



# **Mangan**

w wodzie przeznaczonej  
do spożycia przez ludzi

---

Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego  
Postępowanie w przypadku podwyższonych wartości stężeń

© Główny Inspektorat Sanitarny 2018

Wszelkie prawa zastrzeżone

Niniejsze opracowanie jest chronione prawem autorskim. Prawa autorskie do niniejszego opracowania przysługują Głównemu Inspektoratowi Sanitarnemu.

Każde wykorzystanie niniejszego opracowania lub jego fragmentu wymaga wskazania przynajmniej źródła.

Warszawa, 2018

Opracowano na zlecenie Głównego Inspektoratu Sanitarnego: Dorota Maziarka, Bożena Krogulska – Zakład Bezpieczeństwa Zdrowotnego Środowiska Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny.

# SPIS TREŚCI

Wstęp .....	4
I. Informacje ogólne .....	5
II. Źródła manganu w środowisku i w wodach ujmowanych w celu zaopatrzenia ludności ....	7
III. Źródła manganu dla organizmu człowieka: produkty spożywcze i woda przeznaczona do spożycia. Rzeczywiste i tolerowane dzienne spożycie manganu. Rola manganu w procesach metabolicznych w organizmie człowieka .....	9
IV. Mangan w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi – wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody .....	14
V. Mangan w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi – znaczenie i zagrożenia dla zdrowia ludzi w przypadku podwyższonych stężeń manganu .....	15
VI. Znaczenie podwyższonych stężeń manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi – w świetle postanowień Dyrektywy Rady 98/83/we z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, przepisów rozporządzenia ministra zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi oraz zaleceń światowej organizacji zdrowia (WHO) .....	22
Podsumowanie .....	26
Piśmiennictwo .....	29
Załączniki .....	31
Przekroczenie wartości parametrycznej manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi – zasady postępowania .....	32
Propozycje wzorów komunikatów państwowego powiatowego/państwowego granicznego inspektora sanitarnego w przypadku podwyższonego stężenia manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi: .....	46

## WSTĘP

Opracowanie „*Mangan w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego. Postępowanie w przypadku podwyższonych wartości stężeń*” **nie jest źródłem powszechnie obowiązującego prawa**, lecz ma charakter pomocniczy w realizacji przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej zadań w zakresie nadzoru nad bezpieczeństwem zdrowotnym wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Niniejsze opracowanie ma charakter ogólny, kierunkowy. W związku z powyższym przy rozpatrywaniu określonego przypadku przekroczenia wartości parametrycznej dla manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, należy każdorazowo brać pod uwagę indywidualne uwarunkowania, występujące w danej sytuacji (np. stwierdzone przekroczenia wartości parametrycznych innych parametrów).

## I. INFORMACJE OGÓLNE

Mangan jest powszechnie występującym składnikiem zarówno wód podziemnych, jak i powierzchniowych, najczęściej naturalnego pochodzenia, choć do jego występowania może przyczyniać się również działalność człowieka i przenikające do wód zanieczyszczenia antropogenne. Z uwagi na częstość występowania oraz wysokie wartości stężeń szczególne znaczenie ma mangan obecny w wodach podziemnych, ujmowanych w celu zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, w których należy do najczęstszych obok żelaza zanieczyszczeń, przenikających z utworów geologicznych. W wodach tego rodzaju, szczególnie gdy panują w nich warunki redukcyjne, stężenia manganu osiągają najwyższe wartości, mogące niekiedy wynosić 10 000 µg/l [1]. Znaczne stężenia manganu w wodzie przeważnie występują jednocześnie z wysokimi wartościami stężeń żelaza, rzadziej zdarza się, aby występowały one jako izolowane zanieczyszczenie. Istnieją kontrowersje co do szkodliwości dla zdrowia ludzi manganu zawartego w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi – na możliwość taką wskazują wyniki niektórych badań epidemiologicznych, wiążące ją generalnie ze znacznym narażeniem, do którego dochodzi przy stężeniach manganu w wodzie przekraczających wartość 400-500 µg/l. Podwyższone wartości stężeń manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia najczęściej nie przekraczają powyższej granicy i nie zagrażają zdrowiu ludzi, mogą one natomiast wywierać niepożądany wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody, powodując wzrost jej barwy, mętności, smaku i zapachu. Mogą też powodować pozostawianie przebarwień na pranych tkaninach, urządzeniach sanitarnych oraz innych powierzchniach, mających kontakt z wodą. Istotnym problemem jest także wytrącanie się nierozpuszczalnych związków manganu w formie osadów mineralnych w przewodach wodociągowych, z czasem prowadzące do zakłóceń eksploatacji wodociągu i dodatkowo przyczyniające się do pogorszenia jakości wody. Uzasadnia to zabieganie o utrzymanie stężeń manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi na poziomie nie przekraczającym wartości parametrycznej, określonej w obowiązujących przepisach prawnych jako 50 µg/l<sup>1</sup>, przy której nie występują powyższe niepożądane zmiany. W przypadkach stężeń przekraczających tę wartość, lecz nie stwarzających zagrożenia dla zdrowia ludzi, możliwe jest stwierdzenie warunkowej przydatności wody do spożycia przez określony czas, niezbędny do realizacji inwestycji zapewniających jej odpowiednią jakość. Wymaga to spełnienia szeregu warunków, tym określenia czasu trwania takiego rozwiązania i odpowiedniej wartości parametrycznej stężenia manganu w tym okresie. Kwestie te wymagają indywidualnego ustalenia w poszczególnych systemach zaopatrzenia w wodę, z uwzględnieniem specyfiki panujących w nich warunków.

1 Załącznik nr 1 Część C do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. poz. 2294)



## II. ŹRÓDŁA MANGANU W ŚRODOWISKU I W WODACH UJMOWANYCH W CELU ZAOPATRZENIA LUDNOŚCI

Mangan zaliczany jest do metali najbardziej rozpowszechnionych w skorupie ziemskiej. Występuje on w formie związanej, jako składnik licznych związków chemicznych, których ogółem zidentyfikowano ponad 100 i w których może on przyjmować różny stopień utlenienia –  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$ ,  $Mn^{6+}$ ,  $Mn^{7+}$ . W środowisku wodnym, do którego mangan łatwo przenika z warstw geologicznych, podstawowe znaczenie mają dwa z nich: –  $Mn^{2+}$  i  $Mn^{4+}$  [1]. W wodach podziemnych o wartości pH 4-7 przeważa forma dwuwartościowa  $Mn^{2+}$  (Mn(II)), charakteryzująca się większą rozpuszczalnością, natomiast w wodach o większym potencjale utleniającym mangan przyjmuje wyższy stopień utlenienia  $Mn^{4+}$  (Mn(IV)), który wykazuje on większą tendencję do wytrącania się z roztworów w formie osadów [1]. Zjawisko to wykorzystywane jest podczas uzdatniania wody w celu usuwania nadmiernej ilości manganu. Może ono także stanowić niezamierzony efekt, towarzyszący stosowaniu w innych celach chemikaliów o działaniu utleniającym, w tym chlorowaniu wody. Utlenianie zawartego w wodzie manganu, do którego dochodzi w obrębie systemu dystrybucji, sprzyja wytrącaniu się osadów nierozpuszczalnych związków manganu w przewodach wodociągowych i wynikającym stąd problemom technicznym w eksploatacji wodociągu [1,5]. Wpływa też niekorzystnie na jakość przesyłanej wody, powodując poprzez okresowe zrywanie osadów wzrost stężenia manganu w wodzie i towarzyszący mu wzrost barwy i mętności wody.

Jakkolwiek mangan jest rozpowszechnionym składnikiem środowiska naturalnego, a jego występowanie w wodach ujmowanych na zaopatrzenie ludności jest najczęściej wynikiem przenikania z utworów geologicznych, do zanieczyszczenia wód mogą przyczyniać się także antropogenne źródła manganu, związane z jego wykorzystywaniem do celów przemysłowych. Należy do nich między innymi stosowanie manganu w przemyśle metalurgicznym jako składnika stopów stalowych, wykorzystywanie dwutlenku manganu i innych związków manganu do produkcji baterii, szkła i ogni sztucznych [5]. Szerokie zastosowanie gospodarcze znajduje nadmanganian potasu jako środek o właściwościach czyszczących, wybielających oraz dezynfekcyjnych. Bywa on także stosowany w uzdatnianiu wody w celu usuwania z niej nadmiaru żelaza, manganu i innych zanieczyszczeń. Specyficznym źródłem manganu uwalnianego do środowiska jest trikarbonylek metylocyklopentadienylomanganu (MMT), wykorzystywany jako dodatek przeciwstykowy do benzyny silnikowej i zastępujący stosowane w tym celu w przeszłości związki ołowiu

[1,5]. Produktami rozkładu zawartego w paliwie MMT, który nie uległ spaleniu, są: tlenek manganu, dwutlenek węgla i związki organiczne. Te ostatnie charakteryzują się krótkim okresem półtrwania, cząsteczki tlenku manganu natomiast z uwagi na swe niewielkie rozmiary łatwo rozprzestrzeniają się w środowisku, przenikając również do wód powierzchniowych i podziemnych. Związki manganu wchodzą także w skład nawozów mineralnych, lakierów, środków grzybobójczych [5]. Mangan może też przenikać do wód ze ścieków przemysłowych, odcieków ze składowisk odpadów oraz poprzez wymywanie z gleby, do której zanieczyszczenia przyczyniają się z kolei przemysłowe źródła uwalniania manganu do środowiska [5].

Wśród źródeł manganu przenikającego do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi szczególne znaczenie mają wspomniane wyżej osady nierozpuszczalnych związków manganu, które uległy depozycji w przewodach wodociągowych. Niezależnie od ich pochodzenia, w wyniku gwałtownych zmian warunków przepływu i ciśnienia w instalacji, których w trakcie jej zwykłej eksploatacji nie da się uniknąć, osady te mogą ulegać okresowemu naruszeniu i zerwaniu, przyczyniając się do wzrostu stężenia manganu w wodzie i w konsekwencji negatywnie odbieranych przez konsumentów zmian organoleptycznych wody, głównie wzrostu jej barwy i mętności. Zmiany takie mają charakter epizodyczny, w związku z czym rutynowo prowadzone badania jakości wody mogą ich nie wykrywać, a jednocześnie z uwagi na towarzyszący im szybki i bardzo znaczny wzrost barwy i mętności wody budzą niezadowolenie i skargi konsumentów. Osady mineralne mogą też być źródłem powolnego i stałego przenikania zawartego w nich manganu do wody, czemu sprzyja zmiana wartości pH i właściwości oksydoredukcyjnych wody. Problem ten może dotyczyć także systemów wodociągowych, w których stężenie manganu w wodzie w punkcie jej wprowadzania do sieci nie jest podwyższone i w których funkcjonują skuteczne systemy odmanganiania wody, jeśli do nagromadzenia osadów manganu doszło przed zastosowaniem takich rozwiązań, w trakcie uprzedniej wieloletniej eksploatacji ujęcia wody o podwyższonym stężeniu manganu. Należy dodać, że odkładanie się osadów manganu bywa obserwowane już przy niskich jego stężeniach, począwszy od nieznacznie przekraczających  $20 \mu\text{g/l}$ , jednak istotne nasilenie tego procesu obserwuje się, gdy poziomy manganu w wodzie przekraczają  $50 \mu\text{g/l}$ .



### III. ŹRÓDŁA MANGANU DLA ORGANIZMU CZŁOWIEKA: PRODUKTY SPOŻYWCZE I WODA PRZEZNACZONA DO SPOŻYCIA. RZECZYWISTE I TOLEROWANE DZIENNE SPOŻYCIE MANGANU. ROLA MANGANU W PROCESACH METABOLICZNYCH W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA

Mangan należy do mikroelementów niezbędnych dla organizmu człowieka, uczestnicząc jako kofaktor enzymów w licznych przemianach metabolicznych i będąc jednym z czynników warunkujących ich prawidłowy przebieg. Głównym źródłem manganu dla organizmu człowieka jest żywność [1,2,5,7]. Największe ilości manganu zawierają produkty pochodzenia roślinnego, orzechy i produkty zbożowe, warzywa korzeniowe i liściaste, herbata, owoce, odżywki dla dzieci, niektóre gatunki mięs i ryb, co ilustruje poniższa tabela [1,2,5,7].

