisów BHP. Ponieważ środowisko pracy może być źródłem zagrożeń dla człowieka ważne jest, aby praca była wykonywana w sposób bezpieczny i zgodny z obowiązującymi przepisami, zarówno dotyczącymi bezpośrednio Se i jego związków, jak i przepisów ogólnych dotyczących BHP, które reguluje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Aby zapewnić bezpieczeństwo w miejscu pracy, stężenie Se w powietrzu nie powinno przekraczać 0,1 mg/m³, z maksymalnym stężeniem chwilowym 0,3 mg/m³.

Słowa kluczowe: selen, BHP, dopuszczalne stężenie, zagrożenia, uwarunkowania prawne

Cytowanie: Winiarska A., Mieczan E., Bąkowski M., Kukuryk M., Krusiński R., Kwiecień M., 2024. Selen w środowisku pracy – zagrożenia, dopuszczalne stężenie, uwarunkowania prawne. *J. Anim. Sci. Biol. Bioecon.*, online first, 1–9. <https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5392>

WSTĘP

Selen (Se) to pierwiastek śladowy, który występuje w przyrodzie w postaci związków nieorganicznych i organicznych [Sun i in. 2021]. Jest niezbędnym mikroelementem dla zwierząt i ludzi, a przy spożyciu nieprzekraczającym normy nie jest toksyczny. W organizmach żywych odgrywa wszechstronną rolę, ponieważ działa silnie antyutleniająco: zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób nowotworowych, sercowo-naczyniowych oraz cukrzycy, reguluje też syntezę hormonów tarczycy oraz hormonów steroidowych i zwiększa odporność poprzez pozytywny wpływ na limfocyty B i T oraz makrofagi [Klecha i Bukowska 2016]. W Polsce dzienne zapotrzebowanie na Se osób dorosłych wynosi 55 µg, podczas ciąży wzrasta do 60 µg, a w czasie laktacji do 70 µg [Jarosz i in. 2020]. Objawy niedoboru Se pojawiają się, gdy stężenie tego pierwiastka w osoczu krwi jest mniejsze niż 85 µg/l. Najczęściej obserwowanym objawem jest ogólne osłabienie organizmu. Stan ten spowodowany jest częstym zapadaniem na infekcje, którym towarzyszą bóle mięśniowe i wycieńczenie organizmu [Jarosz i in. 2020]. Selen łagodzi hepatotoksyczność wywołaną metalami ciężkimi toksycznymi (kadm, rtęć, ołów i arsen) poprzez osłabienie szlaków zapalnych i oksydacyjnych [Ozoani i in. 2024]. Jego niedobór powoduje kardiomiopatię oraz martwicę wątroby i mięśni, co wykazano u ludzi i zwierząt [Hadrup i Ravn-Haren 2023]. Deficyt tego pierwiastka wpływa na zaburzenia funkcji tarczycy. Stwierdzono również, że niedobór tego mikroelementu u dzieci może wiązać się z zatrzymaniem ich wzrostu, a u dorosłych skutkuje zaburzeniami w funkcjach układu rozrodczego i nerwowego, a także powoduje dystrofię chrząstek stawowych [Włodarek i in. 2014]. Selen uczestniczy w obronie antyoksydacyjnej organizmu przez występowanie w endogennych enzymach antyoksydacyjnych [Fernández-Lázaro i in. 2020]. Badania przeprowadzone w Chinach wykazały związek pomiędzy przebiegiem COVID-19 a niskim poziomem Se w organizmie [Zhang i in. 2020]. Selen reguluje odporność przez zwiększenie produkcji przeciwciał IgG i IgM, co wykorzystuje się u osób z wirusem HIV w celu zapobiegania rozwojowi pełnoobjawowego AIDS [Eskin 2022]. Po spożyciu Se jest w większości wchłaniany, ok. 50% wydalane jest z moczem, a część zatrzymywana w organizmie gromadzi się głównie w wątrobie i nerkach [Adewale i in. 2022]. Przez długi czas selen był uważany za pierwiastek toksyczny. Badania epidemiologiczne i badania na zwierzętach pokazują jednak, że Se nie jest substancją rakotwórczą, a w niektórych przypadkach może mieć właściwości przeciwnowotworowe [Adewale i in. 2022].

