

st. kpt. mgr inż. **Joanna RAKOWSKA**
mgr inż. **Tomasz WILCZYŃSKI**
Zakład-Laboratorium Badań Chemicznych i Pożarowych CNBOP

JAKOŚĆ PIAN GAŚNICZYCH WYTWARZANYCH Z WÓD POWIERZCHNIOWYCH SILNIE ZANIECZYSZCZONYCH

Część I – Zanieczyszczenia wód powierzchniowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono źródła i rodzaje zanieczyszczeń wód powierzchniowych oraz klasyfikację czystości wód.

Summary

This article describes sources and kind of contaminations in surface waters and classification of water clearness.

Wstęp

Woda jest powszechnie stosowanym środkiem gaśniczym. Swoją popularność zawdzięcza skutecznemu chłodzeniu palących się materiałów, rozcieńczaniu przez parę wodną gazów w strefie spalania oraz niekiedy również działaniu izolującemu. Zwiększenie efektywności wykorzystania wody wymaga stosowania odpowiednich technik podawania oraz modyfikacji składu chemicznego wody poprzez dodawanie środków gaśniczych [1]. Należy jednak pamiętać, że woda stosowana do działań gaśniczych ma różny skład związany ze źródłem jej pochodzenia. Zanieczyszczenia mogą poprawiać parametry wody lub działać przeciwnie, np. zmniejszać trwałość piany.

Woda jest jednym z najważniejszych i najbardziej rozpowszechnionych związków chemicznych na kuli ziemskiej, znajduje się w stałym obiegu w przyrodzie, stanowi jedną z geosfer (hydrosferę), zajmuje ponad 2/3 powierzchni Ziemi. Występuje również w skałach skorupy ziemskiej (wody glebowe) oraz w postaci pary wodnej w atmosferze. Jednak woda występująca w przyrodzie nie jest czystym związkiem chemicznym, ponieważ są w niej

rozpuszczone nieznaczne ilości gazów i ciał stałych, na które składają się kationy wapnia, sodu, magnezu i potasu oraz aniony węglanowe, chlorkowe i siarczanowe.

Zanieczyszczenia wód to substancje chemiczne, bakterie i inne mikroorganizmy obecne w wodach naturalnych w zwiększonej ilości.

1. Podział zanieczyszczeń wód

Zanieczyszczenia można klasyfikować według różnych kryteriów. Jednak niezależnie od tego, jaki podział zostanie dokonany, zanieczyszczenia są tak samo szkodliwe dla środowiska i powinna być prowadzona jak największa ich redukcja.

Ze względu na pochodzenie zanieczyszczenia dzieli się na naturalne i antropogeniczne. Ze względu na miejsce powstawania rozróżnia się zanieczyszczenia punktowe (głównie ścieki), liniowe i obszarowe.

1.1 Zanieczyszczenia naturalne, czyli domieszki

Domieszki wody

Woda, z którą mamy do czynienia, jest rozcieńczonym roztworem rozmaitych domieszek.

Domieszkami wody są:

- sole,
- gazy,
- substancje organiczne,
- drobnoustroje.

W przyrodzie najmniej domieszek zawiera woda pochodząca z opadów atmosferycznych. Jednak wbrew potocznym przekonaniom woda opadowa nie jest czysta, gdyż przechodząc przez "chmury" pyłów i gazów przemysłowych, ulega zanieczyszczeniu (stąd obecność w niej lotnych związków organicznych lub kwasu siarkowego i azotowego). Do tego dochodzi skażenie w wyniku wymywania z powierzchni np. dachu dalszych zanieczyszczeń (odchody ptaków, składniki pokrycia - związki miedzi, azbest itd.).

Najwięcej domieszek zawiera woda morska i wody podziemne. Domieszki wody morskiej są szkodliwe dla zdrowia i woda ta nadaje się do picia dopiero po ich usunięciu. Wody podziemne

mogą zawierać szkodliwe domieszki pochodzące ze złóż naturalnych (np. arsen) lub z powierzchni ziemi.

Dobrej jakości naturalna woda mineralna nie zawiera szkodliwych domieszek z powierzchni ziemi, ani też ze ścieków odprowadzanych do ziemi, gdyż naturalna woda mineralna z definicji może pochodzić tylko z dobrze izolowanych geologicznie zbiorników podziemnych powstałych we wcześniejszych okresach rozwoju naszej planety [2].