Tabela 1. Zawartość manganu w wybranych produktach spożywczych

Produkt spożywczy	Zawartość manganu (mg/kg)
orzechy	18-46
produkty zbożowe	0,4-40,7
warzywa	2,2-6,7
owoce	0,2-10,7
mięso, drób	0,1-3,9
mleko	0,02-0,4

Dobowe spożycie manganu waha się w szerokich granicach i w poszczególnych badaniach bywa oceniane jako:

- 0,7 mg-10,9 mg/d (Greger na podstawie wywiadów kwestionariuszy, 1999; US EPA, 2004),
- 3,5-7,0 mg/d (Freeland & Graves, 1987),
- 2,3 mg/d (mężczyźni), 1,7 mg/d (kobiety) (*Food and Nutrition Board of Institute of Medicine*, 2002),
- 2,0 – 8,8 mg/d (WHO, 1973).

W ocenie Grupy Ekspertów ds. Witamin i Mineralów Brytyjskiego Komitetu ds. Toksyczności (*UK Committee on Toxicity (COT) Expert Group on Vitamins and Minerals*) wymienione wartości, podobnie jak określone we własnych badaniach Komitetu dobowe spożycie manganu wynoszące 12,2 mg w populacji ogólnej i 8,7 mg/d w grupie osób w podeszłym wieku nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi [2]. Uznano też za mało prawdopodobne, aby działanie takie mogło wiązać się z systematyczną codzienną suplementacją manganu w dawce sięgającej do 4 mg/d powyżej typowego spożycia w populacji ogólnej. Na podobnym poziomie określano dobową dawkę manganu wolną od szkodliwego wpływu na zdrowie ludzi w innych badaniach, w tym zaleceniach *US Institute of Medicine, Food and Nutrition Board* z USA, w których zostało ono ustalone jako 11 mg/d [2,5,7].

Wśród produktów spożywczych będących źródłem manganu szczególne miejsce z uwagi na dostarczanie znacznych jego ilości i powszechne spożycie zajmuje herbata. Filiżanka tego napoju może zawierać od 0,4 do 1,3 mg manganu, zależnie od gatunku herbaty, sposobu jej produkcji i techniki przyrządzania naparu. Spożywana w ciągu doby ilość manganu z tego źródła może sięgać kilku mg. Większe niż przeciętne spożycie manganu może się także wiązać z dietą wegetariańską, jak również ze stosowaniem suplementów diety, zawierających witaminy i minerały. W ich skład wchodzi zwykle pewna dawka manganu jako niezbędnego dla organizmu mikroelementu, najczęściej w ilości 0,3-1,0 mg [5].

Zwrócono też uwagę na relatywnie wysoką zawartość manganu w mieszankach dla niemowląt, wynoszącą 50-300 µg/l, co wielokrotnie przewyższa stężenie manganu w mleku kobiecym, określane jako 3 – 15 µg/l [1,2,5,7]. Prowadzi to do znacznych różnic w obciążeniu manganem dzieci karmionych naturalnie i sztucznie. U dziecka w wieku 6 miesięcy karmionego naturalnie, spożywającego ok. 750 ml mleka w ciągu doby, oznacza to dobowe spożycie manganu 2,6-11,1 µg, podczas gdy analogiczna objętość mieszanki dostarcza w ciągu doby 37,1-223 µg manganu; w przeliczeniu na masę ciała ilości te wynoszą odpowiednio 0,4-1,85 µg/kg m.c. na dobę u niemowląt karmionych naturalnie i 6,2-37,2 µg /kg m. c. na dobę u dzieci żywionych sztucznie. Oznacza to nawet 30 razy większe narażenie na mangan w tej drugiej grupie, ma ono jednak charakter przejściowy i relatywnie krótkotrwały z uwagi na wprowadzanie pokarmów stałych u dzieci powyżej 6. miesiąca życia.

Zdecydowana większość dobowej dawki manganu przyjmowana jest wraz z żywnością (80%), podczas gdy udział w powyższej dawce wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi wynosi ok. 20% [5,7]. Dla stopnia narażenia na mangan drogą doustną poza ilością znaczenie ma także

jego postać, od której zależy jego przyswajalność, tj. rodzaj soli i stopień utlenienia manganu [5]. Wykazano, że mangan wchłania się w większym stopniu z podanego doustnie chlorku manganu w porównaniu z siarczanem i octanem manganu. Podobnie większą przyswajalność manganu obserwuje się, gdy występuje on na drugim stopniu utlenienia  $Mn^{2+}$ , w której to postaci po związaniu z białkami transportowymi przenika ze światła jelita do krwi żyły wrotnej i wraz z nią dociera do wątroby. Włączany jest tu w procesy metaboliczne, w których pełni funkcję kofaktora rozlicznych enzymów. Ilość manganu przyswajanego po podaniu doustnym wynosi ok. 6-7% przyjętej dawki ( $5,9 \pm 4,8\%$ ), co udokumentowano doświadczalnie na podstawie badań z użyciem radioznakowanego manganu [1,2,5]. Stwierdzono także wyraźne zależności między procesem wchłaniania manganu i żelaza – dieta uboga w żelazo zwiększała wchłanianie zarówno żelaza, jak i manganu, natomiast znaczna zawartość żelaza w diecie przyczyniała się do zmniejszenia wchłaniania manganu. Hamujący wpływ na przyswajanie manganu z przewodu pokarmowego wywierają także niektóre inne składniki żywności, w tym wapń, tanina zawarta w herbacie, błonnik, kwas szczawiowy, kwas fitynowy. W ocenie przyswajania manganu z różnorodnych produktów roślinnych obfitujących w powyższe składniki wykazano, że mieści się ono w granicach 1,4-5,5% podanej dawki, podczas gdy wchłanianie manganu z podanego doustnie preparatu chemicznego  $MnCl_2$  wynosi 7,8-10,2% [2,5].

Oceniając stopień przyswajania manganu i skutki biologiczne jego działania należy podkreślić różnice w tym zakresie zależne od odmiennych dróg narażenia, przede wszystkim drogi wziewnej i doustnej. Po podaniu doustnym mangan wchłonięty z przewodu pokarmowego dociera wraz z krwią żyłą wrotną do wątroby, w której część dawki jest zatrzymywana, a następnie wydalana z żółcią i tym samym eliminowana z dalszych przemian metabolicznych. Przy wchłanianiu drogą wziewną mangan przenika z płuc bezpośrednio do krwiobiegu z pominięciem krążenia wrotnego, co prowadzi do przenikania do krwiobiegu większych jego ilości [1,2,5]. Z wziewną drogą narażenia wiąże się także sygnalizowana w piśmiennictwie możliwość przenikania manganu z nabłonka węchowego drogą neuronalną (dośrodkowy transport aksonami neuronów drogi węchowej) do opuszki węchowej i innych struktur mózgowia [5].

Stopień utlenienia manganu ma istotne znaczenie dla jego dystrybucji, akumulacji i wydalania z organizmu. Mangan na najniższym stopniu utlenienia  $Mn^{2+}$  jest szybko usuwany z krążenia i wydalany z żółcią, podczas gdy  $Mn^{3+}$  znacznie wolniej podlega eliminacji. Istotna jest więc wymiana i ustalenie stanu równowagi między ww. formami, decydująca o dystrybucji manganu w organizmie i wpływająca na jego działanie toksyczne. Mangan  $Mn^{2+}$  może podlegać utlenianiu przez ceruloplazminę, która wywiera analogiczny efekt w odniesieniu do żelaza  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$  [2].

We krwi obwodowej mangan występuje głównie związany z albuminami, globulinami i transferryną. Przenikając do tkanek przechodzi przez błony komórkowe i barierę krew-mózg, co umożliwia ułatwiona dyfuzja lub transport poprzez kanały białkowe – transporter metali dwuwartościowych (*Divalent Metal Transporter, DMT1*), Zrt-Like/Irt-like (ZIP-8) oraz mechanizm, w którym bierze udział transferryna. Z uwagi na dominujące w obrazie klinicznym toksycznego działania manganu zmiany neurologiczne szczególne znaczenie ma przenikanie manganu przez barierę krew-mózg i dalsze gromadzenie się tego metalu w ośrodkowym układzie nerwowym [2]. Wykazano, że w przenikaniu manganu do struktur mózgowia biorą udział mechanizmy aktywnego transportu, podczas gdy przepływ w odwrotnym kierunku odbywa się poprzez powolną dyfuzję, co sprzyja gromadzeniu zwiększonej ilości manganu wewnątrz komórek. W warunkach znacznego narażenia środowiskowego, zwłaszcza drogą wziewną, największe ilości manganu ulegają akumulacji w zwojach podstawy mózgu, gałce bladej (*globus pallidus*), skorupie (części jądra soczewkowatego), jądrze ogoniastym (*nucleus caudatus*), substancji czarnej i elementach układu dopaminergicznego [2,5]. Tych samych struktur dotyczą także zmiany histopatologiczne obserwowane w przebiegu choroby Parkinsona, której obraz kliniczny wykazuje wiele podobieństw do objawów neurologicznych, będących wynikiem toksycznego działania manganu. Mniej jasne jest tło zmian neurologicznych, obserwowanych u dzieci o znacznej ekspozycji środowiskowej na mangan, u których dominują zmiany behawioralne i zaburzenie zdolności poznawczych. Prawdopodobny mechanizm działania toksycznego manganu na poziomie komórkowym obejmuje zaburzenie syntezy i deficyt związków bogatoenergetycznych (ATP) w mitochondriach, do których metal ten przenika, rozchwianie łańcucha oddechowego i powstawanie aktywnych form tlenu, nadtlenu wodoru i rodnika hydroksylowego, powodujących stres oksydacyjny, peroksydację lipidów i utlenienie neuroprzekaźników, głównie dopaminy. Następstwem powyższych procesów jest efekt cytotoksyczny, zwyrodnienie dendrytów i martwica komórek [1,2,5]. Wzrost markerów stresu oksydacyjnego obserwowano w badaniach doświadczalnych u zwierząt eksponowanych drogą wziewną na duże dawki manganu. Do efektu toksycznego manganu poza stresem oksydacyjnym i dysfunkcją mitochondriów przyczynia się także zaburzenie przestrzennej struktury białek i blokowanie przez nie siateczki wewnątrzplazmatycznej w komórkach, zaburzenie regulacji procesów fagocytozy i apoptozy oraz zaburzenie przemian i stanu równowagi innych metali [5].

Mangan jako metal nie podlega w organizmie przekształceniom chemicznym poza zmianami stopnia utlenienia, wydalany jest prawie w całości wraz z żółcią i następnie z kałem. Większa retencja manganu może występować u niemowląt, do czego przyczynia się fizjologiczna niska dojrzałość dróg żółciowych [5].



#### **IV. MANGAN W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – WPŁYW NA WSKAŹNIKI ORGANOLEPTYCZNE WODY**

Do największych problemów związanych z występowaniem podwyższonych stężeń manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi należą niekorzystne zmiany wskaźników organoleptycznych wody – przede wszystkim barwy, mętności oraz smaku i zapachu wody. Doświadczalnie stwierdzono, że mangan występujący w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi w stężeniu przewyższającym 50-100  $\mu\text{g/l}$  przyczynia się do niepożądanego smaku wody, a ponadto powoduje wzrost barwy wody i uchwytne przebarwienie instalacji sanitarnych, ceramiki sanitarnej, pranej odzieży i powierzchni mających kontakt z wodą [Griffin 1960, 5]. Jeśli podwyższonym stężeniom manganu w wodzie towarzyszy proces jego utleniania (odpowiednie właściwości oksydoredukcyjne i wartość pH wody oraz możliwy wpływ flory bakteryjnej) obserwuje się wytrącanie nierozpuszczalnych osadów czarnej barwy na wewnętrznej powierzchni przewodów wodociągowych. Wzrost barwy wody i tendencja do odkładania się osadów uchwytne są już przy niższych stężeniach manganu – począwszy od 20  $\mu\text{g/l}$ , jednak nasilenie tych zjawisk jest wtedy stosunkowo niewielkie. Bardziej wyraźny wpływ na jakość wody obserwuje się przy stężeniach manganu przekraczających 50  $\mu\text{g/l}$ , a zwłaszcza 100  $\mu\text{g/l}$ , choć na nasilenie tych zjawisk w poszczególnych systemach zaopatrzenia mają wpływ specyficzne właściwości fizykochemiczne wody z lokalnych ujęć. Stąd też wartość maksymalnego stężenia, wskazywana w różnego rodzaju rekomendacjach jako akceptowalna z uwagi na ochronę przed tworzeniem się osadów oraz niepożądanymi zmianami w ocenie sensorycznej wody określana jest najczęściej na poziomie 50  $\mu\text{g/l}$ . W wyższych stężeniach, w szczególności gdy przekraczają one wartość 100  $\mu\text{g/l}$ , związany z nimi wzrost barwy, mętności oraz smaku i zapachu wody, budzi częste zastrzeżenia użytkowników, a tworzenie się osadów nierozpuszczalnych związków manganu w systemie dystrybucji wody może przybrać znaczne nasilenie, powodując awarie i utrudnienia techniczne w eksploatacji wodociągu. Przekroczenie powyższej granicy jest więc związane przede wszystkim z możliwym pogorszeniem oceny organoleptycznej wody i wynikającym stąd ograniczeniem możliwości jej wykorzystania do bezpośredniego spożycia i celów domowych, jak też z niepożądanymi zmianami w stanie technicznym urządzeń wodociągowych. Nie wiąże się ono natomiast z bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia ludzi, gdy wzrost stężeń manganu nie osiąga znacznych i bardzo wysokich wartości, w szczególności gdy nie przekracza 400  $\mu\text{g/l}$ .