Biorąc pod uwagę, że organizm ludzki potrzebuje niewielkiej ilości tego składnika do odpowiedniego funkcjonowania, to nadmierna jego podaż przez dłuższy czas powoduje występowanie niepokojących objawów zdrowotnych, świadczących o przewlekłym zatruciu – selenozie [Klecha i Bukowska 2016]. U człowieka obserwuje się wówczas wzmożoną chwiejność emocjonalną, podenerwowanie, torsje, mdłości, czosnkową woń z ust, nadpotliwość, zaburzenia funkcjonowania układu nerwowego, a także utratę włosów i/lub ubytki płytki paznokcia [Jarosz i Bułhak-Jachymczyk 2008]. Niekiedy nadmiar Se łączy się z występowaniem cukrzycy typu 2 [Klecha i Bukowska 2016]. Większość badań wskazuje, że przy pobraniu 2–3 µg Se/kg masy ciała/dzień nie obserwuje się działań niepożądanych [Hadrup i Ravn-Haren 2023]. W jednym z badań wykazano związek

szoną śmiertelność wśród ludzi po codziennym spożywaniu 300 µg Se przez 5 lat (4,3 µg/kg masy ciała dziennie), za dawkę toksyczną uważa się natomiast 600–700 µg [Wawer i Paradowska 2020, Hadrup i Ravn-Haren 2023]. Przyjmowanie Se w formie produktu medycznego może mieć wpływ na zbyt wysoką zawartość tego składnika w organizmie z uwagi na niski indeks terapeutyczny Se, czyli niewielką różnicę między dawką medyczną a toksyczną [Stolińska i Wolańska 2012].

Postać chemiczna Se wpływa na jego przyswajalność [Langauer-Lewowicka i Pawlas 2016]. Organiczny Se jest biologicznie bardziej aktywny, mniej toksyczny i łatwiej wchłaniany oraz wykorzystany przez organizm ludzki niż forma nieorganiczna [Liao, Wang 2022]. Selen wchłaniany jest w jelicie cienkim, następnie wraz z krwią związki nieorganiczne Se (seleniny, seleniany) transportowane są do narządów wewnętrznych, gdzie zredukowane są do selenków. W komórkach człowieka Se gromadzi się w postaci L-selenometioniny lub L-selenocysteiny, natomiast metabolity Se są wydalane przede wszystkim z kałem i moczem, a niewielka ilość wraz z wydychanym powietrzem. Także toksyczność Se zależy od jego formy chemicznej [Golonko i Matejczyk 2018, Hadrup i Ravn-Haren 2023]. Badania przeprowadzone na zwierzętach laboratoryjnych wykazały, że najniższą toksyczność wykazuje Se pierwiastkowy i większość selenków (z uwagi na niską przyswajalność), natomiast najbardziej niebezpieczne są tlenek selenu(IV), disiarczek selenu i trimetylo-Se-Cl [Golonko i Matejczyk 2018].

Zatrucia Se rzadko spowodowane są nieodpowiednim odżywianiem i dochodzi do nich sporadycznie. Poważniejszym zagrożeniem jest obecność Se w środowisku pracy. W związku z tym celem pracy było przeanalizowanie informacji dostępnych w światowym piśmiennictwie dotyczących zagrożeń związanych z zawodowym narażeniem na Se. Przedstawiono także obowiązujące w Polsce uwarunkowania prawne, minimalizujące ryzyko dla zdrowia osób narażonych na Se.

ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z OBECNOŚCIĄ SE W ŚRODOWISKU PRACY

W 2010 r. całkowitą produkcję Se na świecie szacowano na ok. 3000 ton/rok [Nau-mov 2010]. Obecnie uważa się, że jest to 4788 ton/rok [https://ibm.gov.in/writereaddata/files/11292021123510Selenium_Tellurium%20_2020.pdf]. Światowe rezerwy selenu wynoszą 100 000 ton, znajdują się one głównie w Chinach (26%), Rosji (20%), Peru (13%), USA (10%) i Kanadzie (6%) [https://ibm.gov.in/writereaddata/files/11292021123510Selenium_Tellurium%20_2020.pdf].