Domieszki wody wodociągowej

Substancje nieorganiczne:

amoniak, chlorki, mangan, srebro, antymon, chrom (+3), miedź, tal, arsen, cyjanki, molibden, tytan, azotany, cynk, nikiel, uran, azotyny, fluorki, ołów, wanad, bar, fosfor, rtęć, żelazo, beryl, glin, selen (+4), bor, kadm, siarczany, magnez, sól

Substancje organiczne:

chlorowane alkany - dichlorometan, 1, 1, 1-trichloroetan, 1, 1-dichloroetan, tetrachlorek węgla, 1,2-dichloroetan, tetrachloroetan

chlorowane eteny - chlorek winylu, trichloroeten, 1, 1-dichloroeten, tetrachloroeten, 1, 2-dichloroeten

węglowodory aromatyczne - benzen, benzo(k)fluoranten, styren, benzo(a)piren, etylobenzen, toluen, benzo(b)fluoranten, fluoranten, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)piren, ksyleny

chlorobenzeny - chlorobenzen, 1, 4-dichlorobenzen, 1, 2-dichlorobenzen, trichlorobenzeny, 1, 3-dichlorobenzen

inne - akryloamid, kwas nitrylotrójoctowy, dialkilocyna, epichlorohydryna, polichlorobifenyle, adypinian, heksachlorobutadien, tributyłowy tlenek cyny

Środki dezynfekujące i produkty towarzyszące:

środki dezynfekujące - monochloramina, jod, di-i trichloramina, dwutlenek chloru, chlor

1.2 Zanieczyszczenia antropogeniczne

Rolnictwo

Wody opadowe mogą z terenów użytkowanych rolniczo zmywać różnego rodzaju związki, będące pozostałością po stosowanych nawozach sztucznych oraz środkach ochrony roślin. W ten sposób dostaje się do wody wiele bardzo szkodliwych i trudnych do usunięcia

zanieczyszczeń. Pestycydy zawierają dużo związków posiadających właściwości silnie toksyczne, mutagenne lub teratogenne. Związki te często kumulują się w środowisku i stanowią duże zagrożenie dla zwierząt oraz człowieka.

Azotany i fosforany pochodzące z nawozów sztucznych są odpowiedzialne za powstawanie deficytu tlenowego w wodzie poprzez nadmierny rozwój glonów. Wzrost glonów w wodach bogatych w azotany i fosforany może być wprost proporcjonalny do ilości promieniowania słonecznego, jakie otrzymuje woda. Intensywny wzrost glonów prowadzi do eutrofizacji zbiorników wodnych. Eutrofizacja, czyli nadmierne użyznienie wód jest przyczyną starzenia się i obumierania jezior. W warunkach naturalnych eutrofizacja jest procesem powolnym, który może trwać setki i tysiące lat. Obecnie proces ten został gwałtownie przyspieszony na skutek wykorzystywania jezior jako odbiorników ścieków. Dopływ substancji będących materiałem odżywczym dla glonów i innych składników planktonu przyspiesza ich wzrost. Glony szybko rosną i szybko obumierają. Martwe glony opadają na dno zbiornika i przy dostatecznym dopływie tlenu ulegają przekształceniu w związki nieorganiczne, które z kolei stają się źródłem materiału odżywczego i cały cykl się powtarza. W miarę gromadzenia się substancji organicznych i przy znacznym ich rozkładzie następuje coraz silniejsze zużycie tlenu; jego niedobór hamuje dalsze procesy mineralizacji, prowadzi do wymierania organizmów o dużym zapotrzebowaniu tlenu; gromadzi się osad denny w postaci mułu (sapropel), zbiornik wypłyca się i przekształca stopniowo w zamulony staw, a z czasem w torfowisko [2].