## **V. MANGAN W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – ZNACZENIE I ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA LUDZI W PRZYPADKU PODWYŻSZONYCH STĘŻEŃ MANGANU**

Wspomniano już wcześniej o niezbędności manganu dla organizmu człowieka i pełnieniu przez niego funkcji kofaktora blisko 200 enzymów, biorących udział w szeregu reakcji komórkowych i biochemicznych, w tym w metabolizmie białek i węglowodanów. Do enzymów tych należą arginaza, syntetaza glutaminowa, karboksylaza pirogronianowa uczestnicząca w glukoneogenezie oraz manganowa dysmutaza nadtlenkowa, enzym o kluczowym znaczeniu dla sprawności bariery antyoksydacyjnej w komórkach, chroniącej je przed uszkodzeniem przez aktywne formy tlenu. Poprzez wymienione metaloproteiny mangan odgrywa ważną rolę w procesach wzrostu i rozwoju organizmu, procesach trawienia, reprodukcji, ochronie komórek przed działaniem wolnych rodników, wytwarzaniu związków bogatoenergetycznych, odpowiedzi immunologicznej i regulacji aktywności neuronów. Niedobór manganu w praktyce klinicznej jest rzadko spotykany z uwagi na jego powszechne występowanie w produktach spożywczych, źródłem zmian w stanie zdrowia może być natomiast nadmierne narażenie na mangan. Przypadki takie są znane w praktyce klinicznej, choć kontrowersyjnie oceniany jest ich możliwy związek z narażeniem na mangan poprzez wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi.

Szkodliwy wpływ manganu występującego w środowisku na zdrowie człowieka udokumentowany został przede wszystkim jako następstwo wziewnej drogi narażenia, zwykle w związku z pracą zawodową (Canavan, 1934; Cook, 1974; Rels, 1999; ATSDR, 2000). Ekspozycja drogą wziewną uchodzi za szczególnie istotną dla toksycznego działania manganu, ponieważ w przeciwieństwie do drogi doustnej umożliwia bezpośrednie przenikanie manganu z płuc do krwiobiegu z pominięciem krążenia wrotnego, dzięki któremu część wchłoniętej z przewodu pokarmowego dawki manganu jest zatrzymywana w wątrobie i eliminowana z żółcią. Ponadto przy innej niż doustna drodze narażenia mangan przenika do krwiobiegu w formie utlenionej ( $Mn^{3+}$ ), w której ulega związaniu z transferryną. Kompleks ten w znacznie mniejszym stopniu ulega eliminacji w wątrobie w porównaniu z kompleksami białek z manganem  $Mn^{2+}$ . W efekcie mangan przenikający do krwiobiegu poprzez inne niż doustna drogi narażenia dłużej utrzymuje się w krążeniu, co prowadzi do jego większego wychwytu przez tkanki obwodowe.

U osób narażonych na wdychanie pyłu o wysokiej zawartości manganu obserwowano objawy toksyczne dotyczące układu nerwowego, przybierające postać kliniczną zespołu pozapiramidowego. Były one zbliżone do występujących w przebiegu choroby Parkinsona i obejmowały osłabienie, brak apetytu, apatię, niekiedy drażliwość i łatwe irytowanie się, bóle mięśni, drżenie mięśniowe, spowolnienie mowy i monotonną wymowę ze zniesioną modulacją głosu, maskowatą, „amimiczną” twarz, spowolnione i niezborne ruchy kończyn, zwłaszcza dolnych, prowadzące do zaburzeń chodu i trudności w poruszaniu się. W badaniu fizykalnym osób narażonych stwierdzano cechy wzmożonego napięcia mięśniowego. Objawy te były na ogół nieodwracalne. Obserwacje te przyczyniły się do prawnych regulacji kontroli narażenia w środowisku pracy, zgodnie z którymi aktualnie najwyższe dopuszczalne stężenie manganu w powietrzu na stanowiskach pracy nie może przekraczać  $0,2 \text{ mg/m}^3$  dla frakcji wdychalnej i  $0,05 \text{ mg/m}^3$  dla frakcji respirabilnej (rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy<sup>2</sup>).

Ryzyko występowania powyższych objawów toksycznych w przypadku narażenia na mangan drogą doustną poprzez wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi nie przedstawia się równie jednoznacznie, przede wszystkim w odniesieniu do wysokości stężeń, mogących wpływać szkodliwie na zdrowie ludzi. Na możliwość tego rodzaju działania toksycznego zwrócił uwagę Kawamura w 1941 r., analizując przypadki zatruc, jakie wystąpiły u 15 spośród 25 osób korzystających przez 2-3 miesiące ze studni, w której woda zanieczyszczona była tlenkiem manganu, pochodzącym ze składowanych w jej bezpośrednim sąsiedztwie baterii. Stężenie manganu w wodzie określone 7 tygodni po stwierdzeniu pierwszego przypadku zatrucia wynosiło  $14\,000 \mu\text{g/l}$ , co biorąc pod uwagę szybkość zmniejszania się wartości stężeń w kolejnych oznaczeniach wskazuje, że w trakcie eksploatacji studni stężenie manganu w wodzie prawdopodobnie sięgało ok.  $28\,000 \mu\text{g/l}$ . Zakładając dobowe spożycie wody równe 2 litrom, przyjęta tą drogą dobową dawka manganu wynosiła około 56 mg, niezależnie od dalszych wartości ok. 2 mg, których źródłem były produkty spożywcze. Zmiany w stanie zdrowia, najbardziej nasilone u osób starszych, obejmowały zaburzenia świadomości, wzmożone napięcie mięśniowe, drżenie mięśniowe i zaburzenia psychiczne. Wśród narażonych doszło do 3 zgonów, objawów zatrucia nie stwierdzano natomiast u najmłodszych dzieci (w wieku 1-6 lat). Ogólny obraz zmian neurologicznych był zbliżony do zespołu pozapiramidowego, jaki obserwuje się w chorobie Parkinsona i jaki stwierdzano u pracowników narażonych na wdychanie pyłu o znacznej zawartości manganu. W badaniu tkanki mózgowej osób zmarłych stwierdzono podwyższoną zawartość manganu, 2-3 razy

<sup>2</sup> Dz. U. poz. 1286



przewyższającą poziomy obserwowane u osób wolnych od narażenia. Zaobserwowano zarazem skrajnie nasilone makro – i mikroskopowe zmiany w mózgowiu, o największym nasileniu w obrębie gałki bladej (*globus pallidus*) i ciele prążkowanym (*corpus striatum*). W wodzie z omawianej studni wykryto także związki cynku, uznano jednak, że nie miały one wpływu na stwierdzone objawy toksyczne ani związku ze zmianami histopatologicznymi w mózgowiu, przypisanymi jednoznacznie narażeniu na mangan. Opinię tę kwestionowała część badaczy, wskazując na różnice w obrazie klinicznym w porównaniu z objawami toksyczności wynikającej z narażenia wziewnego na mangan, w tym przede wszystkim krótki czas między początkiem narażenia a wystąpieniem objawów, szybki przebieg choroby, prowadzącej do zgonu w ciągu kilku dni, przypadki poprawy stanu ogólnego i ustępowania objawów toksycznych przed obniżeniem stężenia manganu w wodzie. Jakkolwiek różnice te mogły wynikać z odmiennych warunków toksykokinetycznych przy różnych drogach narażenia, za prawdopodobną przyczynę zmian w stanie zdrowia badanych uznaje się w omawianym przypadku jednoczesne zanieczyszczenie wody innymi substancjami o działaniu toksycznym.

Objawy zbliżone do występujących w przebiegu choroby Parkinsona stwierdzano także u osoby, która codziennie przez 4 tygodnie przyjmowała doustnie nadmanganian potasu w dawce 1,8 mg/kg m.c. [5].

Powyższe obserwacje świadczą o możliwości toksycznego działania manganu zawartego w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi, istnieją jednak kontrowersje dotyczące stężeń, z którymi ryzyko takie mogłoby wiązać się w warunkach długotrwałego narażenia. Ich wyjaśnienie ma szczególne znaczenie praktyczne, biorąc pod uwagę powszechne występowanie manganu w wodach podziemnych i narażenie dużych grup ludności na podwyższone stężenia manganu w wodzie przeznaczanej do spożycia.

Próbę wyjaśnienia tej kwestii podjął Kondakis i wsp. w Grecji (1989), w badaniu obejmującym 3 grupy ludności o różnym narażeniu na mangan zawarty w wodzie do picia: niskim (stężenie manganu 3,6-14,6 µg/l, grupa kontrolna), średnim (stężenie manganu 81-253 µg/l) i wysokim (stężenie manganu 1800-2300 µg/l). Dokonał on porównania częstości występowania objawów neurologicznych związanych z toksycznością manganu w powyższych grupach [3,5,7]. Minimalny czas trwania narażenia badanych wynosił 10 lat. Autorzy stwierdzili, że w miarę wzrostu stężenia manganu w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi zwiększeniu ulegała częstość występowania powyższych zmian neurologicznych w badanych populacjach, którym odpowiadała jednocześnie wyższa zawartość manganu we włosach starszych osób [3]. Badanie to było

jednak krytykowane z uwagi na nie uwzględnienie w nim narażenia na mangan z innych źródeł środowiskowych, przede wszystkim zawarty w żywności oraz obecny w pyłe w powietrzu atmosferycznym, a ponadto pominięcie lub niepełną analizę stanu odżywienia badanych i innych zmiennych, mogących wpływać na końcowe wnioski [5,7]. Podstawowy zarzut dotyczył nie określenia narażenia na mangan zawarty w żywności, które w Grecji z uwagi na znaczne spożycie produktów roślinnych jest relatywnie wysokie i może dochodzić do 10-15 mg/d [5,7]. Nie było więc możliwe ustalenie, jaki udział w całkowitym narażeniu na mangan miała dawka przyjęta wraz z wodą przeznaczoną do spożycia przez ludzi. Ograniczenie to przesądziło o braku możliwości ilościowego określenia zależności dawka-odpowiedź na podstawie powyższego badania [5].

Inne długookresowe badanie, mające ocenić szkodliwość dla zdrowia wynikającą z długotrwałego narażenia na mangan zawarty w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi przeprowadzone w Niemczech przez Vieregge doprowadziło do odmiennych wniosków [6]. Objęto nim dwie grupy mieszkańców, z których pierwsza liczyła 41 osób w wieku >40 lat, korzystających z wody studziennej o zawartości manganu  $\geq 300 \mu\text{g/l}$  (300-2160  $\mu\text{g/l}$ ) przez 10-40 lat. Grupę kontrolną stanowiły 74 osoby, korzystające z wody o niskiej zawartości manganu (do 50  $\mu\text{g/l}$ ). Porównywalność grup zapewniono poprzez uwzględnienie w doborze grupy kontrolnej wieku, płci, nawyków żywieniowych i przyjmowanych leków osób z grupy badanej. Porównując częstość występowania objawów neurologicznych o typie zespołu pozapiramidowego w obu grupach nie stwierdzono znaczącej statystycznie różnicy. Badanie wskazywało więc, że stężenia manganu w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi wynoszące 300  $\mu\text{g/l}$  i wyższe nie powodują uchwytne go wzrostu częstości występowania zmian neurologicznych u osób długotrwanie narażonych [2,5,6,7]. Istotnym brakiem w pracy był jednak ten sam mankament, co w przypadku przytoczonego wyżej badania Kondakisa – brak danych dotyczących narażenia na mangan z innych źródeł środowiskowych, głównie dostarczanego wraz z żywnością. Dodatkowym ograniczeniem była niewielka liczebność grup badanych oraz znaczna rozpiętość stężeń manganu w wodzie, z której korzystała grupa badana [2,5,7].