Selen używany jest w przemyśle w postaci dodatku lub produktu ubocznego procesów produkcyjnych. Narażenie zawodowe na ten pierwiastek dotyczy głównie pracowników przemysłu chemicznego, metalurgicznego, szklarskiego oraz elektrycznego. Selen jest używany w produkcji pigmentów stosowanych w tworzywach sztucznych, farbach, emaliach, tuszach i gumach [Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2003]. Ponadto wykorzystywany jest przy produkcji kosmetyków (np. siarczek selenu w szamponach przeciwłupieżowych) oraz preparatów o działaniu grzybobójczym i bakterio-bójczym [Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2003]. Używa się go również w wulkanizacji i produkcji transformatorów. Jest także stosowany jako dodatek paszowy dla zwierząt gospodarskich oraz w produkcji nawozów sztucznych. Największe zagrożenie dla zdrowia pracownika stanowią pyły i dymy zawierające selen [Langauer-Lewowicka i Pawlas 2016].

Nadmierna ekspozycja zawodowa może powadzić do przewlekłego zatrucia Se u pracowników przemysłu. Badania przeprowadzone w grupie pracowników narażonych na działanie Se wykazały, że najczęściej obserwuje się uczulenia skórne oraz podrażnienie oczu, a także dokuczliwy kaszel i duszności [Ducros i Favier 2004]. Stwierdzano również często powtarzające się zapalenia płuc lub oskrzeli, którym towarzyszyła nieprzyjemna czosnkowa woń z jamy ustnej i metaliczny posmak w ustach. Dodatkowo wdychanie związków Se powoduje podrażnienie błon śluzowych w układzie oddechowym, obrzęk płuc, krwawienie z nosa, wymioty i nudności, skutki sercowo-naczyniowe, bóle głowy oraz złe samopoczucie [Adevalle i in. 2022]. Ostra toksyczność objawia się zespołem niewydolności oddechowej, zawałem mięśnia sercowego, niewydolnością nerek, tachykardią i zaczerwienieniem twarzy, występują także objawy neurologiczne, w tym drżenie i bóle mięśni [Smrkołj i in. 2015].

W dostępnej literaturze nie znaleziono informacji dotyczących zgonów wśród pracowników spowodowanych działaniem Se, a niezbyt częste występowanie niepożądanych zmian zdrowotnych w wyniku jego działania sprawia, że ocena narażenia na selen dla instytucji pracy nie stanowi sprawy priorytetowej [Langauer-Lewowicka i Pawlas 2016]. Niemniej jednak badania epidemiologiczne przeprowadzone w ostatnich latach w populacjach zachodnich wykazały niekorzystne skutki przewlekłego narażenia na niskie stężenia Se, które prowadzą do nadmiernej ekspresji selenoprotein [Vinceti i in. 2022]. Wykazały one, że u ludzi spożycie Se w niewielkiej ilości, nieprzekraczającej 60 µg/dzień, zwiększa ekspresję selenoprotein, co może powodować wzrost ryzyka wystąpienia niektórych chorób metabolicznych, np. cukrzycy typu 2. Co więcej, wskazują one na potrzebę ponownej oceny wartości referencyjnych w zakresie górnego poziomu spożycia Se, ponieważ zalecane wartości spożycia tego pierwiastka w diecie zostały ustalone, gdy dowody epidemiologiczne dotyczące wpływu Se na zdrowie nie były pełne.