Przemysł

Zanieczyszczenia przemysłowe stanowią wielką grupę związków. Są tak samo zróżnicowane jak zróżnicowany jest przemysł. Mogą je wywoływać czynniki fizyczne jak i chemiczne. Związki chemiczne zanieczyszczające wody mogą być organiczne lub nieorganiczne. Jednocześnie występuje powiązanie typu zanieczyszczenia z działalnością zakładu. Na przykład produkty odpadowe z hut i pieców mogą być m. in. źródłem fenoli. Rakotwórcze aminy aromatyczne np. beta-naftyloamina i benzydyna pochodzą z fabryk barwników, syntetycznego kauczuku i innych tworzyw sztucznych jak i przemysłu farmaceutycznego. Wymienione związki mają właściwości toksyczne, a ich usunięcie z wody wymaga specjalnych zabiegów chemicznych. Natomiast ścieki z fabryk celulozy, płyt pilśniowych itp. mogą być szczególnie poważnym problemem ze względu na dużą zawartość

związków organicznych ulegających gniciu, które łatwo mogą spowodować wyczerpanie zapasu tlenu w rzekach i jeziorach, do których są odprowadzane. Podobne skutki mogą wywołać ścieki z fabryk konserw [2].

1.3 Zanieczyszczenia punktowe

Ścieki (wody zwrotne) z systemów kanalizacyjnych (przemysłowych i komunalnych) stanowią główne źródło zanieczyszczeń wód, zwłaszcza powierzchniowych. Należą do nich ścieki:

Bytowo-gospodarcze, tj. wody zużyte do celów higienicznych i gospodarczych, w gospodarstwach domowych, zakładach pracy i zakładach użyteczności publicznej. Charakteryzują się one na ogół stałym składem wynikającym z powtarzalności zabiegów higienicznych i czynności związanych z prowadzeniem gospodarstw domowych.

Przemysłowe, tj. wody zużyte w zakładach produkcyjnych i usługowych w wyniku procesów technologicznych. Ich skład zależy od rodzaju przemysłu, materiałów stosowanych w produkcji oraz w technologii. Ten rodzaj ścieków oznacza się na ogół większym stężeniem i wyższym stopniem zanieczyszczenia od ścieków bytowo-gospodarczych.

Opadowe z terenów skanalizowanych, tj. głównie wody deszczowe i roztopowe oraz wody zużyte na polewanie ulic i placów. Ścieki te cechuje znacznie mniejsze zanieczyszczenie i niewielkie stężenie, szczególnie po pewnym czasie trwania deszczu lub roztopów.

Wody filtracyjne (gruntowe) przedostające się do kanalizacji przez nieszczelności i pęknięcia przewodów kanalizacyjnych. Odznaczają się zwykle niewielkim zanieczyszczeniem.

Podgrzane wody chłodnicze (głównie z elektrowni ciepłych)

Podgrzane wody chłodnicze, stały się problemem w wyniku rozwoju przemysłu paliwowo-energetycznego. Podwyższenie temperatury wód powierzchniowych ma zazwyczaj wpływ na biocenozę odbiorników tych wód, choć także wpływa na ogół na wzrost tempa produkcji biologicznej (organicznej). Kumulacja materii organicznej prowadzi z kolei do wzrostu biologicznego zapotrzebowania na tlen, przy jednoczesnym zmniejszeniu jego rozpuszczalności, niedobór tlenu może być przyczyną śnięcia ryb.

Zasolone wody kopalniane

Zrzuty z zasolonych wód kopalnianych, z których większość zawiera duże stężenie chlorków i siarczanów, stanowią istotne zagrożenie dla wód płynących. Wody takie są nader uciążliwym zanieczyszczeniem dyskwalifikującym wodę do celów spożywczych i nawodnień rolniczych (zasolenie gleb) oraz do celów przemysłowych (korozja urządzeń) [2].

1.4 Zanieczyszczenia liniowe

Zanieczyszczenia pasmowe wzdłuż szlaków komunikacyjnych

Zanieczyszczenia te są związane z emisją spalin przez pojazdy mechaniczne. Zawierają one związki ołowiu, mogące przedostać się do wód gruntowych [2].

1.5 Zanieczyszczenia obszarowe

Odpływy z terenów rolniczych (nawozy i pestycydy, środki ochrony roślin)

Odpływy z terenów rolniczych stanowią najgroźniejsze źródło zanieczyszczeń obszarowych, zawierają duże ilości związków chemicznych z nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Są to głównie związki azotu i fosforu powodujące zwłaszcza w wodach stojących nadmierny wzrost ich żyzności, prowadzący do politrofii (przeżyźnienia). Te źródła zanieczyszczeń w zasadzie nie podlegają kontroli.