Pewnych przesłanek wskazujących na możliwość neurotoksycznego działania manganu przyjmowanego drogą doustną dostarczyła obserwacja serii przypadków choroby neuronu ruchowego w niewielkiej osadzie w Japonii (*motor neuron disease, MND*). Stwierdzono korelację między zapadalnością na tę chorobę a znacząco zwiększoną zawartością manganu w ryżu z miejscowych upraw przy jednocześnie niskiej zawartości magnezu w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi [5]. W badaniu nie oszacowano jednak narażenia na mangan w grupie chorych

i w populacji kontrolnej, co również nie pozwoliło na wiążące wnioski dotyczące związku przyczynowego i roli narażenia na mangan w etiologii tej choroby. W innym badaniu przeprowadzonym w Japonii nie stwierdzono, aby spożycie wody o zawartości manganu ok. 750 µg/l wiązało się z uchwytnymi negatywnymi następstwami zdrowotnymi. Nie stwierdzono także objawów toksycznych u osób, które codziennie przez szereg miesięcy przyjmowały dawkę ok. 9 mg manganu dziennie w formie preparatu chemicznego (=30 mg cytrynianu manganu) [5,7].

Przedmiotem badania w kontekście narażenia środowiskowego na mangan był także przypadek grupowych zachorowań na chorobę Parkinsona w południowym Izraelu. Dotyczyły one osób w wieku 50-59 lat, co stanowiło nietypowo wczesny początek choroby. Zarówno gleba, jak i woda ze studni na omawianym terenie zawierały znaczne ilości manganu (nie podano danych ilościowych), do czego mógł się również przyczyniać szeroko stosowany tam fungicyd zawierający mangan [5]. Także i w tym badaniu szereg czynników uniemożliwił ocenę zależności między wielkością narażenia na mangan drogą doustną a zmianami w stanie zdrowia. Należy tu wymienić przede wszystkim brak danych ilościowych dotyczących narażenia, stwierdzone jednocześnie podwyższone stężenie żelaza, aluminium i innych metali w wodzie do picia i w glebie oraz stosowanie na objętym badaniem terenie parakwatu (dichlorek 1,1'-dimetylo-4,4'-bipirydynowy). Związek ten ma strukturę zbliżoną do *N-metylo-4-fenilo-1,2,3,6-tetrahydropirydyny* (MPTP), substancji mogącej powodować nieodwracalne objawy parkinsonoidalne [1]. Narażenie na powyższą substancję mogło więc przyczyniać się do występowania opisanych objawów neurologicznych niezależnie od ewentualnego wpływu manganu zawartego w wodzie, utrudniając ocenę jego rzeczywistego znaczenia w etiologii powyższych zaburzeń.

Wiele uwagi poświęcono analizie zmian neurologicznych u dzieci narażonych na podwyższone stężenie manganu w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi. Dominującymi objawami w tym przypadku nie były jak u dorosłych cechy zespołu pozapiramidowego, ale zaburzenia zachowania i upośledzenie zdolności poznawczych, uchwytnie w badaniach testowych [1,2,5,7]. W szeregu badań przekrojowych wykazano, że podwyższone stężenie manganu w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi wiązało się z ograniczeniem zdolności poznawczych (mierzonych z zastosowaniem *Wechsler Intelligence Scale*), zaburzeniem zachowań adaptacyjnych lub jednoczesnym występowaniem obu powyższych zmian u dzieci w wieku 6-13 lat [1,2,5,7] (He et al., 1994; Zhang et al., 1995; Bouchard et al.; 2011, Khan et al., 2011; Oulhoteet et al., 2014). Na podstawie badań manganu w surowicy krwi wykazano także, że zależność dawka-odpowiedź między stężeniem manganu w surowicy a występowaniem powyższych zaburzeń neurologicznych przybiera kształt odwróconej litery U; z tym, że stężenie manganu w surowicy nie jest

bezpośrednio zależne jedynie od stężenia manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W powyższych pracach zwracano także uwagę na zależność między nasileniem objawów a okresem życia, w którym doszło do ekspozycji na podwyższone stężenie manganu, przy czym szczególnie istotny miałby być okres wczesnego dzieciństwa [4]. Dotyczy to także narażenia prenatalnego w okresie ciąży, ponieważ mangan przenikając przez łożysko stwarza w razie zwiększonego narażenia kobiety w ciąży również zagrożenie dla płodu. Stężenia manganu w wodzie, na jakie narażone były badane populacje, wahały się w szerokich granicach; podstawowym problemem ograniczającym możliwość oceny zależności przyczynowo-skutkowej był jednak z reguły brak danych dotyczących łącznego narażenia na mangan ze źródeł innych niż woda przeznaczona do spożycia (żywność i powietrze), ponadto brak danych dotyczących czasu trwania narażenia i stanu odżywienia badanych oraz informacji o innych czynnikach zakłócających. Ponadto w niektórych badaniach, także prospektywnych, nie wykazano zależności między narażeniem na mangan a upośledzeniem zdolności poznawczych u dzieci w wieku 10 lat, lub nawet odwrotny charakter zależności, jak na przykład w pracy Rahman SM et al., w której stwierdzono, że narażenie na podwyższone stężenie manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi aż do stężenia 3 000  $\mu\text{g}/\text{l}$  wpływało korzystnie na zdolności poznawcze u dziewcząt; u chłopców natomiast zależności takiej nie zaobserwowano [4].



## **VI. ZNACZENIE PODWYŻSZONYCH STĘŻEŃ MANGANU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – W ŚWIETLE POSTANOWIEŃ DYREKTYWY RADY 98/83/WE Z DNIA 3 LISTOPADA 1998 r. W SPRAWIE JAKOŚCI WODY PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI, PRZEPISÓW ROZPORZĄDZENIA MINISTRA ZDROWIA Z DNIA 7 GRUDNIA 2017 r. W SPRAWIE JAKOŚCI WODY PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI ORAZ ZALECEŃ ŚWIATOWEJ ORGANIZACJI ZDROWIA (WHO)**

W dyrektywie Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1988 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi mangan został ujęty w Załączniku I Części C, grupującym parametry nie odnoszące się bezpośrednio do bezpieczeństwa wody dla zdrowia ludzi. Wartość parametryczna manganu została określona na niskim, restrykcyjnym poziomie – 50 µg/l (0,050 mg/l) w celu ochrony przed niepożądanymi zmianami organoleptycznymi wody oraz przed akumulacją nierozpuszczalnych osadów w systemie dystrybucji wody.

W rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi<sup>3</sup> przyjęto analogiczne jak w dyrektywie Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi regulacje dotyczące manganu zarówno w zakresie ustalonej wartości parametrycznej (**50 µg/l**), jak i częstotliwości badania tego parametru (częstotliwość określona w załączniku nr 3 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi „Monitoring parametrów grupy B”).

Stężenie manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi podlega kontroli przy ustaleniu wartości parametrycznej **50 µg/l**. Wartość tę przyjęto z uwagi na niekorzystny wpływ wyższych stężeń na ocenę organoleptyczną wody i jej akceptowalność przez konsumentów oraz zagrożenie tworzeniem się osadów w sieci wodociągowej. Nie została ona określona w celu bezpośredniej ochrony zdrowia ludzi, stąd jej przekroczenie nie oznacza automatycznie takiego zagrożenia. Wymagania powyższe przedstawiają się w sposób zbliżony do obowiązujących w stosunku do innych parametrów, ujętych z wymienionym załączniku, grupującym czynniki

<sup>3</sup> Dz. U. poz. 2294

fizyczne i chemiczne istotne z uwagi na akceptowalność wody i wpływ na stan techniczny sieci wodociągowej.

W przypadkach przekroczenia wartości parametrycznych parametrów wskaźnikowych, m.in. manganu, rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczanej do spożycia przez ludzi przewiduje możliwość stwierdzenia przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego warunkowej przydatności wody do spożycia przy jednoczesnym:

- określeniu terminu trwania przekroczenia i dopuszczalnych wartości parametrycznych w tym czasie,
- ustaleniu z podmiotem realizującym zaopatrzenie w wodę zakresu i terminu realizacji działań naprawczych, mających na celu przywrócenie należytej jakości wody,
- poinformowaniu właściwego wójta (burmistrza, prezydenta miasta) o stwierdzeniu warunkowej przydatności wody do spożycia oraz wydanych zaleceniach dotyczących możliwości korzystania z wody lub ograniczeniach, jakim to korzystanie powinno podlegać.

Należy podkreślić, że stwierdzanie warunkowej przydatności wody do spożycia dotyczy sytuacji, w której nieprawidłowa jakość wody utrzymuje się w sposób ciągły i nie jest możliwa do usunięcia w wyniku doraźnie podjętych działań. Przemijający, krótkotrwały wzrost stężenia manganu w wodzie z towarzyszącym wzrostem barwy i mętności wody, będący wynikiem fragmentacji i zerwania osadów mineralnych sieci wodociągowej w wyniku gwałtownych zmian warunków przepływu zwykle wymaga jedynie oczyszczenia i przepłukania jej odcinka.

**Warunkową przydatność wody do spożycia** należy stwierdzać w przypadku, gdy podjęte działania naprawcze – w celu przywrócenia należytej jakości dostarczanej wody – **nie są wystarczające** do osiągnięcia wartości parametrycznych, określonych dla tych parametrów w rozporządzeniu Ministra Zdrowia, **w terminie 30 dni liczonych od dnia otrzymania sprawozdania z badań, a w uzasadnionych przypadkach, po uzyskaniu zgody właściwego państwowego inspektora sanitarnego, termin ten może zostać wydłużony do 60 dni.** Jest to termin pozwalający na prowadzenie działań naprawczych i wykonanie kolejnych badań jakości wody. Dopiero w przypadku braku w ww. terminie doprowadzenia wody do należytej jakości właściwy państwowy inspektor sanitarny stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia, określając termin trwania przekroczenia oraz dopuszczalną wartość parametryczną, jaką w tym czasie może osiągać dany parametr.

Powyższa regulacja ma oczywiście zastosowanie **tylko w przypadku uznania przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego, że stwierdzona niezgodność nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi, tj. w sytuacji gdy wartość przekroczenia pozwala na zachowanie bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów, a ich dopuszczalność została potwierdzona w aktualnych opracowaniach naukowych.**

**Przy rozważaniu możliwości stwierdzenia warunkowej przydatności do spożycia wody o podwyższonym stężeniu manganu zasadnicze znaczenie ma wykluczenie mogącego się z tym wiązać zagrożenia dla zdrowia ludzi.** Mangan jest parametrem jakości wody objętym rutynową kontrolą przede wszystkim z uwagi na jego wpływ na akceptowalność wody i stan techniczny sieci wodociągowej, jednak dane toksykologiczne oraz niektóre badania epidemiologiczne wskazują na możliwy toksyczny efekt narażenia. Dotyczy on wprawdzie wysokich wartości stężeń, przewyższających co najmniej od kilku do kilkunastu razy wartość parametryczną, jednak stężenia takie bywają spotykane w wodzie i zdarzają się z przyczyn naturalnych. Ryzyko takie dotyczy głównie wartości stężeń przekraczających 400 µg/l. W takich przypadkach w pierwszej kolejności oceny wymaga, związane z kontynuowaniem zaopatrzenia w wodę, ryzyko dla zdrowia ludzi. **Warunkowa przydatność wody do spożycia może być stwierdzona wyłącznie wtedy, gdy nie zachodzi obawa o związaną z tym szkodliwość dla zdrowia ludzi.**

Prześlanki płynące z niektórych badań epidemiologicznych wskazują, że mangan występujący w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi w znacznych, lecz zdarzających się z przyczyn naturalnych w ilościach, które mogą niekorzystnie wpływać na bezpieczeństwo wody dla zdrowia. Badania te z reguły nie pozwalają na ilościowe określenie zależności dawka-odpowiedź i tym samym na jednoznaczne określenie granicznych poziomów manganu w wodzie, których przekroczenie może oznaczać takie zagrożenie, stąd bywają one oceniane rozbieżnie. Są one jednak wielokrotnie wyższe od stężeń, przy których uchwytne staje się wzrost barwy, mętności i smaku wody oraz występowanie nierozpuszczalnych osadów w przewodach wodociągowych. Dotrzymanie wartości parametrycznej zapewnia więc także ochronę przed ewentualnym szkodliwym wpływem manganu na zdrowie ludzi. Niewielkie przekroczenia tej wartości nie niosą ze sobą takiego zagrożenia, zdarzają się jednak przypadki, gdy stężenie manganu w wodzie przeznaczony do spożycia wynosi 500-900 µg/l. W związku z tym m.in. w przypadkach stwierdzenia warunkowej przydatności wody do spożycia celowe jest kierowanie się zaleceniami WHO\*, w których w ostatniej wersji stwierdzono, że stężenia manganu występujące w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi nie wpływają szkodliwie na stan zdrowia zarazem jednak wskazano wartość 400 µg/l jako graniczną dla bezpieczeństwa zdrowotnego. Wartości tej nie traktowa-



no jako zalecanej z uwagi na fakt, że stężenia przekraczające ten poziom spotykane są rzadko. Mimo iż można spotkać się z opiniami kwestionującymi jakąkolwiek szkodliwość manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia dla zdrowia ludzi, niezależnie od wartości jego stężeń, zasada ostrożności nakazuje nie pomijać obserwacji i wyników badań świadczących o możliwości takiego działania.