Pewne zastrzeżenia i wątpliwości budzi narażenie ludzi na selenin sodu, który w postaci dodatku paszowego jest stosowany w żywieniu zwierząt gospodarskich [EFSA 2015]. Związane jest to z jego drażniącym działaniem na skórę, oczy i układ oddechowy. Raport Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wykazał, że selenin sodu stosowany w postaci powlekanego granulowanego preparatu jest bezpieczny dla osób obsługujących zwierzęta z uwagi na bardzo niskie pylenie. Natomiast niebezpieczna może być ekspozycja skórna, w przypadku gdy u osoby narażonej na selenin sodu występują uszkodzenia skóry [EFSA 2015]. Z kolei pracownicy mający do czynienia z seleninem sodu w postaci niepowlekaną są narażeni na Se poprzez wdychanie w ilościach, które stanowią ryzyko dla zdrowia [EFSA 2016]. Należy podkreślić, że stosowanie seleninu sodu jako źródła Se w żywieniu zwierząt jest uważane za bezpieczne dla konsumenta, pod warunkiem przestrzegania całkowitej maksymalnej dozwolonej zawartości selenu w mieszankach paszowych [EFSA 2015].

BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W ZAKŁADACH PRZEMYSŁOWYCH, W KTÓRYCH WYSTĘPUJE SE I JEGO ZWIĄZKI – UWARUNKOWANIA PRAWNE

Ponieważ środowisko pracy może być źródłem zagrożeń dla człowieka, ważne jest, aby praca była wykonywana w sposób bezpieczny i zgodny z obowiązującymi przepisami, zarówno dotyczącymi bezpośrednio Se i jego związków, jak i przepisów ogólnych doty-

czących BHP, które reguluje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [Dz.U. 1997 nr 129, poz. 844]. Bardzo ważną rolę w zapobieganiu negatywnemu działaniu selenu oraz jego związków na zdrowie pracownika pełnią środki ochrony indywidualnej. Priorytet będzie stanowić odpowiednia ochrona oczu, skóry i dróg oddechowych.

Wymagania, jakie powinny spełniać środki ochrony indywidualnej, zostały zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej [Dz.U. 2005 nr 259, poz. 2173]. Zgodnie z Kodeksem Pracy pracodawca ma obowiązek dostarczyć pracownikowi nieodpłatnie środki ochrony indywidualnej oraz przeszkolić go w zakresie właściwego posługiwania się tymi środkami [Dz.U. 1974 nr 24, poz. 141]. Karty charakterystyki Se ostrzegają, że działa on toksycznie po połknięciu oraz w następstwie wdychania, a także może powodować uszkodzenie narządów poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie. Podkreśla się w nich, że należy unikać wdychania pyłu i ekspozycji błon śluzowych. W przypadku gdy na stanowisku pracy występują pyły lub opary zawierające Se, stosuje się ochronę oczu, najczęściej w postaci okularów ochronnych w szczelnej obudowie. Z uwagi na możliwość podrażnienia skóry pracownik powinien chronić skórę rąk gumowymi rękawicami nitylowymi, odpornymi na działanie substancji chemicznych. Należy też założyć ubiór ochronny oraz odpowiednie obuwie. Istotną kwestią w pracy z tym produktem stanowią środki ochrony układu oddechowego zaopatrzone w filtry. Dobór maski powinien być dokonany z uwzględnieniem stopnia ekspozycji oraz zagrożeń wynikających ze stosowania produktu.

Zgodnie z Ustawą z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach, substancjami niebezpiecznymi i mieszaninami niebezpiecznymi nazywa się substancje, które należą do co najmniej jednej kategorii zawartej w tej ustawie [Dz.U. 2011 nr 63, poz. 322]. Selen przyporządkowany jest do dwóch kategorii: (1) do grupy substancji i mieszanin toksycznych oraz (2) do grupy substancji i mieszanin drażniących. Oznacza to, że Se może być zakwalifikowany do substancji niebezpiecznych, co powoduje, że przestrzeganie zasad BHP podczas pracy z Se musi być bezwzględnie spełnione. Bardzo ważną kwestią w przypadku pracy z substancją niebezpieczną jest zapoznanie pracowników z kartami charakterystyk tych substancji. Karta charakterystyki zawiera informacje na temat niebezpiecznych właściwości, możliwych zagrożeń wynikających z pracy z substancją niebezpieczną oraz zasad postępowania w przypadku kontaktu ze skórą, oczami lub układem oddechowym i/lub pokarmowym (rys. 1). Karty stanowią jeden z najważniejszych czynników służących do ochrony pracowników przed niepożądanym wpływem substancji chemicznych [Puchalska i in. 1999].