Odpływy z terenów przemysłowych (nie ujęte w systemy kanalizacyjne) oraz ze składowisk odpadów komunalnych

Składowiska takie często usytuowane są w niewłaściwym miejscu i są niedostatecznie zabezpieczone. Zanieczyszczenia te przenikają najczęściej do wód gruntowych, a wraz z nimi przedostają się do wód powierzchniowych. Do najszkodliwszych zanieczyszczeń należą tu: pestycydy i detergenty oraz produkty ropy naftowej.

Zanieczyszczenie atmosfery przedostające się do wód

Są to głównie zakwaszone opady atmosferyczne, powstałe w wyniku utlenienia dwutlenku siarki do kwasu siarkowego. Zakwaszają one biotopy wodne, co stwarza bardzo niekorzystne warunki do rozwoju życia organicznego [2].

2. Ocena stopnia zanieczyszczenia wód

Ocenę zanieczyszczeń wody przeprowadza się metodami fizycznymi i chemicznymi oraz przez badanie stanu biologicznego wody.

2.1 Klasy czystości wód powierzchniowych

Według Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. Nr 32, poz. 284) [3] nowa klasyfikacja wód obejmuje pięć klas czystości I, II, III, IV oraz V.

Pięciostopniowa klasyfikacja wód powierzchniowych przedstawia się następująco:

I. Klasa pierwsza

Wody w tej klasie charakteryzują się bardzo dobrą jakością:

- a. spełniają wymagania określone dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, w przypadku ich uzdatniania sposobem właściwym dla kategorii A1,
- b. wartość wskaźników jakości wody nie wskazują na żadne oddziaływanie antropogeniczne.

II. Klasa druga

Wody w tej klasie można określić jako wody o charakterze dobrym:

- a. spełniają w odniesieniu do większości jakości wody wymagania określone dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, w przypadku ich uzdatniania sposobem właściwym dla kategorii A2,
- b. wartość biologicznych wskaźników jakości wody wskazują na niewielki wpływ oddziaływania czynników antropogenicznych.

III. Klasa trzecia

Wody w danej klasie określić można jako wody zadowalające:

- a. spełniają wymagania określone dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, w przypadku ich uzdatniania sposobem właściwym dla kategorii A2,
- b. wartość biologicznych wskaźników jakości wody wskazują na umiarkowany wpływ oddziaływania czynników antropogenicznych

IV. Klasa czwarta

Wody tej klasy scharakteryzować można jako niezadowalającej jakości:

- a. spełniają wymagania określone dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, w przypadku ich uzdatniania sposobem właściwym dla kategorii A3,
- b. wartość biologicznych wskaźników jakości wody wskazują, na skutek oddziaływań antropogenicznych, zmiany ilościowe i jakościowe w populacjach biologicznych.

V. Klasa piąta

Wody danej klasy identyfikować można z wodami złej jakości:

- a. nie spełniają wymagań określonych dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia,
- b. wartość biologicznych wskaźników jakości wody wykazują na skutek oddziaływań antropogenicznych, zmiany polegające na zaniku występowania znacznej części populacji biologicznych.

Zgodnie z cytowanym wyżej podziałem:

- wody kategorii **A1** – to wody wymagające prostego uzdatniania fizycznego, w szczególności filtracji oraz dezynfekcji,
- wody kategorii **A2** – wody wymagające typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania wstępnego, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji i dezynfekcji (chlorowanie końcowe),
- wody kategorii **A3** – wody wymagające wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, adsorpcji na węglu aktywnym, dezynfekcji (ozonowanie, chlorowanie końcowe).

Poziom zanieczyszczenia tych wód określić można wg wskaźników jakości wód: fizycznych, chemicznych lub biologicznych.

2.2 Wskaźniki jakości wód

Wskaźniki jakości wód określają ilość i rodzaje zawartych w wodzie zanieczyszczeń.