\* W czwartym wydaniu *Wytycznych WHO dotyczących jakości wody do picia* z 2011 r. i w kolejnej ich wersji z 2017 r. przywołano wyniki badań, w których nie wykazano zależności między stężeniem manganu w wodzie do picia a ich szkodliwością dla zdrowia. Krytycznie oceniono przy tym przydatność wyników badań toksykologicznych na zwierzętach z uwagi na znaczne różnice międzygatunkowe w zapotrzebowaniu na mangan i w jego metabolizmie, a także z powodu trudności w ocenie wczesnego stadium objawów neurotoksycznych u zwierząt doświadczalnych. Czynniki te sprawiają, że wyniki badań toksyczności doustnej manganu uzyskane w badaniach na zwierzętach, w szczególności na gryzoniach, nie mają prostego i bezpośredniego odniesienia do oceny zagrożenia dla zdrowia u ludzi. Za niewystarczające uznano także jedno badanie wykonane na naczelnych, z uwagi na ograniczenie narażenia do jednej niewielkiej dawki, niewielką liczebność badanej grupy oraz nie uwzględnienie zawartości manganu w diecie podawanej zwierzętom. Dodatkowo stwierdzono, że uznanie stężenia 400 µg/l za górną wartość akceptowalną ze względów zdrowotnych nie jest uzasadnione, ponieważ jest ona wyższa niż rzeczywiste stężenia manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi (co nie w każdym przypadku jest zgodne ze stanem faktycznym). Uznano, iż poprzednie zachowawcze podejście nie znajduje uzasadnienia w aktualnych analizach i brak jest podstaw do przyjęcia, że w stężeniach występujących w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi mangan może stanowić zagrożenie dla zdrowia konsumentów. Tym samym nie jest uzasadnione określanie stężeń manganu, których przekroczenie mogłoby wiązać się ze szkodliwym wpływem na zdrowie ludzi. Jednocześnie podtrzymano stanowisko dotyczące potencjalnego szkodliwego wpływu na zdrowie ludzi manganu zawartego w wodzie do picia w stężeniu przekraczającym 400 µg/l, stwierdzając, że nie jest uzasadnione określanie tej wartości jako zalecanej, ponieważ mangan w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi z reguły nie osiąga tak wysokich stężeń.

**Stosownie do tego, w najnowszym wydaniu *Wytycznych WHO dotyczących jakości wody do picia* z 2011 r. uznano za nieuzasadnione ustalanie akceptowalnego ze względów zdrowotnych poziomu manganu w wodzie, ponieważ brak pewnych danych, aby narażenie na ten pierwiastek poprzez wodę do picia mogło być powodem szkodliwych następstw dla zdrowia ludzi. Wycofano też wcześniejsze bardziej restrykcyjne rekomendacje WHO w tym zakresie, podkreślając, że mangan obecny w wodzie w większych ilościach może wpływać negatywnie jedynie na jej akceptowalność przez konsumentów, co nie jest przedmiotem opracowania WHO, nie zachodzi natomiast obawa o jego szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi.**

## PODSUMOWANIE

- Mangan z uwagi na rozpowszechnienie w środowisku jest często wykrywanym składnikiem wód, mogącym osiągać wysokie wartości stężeń przede wszystkim w wodach podziemnych, do których przenika z utworów geologicznych. W wodach powierzchniowych/aerobowych wysokie wartości stężeń manganu sugerują zanieczyszczenie o charakterze antropogennym, w tym ze źródeł przemysłowych. Głównym źródłem manganu dla organizmu człowieka jest żywność (80% dobowej dawki), woda dostarcza ok. 20% dawki dobowej przyjmowanej drogą doustną.
- Podstawowym niepożądanym efektem zawartości manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia jest jego niekorzystny wpływ na jakość organoleptyczną wody, obejmujący:
  - wzrost barwy wody,
  - przebarwienie pranej odzieży, ceramiki sanitarnej i innych powierzchni, mających wielokrotny lub stały (częsty) kontakt z wodą,
  - wzrost mętności wody,
  - przykry smak wody,
  - wytrącanie się nierozpuszczalnych osadów czarnej barwy w systemie dystrybucji wody.

Zmiany te przybierają uchwytne nasilenie, gdy stężenie manganu w wodzie przekracza wartość 50-100  $\mu\text{g/l}$  zależnie od innych fizykochemicznych parametrów jakości wody.

- Udokumentowana szkodliwość manganu dla zdrowia ludzi dotyczy wziewnej drogi narażenia, w warunkach długotrwałej ekspozycji na pył o wysokiej zawartości manganu, zwłaszcza frakcji respirabilnej. Objawy toksyczne dotyczą przede wszystkim układu nerwowego, przybierając postać zbliżoną do zespołu pozapiramidowego.
- Możliwość szkodliwego wpływu podwyższonych wartości manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi na zdrowie ludzi oceniana jest mniej jednoznacznie, jednak wskazuje na nią część obserwacji i badań epidemiologicznych. Dotyczą one wysokich wartości stężeń, przewyższających co najmniej kilkakrotnie wartość parametryczną, jednak poziomy takie bywają spotykane w wodzie i zdarzają się one z przyczyn naturalnych. Ryzyko takie dotyczy głównie stężeń manganu przekraczających 400  $\mu\text{g/l}$ . Mimo iż spotyka się opinie kwestionują-

ce możliwość toksycznego działania manganu w takich warunkach, istnieją jednak potwierdzające je badania, których zasada ostrożności nie pozwala pominąć. W takich przypadkach w pierwszej kolejności oceny wymaga ryzyko dla zdrowia ludzi. Warunkowa przydatność wody do spożycia może być stwierdzona wyłącznie wtedy, gdy nie zachodzi obawa o związane z tym zagrożenie dla zdrowia konsumentów.

- Umiarkowanie podwyższone stężenia manganu w wodzie, nie przekraczające powyższego poziomu 400 µg/l i nie stwarzające bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia ludzi przy regularnej kontroli jakości wody mogą być akceptowane przez określony czas, w ramach warunkowej przydatności wody do spożycia. Głównym problemem jest w tych warunkach akceptowalność wody przez konsumentów, problematyczna z uwagi na wzrost barwy i przykry smak wody oraz tendencja do tworzenia się nierozpuszczalnych osadów mineralnych w sieci wodociągowej, mogących okresowo ulegać zerwaniu, co prowadzi do przemijającego, lecz zwykle znacznego wzrostu barwy i mętności wody. W praktyce w opisanej sytuacji ocena możliwości kontynuowania zaopatrzenia w wodę opiera się w dużej mierze na wskaźnikach organoleptycznych wody. Uznanie określonych stężeń manganu za bezwzględnie obowiązujące kryteria warunkowej dopuszczalności wody do spożycia jest trudne z uwagi na fakt, że ich wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody jest modyfikowany przez jej inne parametry fizyczne i chemiczne. Wartości nie przekraczające 100 µg/l zwykle nie budzą zastrzeżeń konsumentów, ponieważ zmiana wskaźników organoleptycznych wody, zwłaszcza wzrost barwy i mętności, nie osiąga nasilenia ocenianego jako nieakceptowalne.
- Uzyskanie zgodnych z wymaganymi stężeniami manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia może wymagać instalacji nowego lub zmiany / modernizacji dotychczasowego systemu uzdatniania wody. Czas realizacji związanych z tym inwestycji powinien być tym krótszy, im wyższe są wartości stężeń manganu w wodzie i im większa dobowa produkcja wody. Zależnie od możliwości podmiotu realizującego zaopatrzenie w wodę, czas ten może wynosić maksymalnie 5 do 10 (12) lat, co wymaga indywidualnego rozpatrzenia, z uwzględnieniem wpływu stężeń manganu na jakość organoleptyczną wody i jej ocenę przez konsumentów oraz ewentualnych zmian w stanie technicznym sieci dystrybucji wody.
- Podczas warunkowej przydatności do spożycia wody o podwyższonym stężeniu manganu zwiększenia wymaga częstość badania tego parametru w wodzie. Inne parametry jakości wody wymagające kontroli – barwa, mętność, smak, zapach, wskaźniki jakości mikrobiologicznej wody (E. coli, enterokoki, bakterie grupy coli, ogólna liczba mikroorganizmów w

22°C), wartość pH, przewodność elektryczna – kontrolowane są rutynowo z większą niż mangan częstotliwością, przewidzianą dla parametrów grupy A, w związku z czym ich dodatkowe badanie może być celowe jedynie w szczególnych sytuacjach. Przy stwierdzaniu warunkowej przydatności wody do spożycia celowe jest ponadto wykonanie oznaczenia żelaza i jonu amonu oraz metali mogących przenikać do wody z materiałów instalacyjnych, w tym ołowiu, miedzi i niklu. Zasadność powtarzania oznaczeń tych parametrów zależy od rodzaju ujęcia wody, stanu technicznego wodociągu i wyników powyższych badań, powinna więc być rozpatrzona w odniesieniu do specyficznej sytuacji danego wodociągu.

## PIŚMIENNICTWO

- 1) ATSDR: Toxicological profile for manganese.
- 2) Drinking Water Inspectorate: Speciation of manganese in drinking water WC Ref. UC9780, March 2014.
- 3) Kondakis XG et al.: Possible health effects of high manganese concentration in drinking water. Arch Environ Health, 1989, 44, 175-178.
- 4) Rahman SM et al.: Manganese in drinking water and cognitive abilities and behaviour at 10 years of age: a prospective cohort study. Environ Health Perspect, doi: 0.1289/EHP631.
- 5) US EPA: Drinking water health advisory for manganese. Health and Ecological Criteria Division, Washington DC
- 6) Vieregge P et al.: Long term exposure to manganese in rural well water has no neurological effects. Can J Neurol Sci, 1995, 22, 286-289.
- 7) WHO Drinking water quality, 4 ed. incorporating the 1 st addendum. Geneva, 2011.



## ZAŁĄCZNIKI

*W załącznikach do niniejszego opracowania zawarto propozycje działań oraz komunikatów w przypadku stwierdzenia w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi przekroczenia wartości parametrycznej dla manganu.*

*Należy jednakże podkreślić, że ewentualne podjęcie działań zgodnie z propozycjami zawartymi w niniejszym opracowaniu, w przypadku stwierdzenia przekroczenia w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wartości parametrycznej dla manganu **każdorazowo wymaga uzgodnienia z właściwym państwowym inspektorem sanitarnym.***

## PRZEKROCZENIE WARTOŚCI PARAMETRYCZNEJ MANGANU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – ZASADY POSTĘPOWANIA

### Określenie wartości parametrycznej dopuszczalnej w trakcie warunkowej przydatności wody do spożycia

Stwierdzenie nieznacznie lub umiarkowanie podwyższonych wartości stężenia manganu w wodzie przeznaczanej do spożycia przez ludzi (<400 µg/l) powinno w pierwszej kolejności skłaniać do wyjaśnienia okoliczności i przyczyny ich występowania. Istotne jest ustalenie, czy zwiększona zawartość manganu dotyczy wody ujmowanej, czy pojawia się lub wzrasta na dalszych etapach dystrybucji, sugerując wpływ osadów manganu w systemie wodociągowym. W przypadku gdy podwyższone stężenia manganu występują w wodzie na ujęciu, wyjaśnienia wymaga przede wszystkim ich ewentualny związek z zanieczyszczeniem antropogennym, w tym pochodzenia przemysłowego, które może prowadzić do przenikania do wody także innego rodzaju substancji, o potencjalnie większej toksyczności, z powodu których może ono wymagać pilnej eliminacji. Zagrożenie takie dotyczy przede wszystkim powierzchniowych i infiltracyjnych ujęć wody.