Przy pracy z Se istotna jest wiedza pracownika na temat udzielania pierwszej pomocy, obejmująca zachowania w przypadku jego wdychania, połknięcia lub kontaktu bezpośredniego ze skórą i/lub błonami śluzowymi (rys. 2). W każdej z tych sytuacji istotne jest, że jeżeli zaobserwowano niepokojące lub nieustępujące objawy, należy skonsultować się z lekarzem [<https://www.ciop.pl/>].

DOPUSZCZALNE STĘŻENIE SELENU W ŚRODOWISKU PRACY

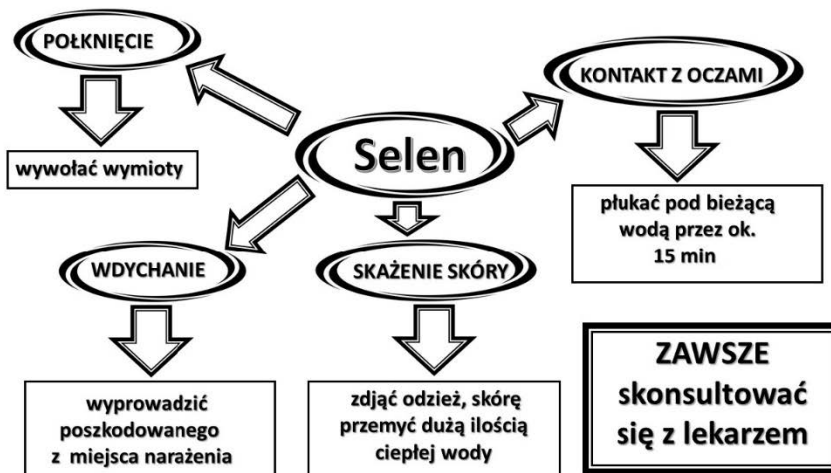
Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych

dla zdrowia w środowisku pracy stężenie Se i jego związków (z wyjątkiem selenu) nie może przekraczać $0,1 \text{ mg/m}^3$. Ustawa uwzględnia także najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe, które nie może przekraczać $0,3 \text{ mg/m}^3$ [Dz.U. 2002 nr 217, poz. 1833].

<p>Środki pierwszej pomocy <i>Opis środków pierwszej pomocy</i> Najważniejsze ostre i opóźnione objawy oraz skutki narażenia <i>Wskazania dotyczące wszelkiej natychmiastowej pomocy lekarskiej i szczególnego postępowania z poszkodowanym</i></p>	<p>Szczególne zagrożenia związane z substancją lub mieszaniną</p> <p style="text-align: center;">Selen</p>	<p>Elementy oznakowania</p> <div style="text-align: center;">   </div> <p><i>Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia:</i> Działa toksycznie po połknięciu. Działa toksycznie w następstwie wdychania. Może powodować uszkodzenie narządów poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie.</p> <p><i>Zwroty wskazujące środki ostrożności:</i> Unikać wdychania pyłu. W przypadku połknięcia: Natychmiast skontaktować się z ośrodkiem zatruc lub lekarzem. W przypadku narażenia lub styczności: skontaktować się z ośrodkiem zatruc lub lekarzem</p>
<p>Postępowanie z substancjami i ich magazynowanie</p> <p><i>Środki ostrożności dotyczące bezpiecznego postępowania</i> Warunki bezpiecznego magazynowania, w tym informacje dotyczące wszelkich wzajemnych niezgodności</p>	<p>Kontrola narażenia / środki ochrony indywidualnej</p> <p><i>Parametry dotyczące kontroli</i> Kontrola narażenia (Stosowne techniczne środki kontroli; Indywidualne środki ochrony) Kontrola narażenia środowiska</p>	
<p>Informacje toksykologiczne</p> <p><i>Dotyczące skutków toksykologicznych</i> O możliwych drogach narażenia, potencjalnym chronicznym działaniu na zdrowie Objawy związane z właściwościami fizycznymi, chemicznymi i toksykologicznymi Opóźnione, bezpośrednie, przewlekłe skutki krótko- i długotrwałego narażenia</p>		