Wyróżnia się wskaźniki fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Wskaźniki fizyczne to temperatura, zapach, smak, mętność, przezroczystość, barwa wody. *Temperatura* wód naturalnych zależy w dużym stopniu od ich pochodzenia. Temperatura wód powierzchniowych jest zmienna w ciągu roku od 0 do 25°C zależnie od pory roku. Wody podziemne charakteryzują się względnie stałą temperaturą w ciągu roku. Przyjmuje się, że wody podziemne mają temperaturę zbliżoną do średniej rocznej temperatury powietrza danego rejonu. Najczęściej temperatura wód podziemnych wynosi od 8 do 11°C. Temperatura wody wodociągowej powinna wynosić od 7 do 12°C.

Mętność wód może być wywołana obecnością drobno zdyspergowanych zawiesin mineralnych bądź organicznych. Mętność wód powierzchniowych zależy od rodzaju koryta rzeki, rodzaju zlewni oraz stanu wody w rzece. Podczas wysokich stanów wody mętność jej jest większa niż podczas stanów niskich. Mętność wód podziemnych jest przeważnie niewielka, jednak po wypompowaniu wody na powierzchnię może wytrącać się wodorotlenek żelaza (II) $\text{Fe}(\text{OH})_2$, a następnie wodorotlenek żelaza (III) $\text{Fe}(\text{OH})_3$, natomiast w wypadku dużej twardości węglanowej może wytrącać się węglan wapnia. Te związki chemiczne mogą zwiększać mętność wody. *Barwa* wody jest wywołana najczęściej związkami humusowymi wyrugowanymi z gleby. Może ona też być wywołana dostającymi się do wody ściekami przemysłowymi o znacznym zabarwieniu.

Smak wody jest wskaźnikiem jakości określanym organoleptycznie, rozróżnia się smak: słony, gorzki, alkaliczny (rozpuszczony w wodzie materiał alkaliczny taki jak sól, potas, smak „mydlany”), kwaśny. Wszelkie inne odczucia smakowe nazywają się posmakiem (np. posmak chlorowy, rybi, metaliczny).

Zapach wody mogą powodować różne związki (najczęściej pochodzenia organicznego) i gazy. W wodach podziemnych najczęściej przyczyną zapachu jest zawartość siarkowodoru. W wodach powierzchniowych zapach wody powstaje w wyniku: zakwitnięcia glonów, mineralizacji osadów

dennych oraz odprowadzania ścieków. Zapach wody dzieli się grupy: roślinny (R), gnilny (G), specyficzny (S), który jest powodowany związkami niespotykanymi w wodzie, jak: fenol, nafta, chlor [2].

Wskaźniki chemiczne to m.in. odczyn wody, utlenialność, twardość wody, zasadowość, kwasowość, poziom związków azotu i fosforu, chlorków, siarczanów, żelaza, rozpuszczonego tlenu, dwutlenku węgla, metali ciężkich.

Odczyn wody wyraża stopień jej kwasowości lub zasadowości i jest określany ilościowo stężeniem jonów wodorowych. Odczyn wód powierzchniowych naturalnych wynosi od 6,5 do 8,5 pH. Roztwory obojętne mają pH=7, kwaśne pH<7, alkaliczne pH>7. Wody o małych wartościach pH powodują korozję, zaś wody o dużym pH wykazują skłonność do pienia się.

Twardość wody jest to właściwość wywołana obecnością substancji rozpuszczonych w wodzie, a głównie soli wapnia i magnezu. Poza wymienionymi twardość wody powodują również jony żelaza, glinu, manganu, oraz kationy metali ciężkich. Nadmierna twardość objawia się nadmiarem wytrąconego kamienia podczas podgrzewania wody bądź też może być przyczyną złego pienia się mydła. Generalnie wody powierzchniowe charakteryzują się mniejszą twardością niż wody podziemne.

Zasadowość wody jest to zdolność do zobojętniania mocnych kwasów w obecności określonych wskaźników. Jest ona wywołana obecnością anionów wodorowęglanowych, rzadziej węglanowych, niekiedy również wodorotlenowych, boranowych, fosforanowych. Najczęściej aniony te występują jako sole wapnia i magnezu i wówczas zasadowość jest równa twardości węglanowej. Zasadowość ma wtórne znaczenie sanitarne, natomiast duże znaczenie w wodach do celów gospodarczych i przemysłowych.

Kwasowość wody jest to zdolność do zobojętniania zasad mineralnych lub węglanów w obecności dodawanych do wody wskaźników. Kwasowość wód naturalnych powoduje wolny dwutlenek węgla, kwasy mineralne i organiczne (humusowe). Kwasowość ogólna nie ma istotnego znaczenia sanitarnego.