Podwyższone stężenia manganu wykrywane są najczęściej w wodzie z ujęć podziemnych, izolowanych przez nieprzepuszczalne warstwy geologiczne od wód i zanieczyszczeń spływających z powierzchni ziemi. Mangan przenikający w tych warunkach do wody z utworów geologicznych należy obok żelaza do najczęstszych zanieczyszczeń wód tego rodzaju, a jego podwyższone poziomy zazwyczaj nie wiążą się z ryzykiem innych niż żelazo zanieczyszczeń wody. W takich przypadkach po upewnieniu się co do niewystępowania zanieczyszczeń wody o innym charakterze możliwe jest kontynuowanie zaopatrzenia w wodę przez określony czas, wymagany do przeprowadzenia działań naprawczych, po stwierdzeniu warunkowej przydatności wody do spożycia i określaniu przewidywanej na ten czas wartości parametrycznej. Wymaga to uprzedniej wnikliwej **analizy**, która po wykluczeniu szkodliwości stwierdzanych stężeń manganu dla zdrowia ludzi powinna obejmować:

- poziom / zakres stwierdzanych wartości stężeń, stopień przekroczenia wartości parametrycznej, stabilność / zmienność stwierdzanych wartości – w celu oceny i ustalenia:
  - zagrożenia dla zdrowia ludzi,



- dopuszczalnej wartości parametrycznej,
  - czasu trwania warunkowej przydatności wody do spożycia,
  - częstości badań jakości wody w tym czasie.
- wyniki oznaczeń manganu w wodzie z ujęcia i z sieci, aktualne i z przeszłości, o ile są dostępne, wielkość dobowej produkcji wody,
  - dane z oceny hydrogeologicznej ujęcia wody (ujęcia podziemne), w szczególności możliwość przenikania zanieczyszczeń do warstw wodonośnych,
  - strefa ochrony ujęcia wody z uwzględnieniem możliwych źródeł zanieczyszczenia wód,
  - dane objęte oceną ryzyka, o ile została ona przeprowadzona, wskazujące na możliwość zewnętrznych / antropogennych źródeł zanieczyszczenia wody i ich wpływu na stężenie manganu w wodzie,
  - sposób i zakres uzdatniania wody, w tym rozwiązania ukierunkowane na eliminację nadmiaru manganu,
  - wynik badania wody ujmowanej, wody w sieci i w punkcie czerpalnym u konsumenta mogący wskazywać na występowanie innych zanieczyszczeń oraz wpływ podwyższonych stężeń manganu na jakość wody, w tym na jej ocenę organoleptyczną:
    - barwa – ocena wpływu zwiększonego stężenia manganu,
    - mętność – jak wyżej. Mętność w wodzie o podwyższonej zawartości manganu wynika przede wszystkim z obecności substancji mineralnych i w takim przypadku (zawsze po uprzednim wykluczeniu skażenia mikrobiologicznego wody) nie wskazuje na ryzyko dla zdrowia,
    - zapach – ustalenie, czy podwyższone stężenie manganu (ewentualnie łącznie z żelazem) wpływa na jego podwyższenie,
    - smak – jak wyżej,
- uwaga: na wartość wszystkich powyższych parametrów może mieć wpływ jednoczesne występowanie podwyższonych stężeń żelaza w wodzie,**
- pH – z uwagi na wpływ na rozpuszczalność manganu w wodzie; niska wartość pH wody sprzyja większej rozpuszczalności (przewaga  $Mn^{2+}$ ),
  - przewodność elektrolityczna właściwa – przybliżony ogólny wskaźnik mineralizacji i zanieczyszczenia wody,
  - jon amonu – podwyższone wartości stężeń pochodzenia geogenicznego mogą występować w wodach podziemnych, towarzysząc zwiększonej zawartości manganu i żelaza,
  - żelazo – ocena istotna w wodzie z ujęć podziemnych. Składnik utworów geologicznych, z których może przenikać do wody, o częstości występowania zbliżonej (nieco większej) do manganu. Podwyższone stężenie obu parametrów w wodzie z ujęć podziemnych sugeruje ich geogeniczne pochodzenie. Łączne występowanie podwyższonych stężeń żelaza i man-

ganu stanowi typowe zanieczyszczenie wód podziemnych, ujmowanych w celu zaopatrzenia ludności (ok. 70% podziemnych ujęć wody),

- w przypadkach gdy podwyższone stężenia manganu w wodzie wiążą się z występowaniem nierozpuszczalnych osadów w urządzeniach wodociągowych celowe może być także oznaczenie innych metali, mogących przenikać do osadów w instalacji, przede wszystkim ołowiu, miedzi, niklu.

Podstawą ustalenia wartości parametrycznej dla manganu na czas warunkowej przydatności wody do spożycia jest analiza wartości stężeń manganu stwierdzanych w wodzie z danego systemu zaopatrzenia. Należy wziąć przy tym pod uwagę wynik oznaczenia w próbce pobranej z punktu wprowadzania wody do sieci (jeśli woda poddawana jest uzdatnianiu – także w wodzie z ujęcia), próbce / próbkach wody z sieci oraz pobranej w punkcie czerpalnym u konsumenta.

Punktem wyjścia jest ocena poziomu manganu w próbce wody wprowadzanej do sieci, a jeśli woda jest poddawana uzdatnianiu – także w wodzie ujmowanej. Przyjmuje się zwykle, że stężenia manganu w wodzie z ujęć podziemnych są stabilne, w praktyce jednak mogą one ulegać wahaniom w wyniku procesów hydrogeochemicznych, zachodzących w trakcie eksploatacji ujęcia lub zmiany warunków utleniająco-redukcyjnych wody. Praktyka wskazuje również, że stężenie manganu w wodzie ze studni położonych w niewielkiej od siebie odległości może wykazywać znaczne różnice. Stężenie manganu w wodzie wprowadzanej do sieci może z kolei ulegać zmianom w trakcie dystrybucji, wynikającym z jednej strony z wytrącania się związków manganu w formie nierozpuszczalnych osadów mineralnych na wewnętrznej powierzchni przewodów wodociągowych lub włączania manganu wraz z substancjami organicznymi w struktury biofilmu, z drugiej – zrywania uformowanych osadów lub stopniowego, stałego przenikania zawartego w nich manganu do wody, czemu mogą sprzyjać warunki redukcyjne panujące w sieci i niska wartość pH wody. Zjawisko to może prowadzić do znacznego wzrostu stężenia manganu w wodzie w trakcie dystrybucji (Cerrato et al., 2006). Na powyższy efekt mogą też wpływać warunki eksploatacji wodociągu, w tym okresy stagnacji wody, jak również materiały, z których wykonano przewody wodociągowe. Mogą one w różnym stopniu przyczyniać się do akumulacji manganu w systemie dystrybucji, jak również same stawać się źródłem przenikania manganu do wody i wzrostu jego stężenia. Wykazano doświadczalnie, że pewna ilość manganu zawartego w wodzie przesyłanej przewodami ze stali i z żeliwa ulega trwałemu związaniu z wewnętrzną powierzchnią rur, w wyniku czego jego stężenie w wodzie przyjmuje niższe wartości. Proces ten nie występuje w rurach z tworzyw sztucznych (PVC, PE), w których mangan gromadzi się w osadach mniej ściśle związanych z powierzchnią rur (zawartość manganu w osadach w tego ro-

dzaju przewodach wodociągowych może sięgać 6%). W efekcie przy takim samym wyjściowym stężeniu manganu w wodzie wprowadzanej do sieci woda w instalacjach z tworzyw sztucznych może charakteryzować się wyższym stężeniem manganu i wyższą barwą w porównaniu z wodą z instalacji stalowych / żeliwnych (Cerrato et al., 2006).

**Wartość parametryczna dopuszczalna w czasie warunkowej przydatności wody do spożycia w miarę możliwości powinna być ustalona na najniższym, realnie możliwym do dotrzymania poziomie. Powinna ona być określona jako wartość przewyższająca maksymalne stwierdzone stężenia, lecz tylko o tyle, o ile to niezbędne, aby nie dochodziło do jej przekroczenia – zwykle o ok. 10-25%. Zbyt nisko określona wartość parametryczna może nie być dotrzymana, jednocześnie jednak korzystniej jest unikać zbędnego przyjęcia wartości nadmiernie wysokiej, mogącej wiązać się ze znacznym wzrostem barwy i mętności wody, a w przypadku funkcjonujących rozwiązań odmanganiających o niepełnej skuteczności mogącej zarazem skłaniać do ich zaniedbywania.**

Podstawą jest analiza dotychczasowych wyników oznaczeń manganu w wodzie z danego systemu zaopatrzenia, uwzględniająca możliwe wahania stężeń i ocena:

- stopnia przekroczenia wartości parametrycznej,
- stabilności stwierdzanych wartości stężeń i zakresu ich wahań,
- minimalnych i maksymalnych wartości stężeń,
- ewentualnego trendu czasowego zmian.

Z uwagi na wspomniane możliwe wahania stężeń manganu w wodzie w danym systemie zaopatrzenia, w ustaleniu wartości parametrycznej pomocna może być analiza serii oznaczeń manganu z okresu poprzedzającego stwierdzenie warunkowej przydatności wody do spożycia, w odrębnych próbkach pobranych w pewnych odstępach czasu, jeśli tylko dane takie są dostępne. Nie chodzi o to, aby zwlekać ze stwierdzeniem warunkowej przydatności wody do spożycia, wykonując kolejne badania wody, jednak w wielu małych wodociągach podwyższone wartości stężeń manganu utrzymują się od kilku lub kilkunastu lat, w związku z czym możliwe jest uzyskanie powyższych informacji. Analiza taka może być pomocna nie tylko we właściwym określeniu dopuszczalnej wartości parametrycznej, ale także czasu trwania warunkowej przydatności wody do spożycia oraz częstości oznaczeń manganu w badaniach jakości wody w tym okresie.

Stwierdzenie warunkowej przydatności do spożycia wody o podwyższonym stężeniu manganu możliwe jest wyłącznie po uprzednim wykluczeniu związanego z tym zagrożenia dla zdrowia ludzi. Stosownie do tego, obok danych dotyczących stężenia manganu w wodzie powinno się ono opierać na następujących przesłankach:

- 1) wpływ na wartości wskaźników organoleptycznych wody – stopień wzrostu barwy, mętności, smaku i zapachu wody. Określona wartość stężenia manganu w wodzie z różnych systemów wodociągowych może w różny / niejednakowy sposób przekładać się na wskaźniki oceny sensorycznej wody, zależnie od warunków oksydoredukcyjnych i wartości pH wody,
- 2) ocena powyższych zmian jakości wody przez konsumentów – akceptowalność / tolerowanie niepożądanych zmian lub zastrzeżenia zgłaszane przez konsumentów, których podejście również może nie być jednolite. Ocena sensoryczna wody przez konsumentów jest do pewnego stopnia subiektywna i zależna od przyzwyczajenia (tak jak w przypadkach, gdy na specyficzne cechy organoleptyczne wody z lokalnego systemu zaopatrzenia zwracają uwagę osoby sporadycznie przebywające na danym terenie, na przykład smak i zapach wody dezynfekowanej chlorem przykro odczuwają szczególnie osoby na co dzień korzystające z wody nie poddawanej chlorowaniu),
- 3) wielkość dobowej produkcji wody,
- 4) wpływ na stan techniczny systemu wodociągowego, w szczególności tendencję do wytrącania się nierozpuszczalnych osadów mineralnych w urządzeniach wodociągowych, jak też następstwa tego zjawiska, obejmujące spadki ciśnienia przesyłanej wody lub epizody częściowego zerwania osadów.