Rys. 1. Informacje dostępne w karcie charakterystyki substancji niebezpiecznej (opracowanie własne)

Fig. 1. Information available in the safety data sheet (own elaboration)



Rys. 2. Postępowanie w przypadku zatrucia selenem (opracowanie własne)

Fig. 2. Treatment in case of selenium poisoning (own elaboration)

Ocenę czystości powietrza dokonuje się metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej zawartej w PN-89/Z-04172/03 [Gawęda 2014]. Zgodnie z Rozporzą-

dzeniem Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy pracodawca może odstąpić od pomiarów stężeń, jeżeli wyniki dwóch ostatnich badań i pomiarów szkodliwych dla zdrowia czynników chemicznych lub pyłów nie przekroczyły 0,1 wartości NDS (najwyższe dopuszczalne stężenie) [Dz.U. 2011 nr 33, poz. 166].

PODSUMOWANIE

Zarówno zatrucia Se, jak i przewlekła selenoza są niezwykle rzadkie, niemniej jednak lekarze powinni mieć świadomość możliwej toksyczności Se ze względu na coraz częstsze stosowanie tego związku jako suplementu diety oraz ze względu na obawy związane z występowaniem skażenia środowiska tym składnikiem mineralnym. Środowisko pracy, w którym występuje selen i jego związki, jest potencjalnym źródłem zagrożeń wpływających na zdrowie pracownika. Konieczne jest przestrzeganie zasad BHP, aby praca była wykonywana w sposób bezpieczny i zgodny z obowiązującymi przepisami, które reguluje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. [Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844].

PIŚMIENNICTWO

- Adewale G.G., Olajide P.A., Omowumi O.S., Okunlola D.D., Taiwo A.M., Adetuyi B.O., 2022. Toxicological significance of the occurrence of selenium in foods. *World News Nat. Sci.* 44, 63–88.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2003. Toxicological profile for selenium (Update). Public Health Service, Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. Dostępne na: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp92.pdf>
- Ducros V., Favier A., 2004. Selenium metabolism. *EMC-Endocrinologie* 1(1), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.emcend.2003.10.001>
- EFSA, 2015. EFSA Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP). Scientific opinion on the safety and efficacy of selenium compounds (E8) as feed additives for all animal species: sodium selenite (coated granulated preparation), based on a dossier submitted by Doxal Italia S.p.A. *EFSA J.* 13(11), 4271. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4271>
- EFSA, 2016. EFSA Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP). Safety and efficacy of selenium compounds (E8) as feed additives for all animal species: sodium selenite, based on a dossier submitted by Retorte GmbH Selenium Chemicals and Metals. *EFSA J.* 14(2), 4398. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4398>
- Eskin M.N.A., 2022. Selenium: an important and often ignored trace element. *Am. J. Biomed. Sci. Res.* 16(3), 339–340. <https://doi.org/10.34297/AJBSR.2022.16.00223>
- Fernández-Lázaro D., Fernandez-Lazaro C.I., Mielgo-Ayuso J., Navascués L.J., Córdova Martínez A., Seco-Calvo J., 2020. The role of selenium mineral trace element in exercise: antioxidant defense system, muscle performance, hormone response, and athletic performance. A systematic review. *Nutrients* 12(6), 1790. <https://doi.org/10.3390/nu12061790>
- Golonko A., Matejczyk M., 2018. Dwa oblicza selenu. Wybrane aspekty aktywności biologicznej selenu. *Civil Environ. Eng.* 9, 65–74.