Dwutlenek węgla występuje prawie we wszystkich wodach naturalnych. W wodach powierzchniowych pochodzi on głównie z procesów przemian biochemicznych organizmów żywych (głównie glonów) i rozkładu związków organicznych. W wodach podziemnych

dwutlenek węgla może pochodzić z procesów przemian formacji geologicznych. Jego obecność w wodzie jest niepożądana ze względu na właściwości korozyjne w stosunku do betonu i metali. Zawartość dwutlenku węgla w wodach podziemnych jest wskaźnikiem sanitarnym.

Żelazo występuje w wodach podziemnych w postaci rozpuszczonej, najczęściej jako wodorowęglan żelaza (III), a niekiedy siarczan (VI) żelaza (II) lub chlorek żelaza (II). W wodach rejonów bagiennych, zalesionych oraz warstw zawierających torf, żelazo może występować w połączeniu ze związkami organicznymi, najczęściej z kwasami humusowymi. Nadmiar żelaza w wodzie psuje jej smak, jest szkodliwy dla zdrowia oraz może być przyczyną rozwoju bakterii żelazistych i zarastania rurociągów.

Mangan występuje w wodach podziemnych zazwyczaj razem z żelazem w ilości 10-20% zawartości żelaza, w podobnych związkach jak żelazo. Jego szkodliwość dla zdrowia jest podobna jak żelaza.

Chlorki są łatwo rozpuszczalne w wodzie i występują we wszystkich wodach w mniejszych lub większych ilościach. W wodach podziemnych występują głównie chlorki pochodzenia geologicznego, natomiast w wodach powierzchniowych i płytkich podziemnych mogą pochodzić dodatkowo ze ścieków i z nawożenia gleb. Chlorki występują razem ze związkami azotowymi, bakteriami i przy podwyższonej utlenialności są ważnym wskaźnikiem zanieczyszczenia wody.

Siarczany, podobnie jak chlorki, występują we wszystkich wodach naturalnych. Są one głównie pochodzenia geologicznego, a w wodach powierzchniowych mogą również pochodzić ze ścieków przemysłowych. Nadmiar siarczanów w wodach może być przyczyną korozji siarczanowej betonu.

Azotany (III) i azotany (V) są istotnym wskaźnikiem oceny jakości wody. Nadmiar azotanów (V) w wodzie może być przyczyną methemoglobinemii niemowląt, a czasami i dorosłych. Azotany (III) w obecności jonów chlorkowych i siarczanowych mogą być przyczyną korozji rurociągów.

Utlenialność wody określa jej zdolność do pobierania tlenu z manganianu (VII) potasu w określonych warunkach. Pobierany tlen jest zużywany do utleniania organicznych i niektórych nieorganicznych związków zawartych w wodzie.

Sucha pozostałość jest oznaczana przez odparowanie 1 dm³ wody i wysuszenie w temperaturze 105°C. Na suchą pozostałość składają się związki mineralne i organiczne rozpuszczone, zawieszone i koloidalne [2].

Ocena biologiczna jest bardzo ważnym uzupełnieniem fizycznej i chemicznej oceny jakości wód. Rodzaje organizmów występujących w zbiornikach wodnych określają odbywające się w niej procesy biochemiczne. Organizmy zasiedlające zbiorniki wodne są, więc swego rodzaju wskaźnikami stopnia czystości wody bądź też wskaźnikami zanieczyszczenia. Wskaźniki biologiczne określają warunki sanitarne np. miano Coli, wskaźnik saprobowości, indeks saprobów, polski indeks biotyczny.

Badania biologiczne wód słodkich jest na ogół ograniczone do oznaczania - bentosu, czyli organizmów wodnych osiedlających się na dnie zbiornika, jego brzegach i na powierzchni zanurzonych przedmiotów,

- planktonu, czyli ogółu organizmów żyjących w samej wodzie, tj. zawieszonych w niej.

Organizmy stanowiące wskaźniki właściwości biologicznych wody dzieli się na:

- kataroby, organizmy zasiedlające wody czyste,

- saproby, organizmy występujące w wodach o różnym stopniu zanieczyszczenia

Saproby można klasyfikować następująco:

- polisaproby, żyjące w bardzo zanieczyszczonych wodach,
- α i β -mezosaproby, żyjące w wodach umiarkowanie zanieczyszczonych,
- oligosaproby, żyjące w wodach czystych.