Przy stwierdzaniu warunkowej przydatności do spożycia wody z danego wodociągu, wszystkie powyższe elementy powinny być brane pod uwagę, z uwzględnieniem specyfiki lokalnych warunków. Inaczej niż w przypadku parametrów jakości wody mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo wody dla zdrowia ludzi, wyznaczenie określonych stężeń manganu jako sztywnych kryteriów warunkowej przydatności wody do spożycia, które miałyby mieć zastosowanie do wszystkich wodociągów nie jest zasadne i w praktyce mogłoby stać się źródłem nieporozumień i trudności. Decyzja o warunkowej przydatności wody do spożycia opierająca się na ocenie sensorycznej wody i akceptowalności jej wskaźników oraz wpływie na stan techniczny urządzeń wodociągowych nie zależy jedynie od stężenia manganu w wodzie, ale także innych wskaźników fizykochemicznych wody, oczekiwań konsumentów, stanu sieci wodociągowej, ogólnej sytuacji miejscowego systemu zaopatrzenia w wodę i zaopatrywanych przez niego obiektów i innych czynników, wymagających indywidualnego rozpatrzenia. Błędne jest więc założenie, że

decyzje państwowych inspektorów sanitarnych w tym zakresie muszą być jednolite, a jedynym wyznacznikiem, na którym powinny się opierać jest wartość stężenia danego parametru.

W sytuacji gdy nie zachodzi obawa o zagrożenie dla zdrowia ludzi w wyniku podwyższonych stężeń manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia, głównym warunkiem kontynuowania zaopatrzenia w wodę jest akceptacja lub przynajmniej tolerowanie związanych z tym zmian wskaźników organoleptycznych wody. Mangan może wpływać niekorzystnie na barwę, mętność i smak wody już w stosunkowo niskich stężeniach ( $>50-100 \mu\text{g/l}$ ), ale zmiany te zazwyczaj stają się uchwytne dla konsumentów dopiero gdy jego poziom przekracza  $100 \mu\text{g/l}$ . Stężenia mieszczące się w przedziale  $>100-200 \mu\text{g/l}$  zwykle oddziałują na wskaźniki organoleptyczne wody w niewielkim stopniu i są tolerowane przez konsumentów. Z sytuacją taką można się często spotkać w przypadku małych wodociągów, w których podwyższone stężenie manganu w wodzie i związane z tym zmiany wskaźników organoleptycznych wody utrzymują się od lat i przy niewielkim lub umiarkowanym nasileniu są tolerowane przez mieszkańców, niejako przyzwyczajonych do specyficznej jakości wody na danym obszarze, szczególnie jeśli nie dochodzi do jej gwałtownych zmian. Przy wyższych poziomach manganu ( $>200-250 \mu\text{g/l}$ ) należy liczyć się z większym nasileniem zmian i odpowiednio częstszym kwestionowaniem jakości wody przez użytkowników, których zastrzeżenia budzą także przebarwienia pranej odzieży, ceramiki sanitarnej lub zmywanych powierzchni. Sytuacja taka powinna skłaniać do szczególnie wnikliwego rozważenia warunkowej przydatności wody do spożycia, a zwłaszcza czasu jej trwania. **Zasadniczo im wyższe stężenie manganu i im bardziej nasilony związany z nim wzrost barwy i mętności wody, tym krótszy powinien być czas warunkowej przydatności wody do spożycia**, jednak zasada ta ma jedynie charakter ogólny i powinna być stosowana w sposób elastyczny. Jak zaznaczono wyżej, stężenie manganu nie przekłada się z sposób jednolity na wskaźniki organoleptyczne wody, ponieważ jest ono modyfikowane przez inne parametry fizyczne i chemiczne wody, wpływające na rozpuszczalność manganu. Tym samym analogiczne wartości stężeń manganu w różnych systemach zaopatrzenia w wodę nie przekładają się w równym stopniu na akceptowalność wody i zagrożenie tworzeniem się osadów. Wskaźniki organoleptyczne wody w takiej sytuacji wymagają większej częstotliwości pobierania próbek do badań jakości wody. Wartości tych parametrów: barwy, mętności, smaku i zapachu powinny być analizowane łącznie ze stężeniem manganu, a często także żelaza, jeśli oba zanieczyszczenia występują w wodzie jednocześnie. W ocenie należy także uwzględnić informacje o ewentualnych skargach konsumentów na jakość wody.

Ogólnie biorąc, najmniejsze zastrzeżenia i najmniejszy negatywny wpływ na akceptowalność wody występuje w przypadku stężeń manganu mieszczących się w przedziale  $50-100 \mu\text{g/l}$  (do

2002 r. wartość stężenia manganu 100 µg/l (0,1 mg/l) w krajowych regulacjach prawnych dotyczących jakości wody była określana jako górna granica akceptowalna). W zakresie tym mieści się większość stwierdzanych przypadków przekroczeń wartości parametrycznej manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia. W przypadku wyższych wartości, nie budzących jednocześnie obaw o bezpieczeństwo wody dla zdrowia, należy kierować się wskaźnikami organoleptycznymi wody i ich akceptowalnością przez konsumentów, stanem technicznym sieci/installacji wodociągowej i wielkością dobowej produkcji wody.

Mimo należytej staranności przy określaniu wartości parametrycznej na czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia zdarza się, że w kolejnych oznaczeniach stężenia manganu w wodzie przekraczają ten poziom. W takim przypadku należy powtórzyć badanie, aby wykluczyć ewentualne nieścisłości analityczne i ustalić, czy stwierdzany wzrost następuje w wodzie ujmowanej/wprowadzanej do sieci, czy w trakcie dystrybucji wody oraz czy ma on charakter incydentalny czy trwały. Źródłem szczególnych problemów i gwałtownego wzrostu stężenia manganu (często także żelaza), barwy i mętności wody bywa wspomniane wyżej nagłe zerwanie fragmentów osadów mineralnych, uprzednio nagromadzonych w przewodach wodociągowych. Zjawisko to, którego bezpośrednią przyczyną są raptowne, szybko następujące zmiany warunków przepływu i ciśnienia w instalacji wodociągowej, prowadzi do znacznego wzrostu stężeń manganu oraz wartości barwy i mętności wody, osiągających wysoki poziom. Ma ono jednak charakter przemijający, może wymagać jedynie krótkotrwałej interwencji polegającej na czyszczeniu i płukaniu fragmentu sieci, w związku z czym generalnie nie wymaga ono modyfikacji wartości parametrycznej. Jak wspomniano uprzednio, może ono występować w systemach zaopatrzenia w wodę, w których aktualnie problem podwyższonych stężeń manganu nie występuje, a w których do nagromadzenia osadów mineralnych zawierających mangan doszło w przeszłości, kiedy poziomy manganu w wodzie były wysokie.

Większy problem stwarza przekroczenie wartości parametrycznej dopuszczalnej na czas warunkowej przydatności wody do spożycia mające charakter ciągły i wynikające ze wzrostu stężenia manganu w wodzie ujmowanej lub w wodzie podawanej do sieci, jak również ze stałego przenikania do wody manganu uwalnianego ze złogów nagromadzonych w świetle urządzeń wodociągowych. Sprzyjają temu zmiany właściwości fizykochemicznych wody, w tym wartości pH i temperatury wody lub stężenia wolnego chloru, dzięki którym przewagę uzyskują formy manganu o większej rozpuszczalności w wodzie.

Jeśli obserwowane zjawisko będzie miało charakter trwały i doraźne działania nie doprowadzą do jego ustąpienia w ciągu 30 dni, postępowanie powinno być zbliżone do analizy przepro-

wadzonej przy określaniu wartości parametrycznej na czas warunkowej przydatności wody do spożycia i powinno obejmować:

- ustalenie, czy stwierdzane obecnie poziomy manganu w wodzie nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi w warunkach długotrwałego narażenia,
- ocenę stopnia wzrostu stężenia manganu i przekroczenia ustalonej wcześniej wartości parametrycznej, przyjętej na czas warunkowej przydatności wody do spożycia,
- wielkość dobowej produkcji wody,
- analizę zmian/modyfikacji procesów uzdatniania wody, o ile są stosowane,
- ocenę występowania ewentualnej stałej tendencji wzrostowej stężenia manganu w wodzie,
- ustalenie, czy narastaniu stężenia manganu w wodzie towarzyszy wzrost poziomów innych substancji chemicznych, zwłaszcza żelaza,
- analizę wpływu wzrostu stężenia manganu w wodzie na wskaźniki organoleptyczne wody – mętność, barwę, smak i zapach,
- analizę ewentualnych skarg konsumentów dotyczących jakości wody i danych dotyczących awarii systemu wodociągowego lub/i zakłóceń dostaw wody.

Stężenia manganu przekraczające wartość 400 µg/l jako mogące potencjalnie wiązać się z zagrożeniem dla zdrowia ludzi wymagają szczególnie starannej oceny i rozważenia zaprzestania kontynuowania warunkowej przydatności wody do spożycia lub skrócenia czasu jej trwania. Jest to szczególnie istotne w przypadku stężeń znacznie przekraczających powyższą wartość. Podobnego postępowania mogą wymagać stwierdzone jednocześnie podwyższone stężenia innych substancji, mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo zdrowotne wody, w tym metali ciężkich (ołów, miedź, nikiel), oraz nasilone zmiany wskaźników organoleptycznych wody, negatywnie oceniane przez konsumentów.

W przypadku wartości stężeń manganu nieprzekraczających tego poziomu możliwe jest utrzymanie warunkowej przydatności wody do spożycia, o ile nie wykluczają tego podwyższone w stopniu nieakceptowalnym dla konsumentów wskaźniki organoleptyczne wody. Niezbędne jest wtedy ustalenie skorygowanej, wyższej niż poprzednio wartości parametrycznej, przy której należy kierować się analogicznymi zasadami jak przy jej pierwszorazowym określaniu:

- wartość przewyższająca największe stwierdzone stężenie o 10-25%, zależnie od stopnia wzrostu stężenia manganu i zakresu jego wahań,
- jakość organoleptyczna wody nie budząca skarg i poważnych zastrzeżeń konsumentów.

- Zmiany w tym zakresie mogą być dostrzegane / zauważalne, jednak w odczuciu użytkowników nie mogą dyskwalifikować przydatności wody do celów spożywczych i gospodarczych,
- wpływ podwyższonych stężeń manganu na stan techniczny i sprawność urządzeń wodociągowych, dane dotyczące liczby poważniejszych awarii,
  - im wyższa wartość parametryczna manganu, tym krótszy powinien być czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia. Należy wziąć to pod uwagę przy określaniu dopuszczalnej wartości parametrycznej, podobnie jak zwiększenie częstotliwości pobierania próbek wody do badań jakości wody, obejmującej mangan, jak również żelazo i związane z nim parametry organoleptyczne wody.

### **Czas trwania warunkowej przydatności do spożycia wody o podwyższonym stężeniu manganu – znaczenie stwierdzanych wartości stężeń**

Stwierdzenie warunkowej przydatności wody do spożycia, w której stężenie manganu jest wprawdzie podwyższone, ale w stopniu nie zagrażającym zdrowiu ludzi ma pozwolić na utrzymanie dostaw wody przez czas niezbędny do wdrożenia rozwiązań, przywracających odpowiednią jakość wody, spełniającej wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W praktyce czas ten niekiedy bywa traktowany przez producentów wody jako zgoda na odsunięcie w czasie niezbędnych działań naprawczych i przedłużenie zaopatrzenia w wodę na dotychczasowych warunkach. Do sytuacji takiej nie powinno się dopuszczać, poprzez ustalenie przez podmiot realizujący zaopatrzenie w wodę z właściwym państwowym inspektorem sanitarnym zakresu i terminu zakończenia realizacji działań naprawczych mających na celu przywrócenie należytej jakości wody (przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne przedstawia właściwemu państwowemu inspektorowi sanitarnemu plan działań naprawczych wraz z terminem ich realizacji, zaakceptowanym przez właściwego wójta (burmistrza, prezydenta miasta).

Pamiętając o możliwym niekorzystnym wpływie podwyższonych stężeń manganu na stan techniczny urządzeń wodociągowych oraz o długotrwałym rzutowaniu tego stanu rzeczy na późniejszą jakość wody, należy zabiegać o możliwie krótki czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia, tym bardziej, im wyższe są stwierdzane wartości i większa dobowa produkcja wody. Z drugiej strony, uzyskanie zgodnych z wymaganiami stężeń manganu w wodzie przeznaczonej do spożycia może wymagać instalacji nowego lub zmiany/modernizacji dotychczasowego systemu uzdatniania i dystrybucji wody. Czas realizacji związanych z tym inwestycji może być zróżnicowany, co należy wziąć pod uwagę, realistycznie rozpatrując możliwości organizacyjne, techniczne



i finansowe danego wodociągu. Elastycznego traktowania wymagają szczególnie wodociągi o najmniejszej produkcji wody, zwłaszcza gdy jedynie nieznacznie przekracza ona 10 m<sup>3</sup>/d, w których praktyczne możliwości kontrolowanego uzdatniania wody są szczególnie ograniczone.