- Hadrup N., Ravn-Haren G., 2023. Toxicity of repeated oral intake of organic selenium, inorganic selenium, and selenium nanoparticles: A review. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 79, 127235. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127235>
- https://ibm.gov.in/writereaddata/files/11292021123510Selenium_Tellurium%20_2020.pdf
- <https://www.ciop.pl/>
- Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B., 2008. Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J. (red.), 2020. Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. Wyd. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Warszawa.
- Klecha B., Bukowska B., 2016. Selen w organizmie człowieka – charakterystyka pierwiastka i potencjalne zastosowanie terapeutyczne. *Bromat. Chem. Toksykol.* 4, 818–829.
- Langauer-Lewowicka H., Pawlas K., 2016. Selen w środowisku. *Med. Środ.* 1, 9–16.
- Liao J., Wang C., 2022. Factors affecting selenium-enrichment efficiency, metabolic mechanisms and physiological functions of selenium-enriched lactic acid bacteria. *J. Fut. Foods* 2(4), 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.08.001>
- Naumov A.V., 2010. Selenium and tellurium: state of the markets, the crisis, and its consequences. *Metallurgist* 54(3–4), 197–200. <https://doi.org/10.1007/s11015-010-9280-7>
- Ozoani H., Ezejiofor A.N., Okolo K.O., Orish C.N., Cirovic A., Cirovic A., Orisakwe O.E., 2024. Selenium and zinc alleviate hepatotoxicity induced by heavy metal mixture (cadmium, mercury, lead and arsenic) via attenuation of inflammo-oxidant pathways. *Environ. Toxicol.* 39(1), 156–171. <https://doi.org/10.1002/tox.23966>
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (Dz.U. 2005 nr 259, poz. 2173).
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 1997 nr 129, poz. 844).
- Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2002 nr 217, poz. 1833).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2011 nr 33, poz. 166).
- Smrkolj P., Pograjc L., Hlastan-Ribič C., Stibilj V., 2015. Selenium content in selected Slovenian foodstuffs and estimated daily intakes of selenium. *Food Chem.* 90, 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.028>
- Stolińska H., Wolańska D., 2012. Składniki pokarmowe istotne w niedoczynności tarczycy. *Żyw. Człow. Metab.* 3, 221–229.
- Sun H., Chen J., Xiong D., Long M., 2023. Detoxification of selenium yeast on mycotoxins and heavy metals: a review. *Biol. Trace Elem. Res.* 201(11), 5441–5454. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03576-5>
- Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. 1974 nr 24, poz. 141).
- Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63, poz. 322).
- Vinceti M., Filippini T., Jablonska E., Saito Y., Wise L.A., 2022. Safety of selenium exposure and limitations of selenoprotein maximization: molecular and epidemiologic perspectives. *Environ. Res.* 211, 113092. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113092>
- Wawer I., Paradowska K., 2020. Suplementacja selenem w czasach COVID-19. *Almanach* 15(2), 69–75.

- Włodarek D., Lange E., Kozłowska L., Głąbska D., 2014. Dietoterapia. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Zhang J., Taylor E.W., Bennett K., Saad R., Rayman M.P., 2020. Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *Am. J. Clin. Nutr.* 111(6), 1297–1299. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>

Źródło finansowania: Pracę sfinansowano ze środków na działalność statutową.

Summary. Selenium (Se) is a key trace element, with recommended daily intake in Poland being 55 µg for adults, 60 µg for pregnant women, and 70 µg for breastfeeding mothers. Its deficiency can lead to weakness, infections, muscle pain, thyroid and nervous system problems, while excess can cause selenosis, symptoms of which include emotional instability, nausea, and hair loss. Organic Se is less toxic than inorganic. Working with Se requires personal protective equipment and compliance with health and safety regulations. The working environment may be a source of threats to humans, it is important that work is performed in a safe manner and in accordance with applicable regulations, both directly relating to Se and its compounds as well as general provisions regarding health and safety, which are regulated by the Regulation of the Minister of Labor and Social Policy of 26 September 1997 on general occupational health and safety regulations. The concentration of Se in the air should not exceed 0.1 mg/m³, with a temporary maximum of 0.3 mg/m³, to ensure workplace safety.

Keywords: selenium, occupational health and safety, permissible level, threats, legal conditions

Otrzymano/Received: 13.06.2024
Zaakceptowano/Accepted: 31.07.2024
Online first: 8.11.2024