Podstawowymi kryteriami, którymi należy się kierować przy określaniu czasu trwania warunkowej przydatności wody do spożycia są:

- stwierdzone wartości stężeń manganu w wodzie – im są one wyższe, tym generalnie czas ten powinien być krótszy,
- wielkość dobowej produkcji wody – im większa, tym krótszy czas,
- przewidziana na ten czas wartość parametryczna i szereg wymienionych wyżej czynników, uwzględnianych przy jej ustalaniu, w tym wskaźniki organoleptycznej jakości wody i ich ocena przez konsumentów, jednoczesne występowanie innych zanieczyszczeń wody (żelazo, także ołów, miedź, nikiel), stan techniczny wodociągu.

Ogólnie rzecz biorąc, należy dążyć do jak najkrótszego trwania tego okresu w przypadkach:

- wartości stężeń manganu zbliżonych do 400 µg/l, lecz ich nie przekraczających (czyli bliskich wartościom mogącym stwarzać ryzyko dla zdrowia ludzi),
- jednoczesnego występowania znacznie podwyższonych stężeń żelaza w wodzie, zwłaszcza jeśli osiąga ono wysokie wartości,
- licznych skarg zgłaszanych przez konsumentów na jakość wody, w szczególności na wzrost barwy wody, przykry smak, przebarwienie pranej odzieży i powierzchni kontaktujących się z wodą,
- problemów technicznych w eksploatacji systemu dystrybucji wody i częstych awarii, zwłaszcza jeśli ujawniają one obecność osadów nierozpuszczalnych związków manganu w przewodach wodociągowych.

Przyjmując stężenie manganu w wodzie za orientacyjny wyznacznik jej jakości organoleptycznej i niepożądanego wpływu na stan techniczny urządzeń wodociągowych, można uznać je za podstawowe kryterium określania czasu trwania warunkowej przydatności wody, który nie powinien przekraczać:

stężenie manganu >50 µg/l-100 µg/l:

- wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody uchwytne głównie w badaniach laboratoryjnych, makroskopowo zmiany rzadko uchwytnie,

- tworzenie się złogów manganu w urządzeniach wodociągowych słabo lub miernie nasilone,
- zalecany czas trwania warunkowej dopuszczalności wody do spożycia nie dłuższy niż 10 (12) lat (dłuższy czas dopuszczalny w małych wodociągach lokalnych, zaopatrujących do kilkudziesięciu osób, zwłaszcza jeśli woda nie podlega uzdatnianiu, a możliwość obsługi i kontroli pracy jakichkolwiek urządzeń odmanganiających wodę jest problematyczna);

stężenie manganu >100 µg/l – 250 µg/l:

- wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody w ocenie bezpośredniej nikły lub niewielki,
- tendencja do tworzenia się osadów nierozpuszczalnych związków manganu – umiarkowanie nasilona,
- zalecany czas trwania warunkowej dopuszczalności wody do spożycia nie dłuższy niż 7 (10) lat;

stężenie manganu 250 µg/l – 400 µg/l:

- wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody w bezpośredniej ocenie zwykle wyraźny,
- tendencja do tworzenia się osadów w sieci wodociągowej znaczna,
- zalecany czas trwania warunkowej dopuszczalności wody do spożycia nie dłuższy niż 5 (7 lat).

Tabela 2. Zakres stężeń manganu w wodzie przeznaczony do spożycia a zalecany czas warunkowej przydatności wody do spożycia

Zakres stężeń manganu w wodzie przeznaczony do spożycia	Wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody	Tworzenie się osadów w urządzeniach wodociągowych	Zalecany maksymalny czas warunkowej przydatności wody do spożycia
>50 µg/l – 100 µg/l	uchwytny w badaniach laboratoryjnych	słabo lub miernie nasilone	10 (12) lat
>100 µg/l – 250 µg/l	nikły lub słabo wyrażony, możliwe przebarwienia tkanin	umiarkowanie nasilone	7 (10 lat)
>250 – 400 µg/l	wyraźny	znaczne	5 (7 lat)

Powyższe zalecenia mają charakter informacyjny i nie należy ich traktować jako wymagań obli-gatoryjnych. Czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia wskazany jest jako mak-symalny – odnoszący się do jego łącznego trwania, wraz z jego ewentualnym przedłużeniem

w przypadku zmiany jakości wody lub niepowodzenia w realizacji wstępnych działań naprawczych i zmiany ich planów.

### **Badania jakości wody o podwyższonym stężeniu manganu podczas warunkowej przydatności wody do spożycia**

Stwierdzenie warunkowej przydatności wody do spożycia w przypadku podwyższonej zawartości manganu wymaga zwiększenia częstotliwości kontroli tego parametru w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Wskaźniki organoleptyczne wody, mogące ulegać niepożądanym zmianom przy podwyższonych poziomach manganu – barwa, mętność, smak, zapach, także wartość pH wody i przewodność elektrolityczna – wymagają również uwzględnienia w ocenie jakości wody. Dotyczy to także wykluczenia skażenia mikrobiologicznego wody (*E. coli*, enterokoki, bakterie grupy coli, ogólna liczba mikroorganizmów w 22°C), istotnego przy wzroście mętności wody, zwłaszcza z ujęć infiltracyjnych. Należy jednak pamiętać, aby w przypadkach wodociągów, dla których przeprowadzono ocenę ryzyka nie redukować częstotliwości pobierania próbek do badań w zakresie powyższych parametrów.

Celem powyższych badań jakości wody jest ocena dotrzymania wartości parametrycznej przyjętej na czas warunkowej przydatności wody do spożycia i wpływ stwierdzanych poziomów manganu na akceptowalność wody dla konsumentów. Dodatkowych badań może wymagać także stężenie żelaza w wodzie, jeśli stwierdza się jednocześnie jego podwyższone wartości.

Przy stwierdzeniu warunkowej przydatności wody do spożycia i ustaleniu wartości parametrycznej na ten czas celowe może być uwzględnienie szerszego zakresu badań wody (str. 23), który poza parametrami wymienionymi powyżej powinien obejmować także żelazo, jon amonu, w razie występowania osadów w sieci wodociągowej także ołów, miedź i nikiel. Zależnie od rodzaju ujęcia wody i wyników powyższych badań, parametry te mogą wymagać powtarzania z różną częstością, co wymaga indywidualnego ustalenia w odniesieniu do danego wodociągu.

W omawianej sytuacji częstotliwość pobierania dodatkowych próbek wody do badań w zakresie manganu należy ustalać kierując się tymi samymi kryteriami, na podstawie których określano czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia oraz dopuszczalną w tym czasie wartość parametryczną:

- wartości stężeń manganu w wodzie, stopień przekroczenia wartości parametrycznej i zakres ich wahań,

- wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody,
- akceptowalność wody przez konsumentów i zgłaszane przez nich skargi na jakość wody,
- wielkość dobowej produkcji wody,
- dane dotyczące stanu technicznego wodociągu, jego awaryjności, występowania nierozpuszczalnych osadów i wynikających stąd epizodów pogorszenia jakości wody oraz zakłóceń w jej dostawach.

Istotne znaczenie ma lokalizacja punktów pobierania próbek wody, która powinna zwiększać szansę wykrycia nieprawidłowej jakości wody. Stężenie manganu wymaga kontroli w wodzie wprowadzanej do sieci, w punktach na sieci w różnej odległości od stacji uzdatniania wody, w miejscach sprzyjających występowaniu biofilmu i osadów lub w których występowanie takich osadów zostały potwierdzone. Należy również rozważyć pobranie dodatkowej próbki wody do badania w tym kierunku w razie wystąpienia okoliczności sprzyjających przenikaniu do wody fragmentów osadów mineralnych, w szczególności zmianom warunków przepływu i ciśnienia wody w sieci, po wystąpieniu awarii naruszającej ciągłość przewodów wodociągowych, po czerpaniu znacznej ilości wody do celów przeciwpożarowych lub związanych z uprawami rolnymi, zmiana wartości pH wody, modyfikacja uzdatniania wody prowadząca do zmiany jej właściwości oksydoredukcyjnych itp.

Zalecana częstotliwość pobierania próbek wody do badań w przypadku stwierdzenia przekroczenia wartości parametrycznej manganu w zależności od wartości stężeń i wielkości dobowej produkcji wody przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 3. Zalecana częstotliwość pobierania próbek wody do badań w przypadku stwierdzenia przekroczenia wartości parametrycznej manganu w zależności od wartości stężeń i wielkości dobowej produkcji wody

Stężenie manganu w wodzie	Częstotliwość pobierania próbek wody do badań liczba próbek/rok				
	≤ 100 m <sup>3</sup> /d	>100≤1000 m <sup>3</sup> /d	>1000 ≤ 10 000 m <sup>3</sup> /d	10 000 ≤ 100 000 m <sup>3</sup> /d	>100 000
>50≤100 µg/l	nie rzadziej niż 2	2	3-5	7-16	min. 21
>100≤250 µg/l	3	4	5-9	10-21	min. 28
>250≤400 µg/l	4	6	7-11	12-28	min. 35

Nawet gdy stwierdzone stężenia manganu w wodzie w niewielkim stopniu przekraczają wartość parametryczną i nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi, należy zabiegać o ich obniżenie do wymaganych poziomów, aby zminimalizować ryzyko niepożądanych zmian jakości wody i zapewnić akceptowalność wody przez konsumentów. Przy stwierdzaniu warunkowej przydatności wody do spożycia należy także mieć na uwadze następstwa takiej decyzji dla lokalnej społeczności i znajdujących się na zaopatrywanym w wodę terenie obiektów użyteczności publicznej oraz dostępność ewentualnych alternatywnych źródeł zaopatrzenia w wodę.

## **PROPOZYCJE WZORÓW KOMUNIKATÓW PAŃSTWOWEGO POWIATOWEGO/PAŃSTWOWEGO GRANICZNEGO INSPEKTORA SANITARNEGO W PRZYPADKU PODWYŻSZONEGO STĘŻENIA MANGANU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI:**

### **KOMUNIKAT PAŃSTWOWEGO POWIATOWEGO INSPEKTORA SANITARNEGO**

**W .....**

**w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z wodociągu w miejscowościach**

**.....**

Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w ..... informuje, że w badaniach wody z wodociągu zaopatrującego miejscowości: ....., ....., ..... w gminie ..... powiat....., stwierdzono przekroczenie wartości parametrycznej manganu.

Może to pogarszać wygląd i smak wody, ale nie stwarza zagrożenia dla zdrowia konsumentów. W związku z tym Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w ..... stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia. Woda może być wykorzystywana bez ograniczeń do celów spożywczych i gospodarczych.

Trwają prace mające na celu przywrócenie jakości wody spełniającej wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia .....



*(komunikat odnosi się do sytuacji, w której stwierdzono podwyższone stężenie manganu w wodzie, niestwarzające zagrożenia dla zdrowia ludzi ( $\leq 400 \mu\text{g/l}$ ), któremu towarzyszą inne zmiany jakości wody, w tym zmiany organoleptyczne)*

## KOMUNIKAT PAŃSTWOWEGO POWIATOWEGO INSPEKTORA SANITARNEGO

W .....

**w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z wodociągu w miejscowościach**

.....

Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w ..... informuje, że w badaniach wody z wodociągu zaopatrującego miejscowości: ....., ....., ..... w gminie ..... powiat....., stwierdzono wzrost mętności i barwy wody oraz przekroczenie wartości parametrycznej manganu.

Zmiany te mogą ujemnie wpływać na wygląd i smak wody, ale nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia konsumentów. W związku z tym Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w ..... stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia. Woda może być wykorzystywana bez ograniczeń do celów spożywczych i gospodarczych.

Trwają prace mające na celu przywrócenie jakości wody spełniającej wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia .....



\* \* \*

*(komunikat odnosi się do sytuacji, w której stwierdzono podwyższone stężenie manganu w wodzie, nie stwarzające zagrożenia dla zdrowia ludzi ( $\leq 400 \mu\text{g/l}$ ), któremu towarzyszy wzrost mętności i barwy wody, lecz nie stwierdzono innych zmian jakości wody, w szczególności wykluczono skażenie mikrobiologiczne wody).*

Główny Inspektorat Sanitarny