Wody naturalne zawierają pewne ilości bakterii chorobotwórczych. Zawartość bakterii (liczba bakterii w 1 cm³ wody) zależy od rodzaju źródła wody. Na przykład woda ze studni artezyjskich nie zawiera bakterii, woda źródłana zabezpieczona przed zanieczyszczeniem może zawierać do 200 bakterii w 1cm³ wody, a woda rzeczna czysta może zawierać do 125 000 bakterii w 1 cm³ wody. Analiza bakteriologiczna wody obejmuje badania ilościowe i jakościowe. W celu określenia ilości bakterii odmierzoną ilość wody nanosi się na pożywki i po określonym czasie w optymalnej dla bakterii temperaturze określa się liczbę kolonii wyrosłych na pożywce. Badania jakościowe mają na celu wykrycie bakterii chorobotwórczych w wodzie. Analiza bakteriologiczna sprowadza się zazwyczaj do oznaczania bakterii Escherichia coli (pałeczki okrężnicy). Bakteria ta nie jest niebezpieczna dla człowieka, świadczy jednak o zanieczyszczeniu fekaliami i wzbudza podejrzenie, co do obecności bakterii chorobotwórczych. Ilość pałeczek okrężnicy wyraża się jako miano coli, które oznacza najmniejszą objętość wody (w cm³), w której

wykryto 1 bakterię okrężnicy. Miano coli 10 oznacza, że w 10 cm³ nie powinna znajdować się więcej niż jedna pałeczka okrężnicy [2].

Tabela 1

Wartości graniczne wskaźników jakości wody w klasach jakości wód powierzchniowych [3]

Lp.	Wskaźnik jakości wody	Jednostka	Wartości graniczne w klasach I – V				
			I	II	III	IV	V
Wskaźniki fizyczne							
1.	Temperatura wody	°C	22	24	26	28	>28
2.	Zapach	krotność	1	3	10	20	>20
3.	Barwa	mg Pt/l	5	10	20	50	>50
4.	Zawiesiny ogólne	mg/l	15	25	50	100	>100
5.	Odczyn	pH	6,5-8,5	6,0- 8,5	6,0 – 9,0	5,5-9,0	<5,5lub >9,0
Wskaźniki tlenowe							
6.	Tlen rozpuszczony	mg O ₂ /l	7	6	5	4	<4
7.	BZT ₅	mg O ₂ /l	2	3	6	12	>12
8.	ChZT-Mn	mg O ₂ /l	3	6	12	24	>24
9.	ChZT-Cr	mg O ₂ /l	10	20	30	60	>60
10.	Ogólny węgiel organiczny	mg C/l	5	10	15	20	>20
Wskaźniki biogenne							
11.	Amoniak	mg NH ₄ /l	0,5	1	2	4	>4
12.	Azot Kjeldahla	mg N/l	0,5	1	2	4	>4
13.	Azotany	mg NO ₃ /l	5	15	25	50	>50
14.	Azotyny	mg NO ₂ /l	0,03	0,1	0,5	1,0	>1,0
15.	Azot ogólny	mg N/l	2,5	5	10	20	>20
16.	Fosforany	mg PO ₄ /l	0,2	0,4	0,7	1,0	>1,0
17.	Fosfor ogólny	mg P/l	0,2	0,4	0,7	1,0	>1,0
Wskaźniki zasolenia							
18.	Przewodność w 20 °C	μS/cm	500	1000	1500	2000	>2000
19.	Substancje rozpuszczone	mg/l	300	500	800	1200	>1200
20.	Zasadowość ogólna	mgCaCO ₃ /l	>200	100	20	10	<10
21.	Siarczany	mg SO ₄ /l	100	150	250	300	>300
22.	Chlorki	mg Cl/l	100	200	300	400	>400
23.	Wapń	mg Ca/l	50	100	200	400	>400

BADANIA I ROZWÓJ

24.	Magnez	mg Mg/l	25	50	100	200	>200
25.	Fluorki	mg F/l	0,5	1,0	1,5	1,7	>1,7

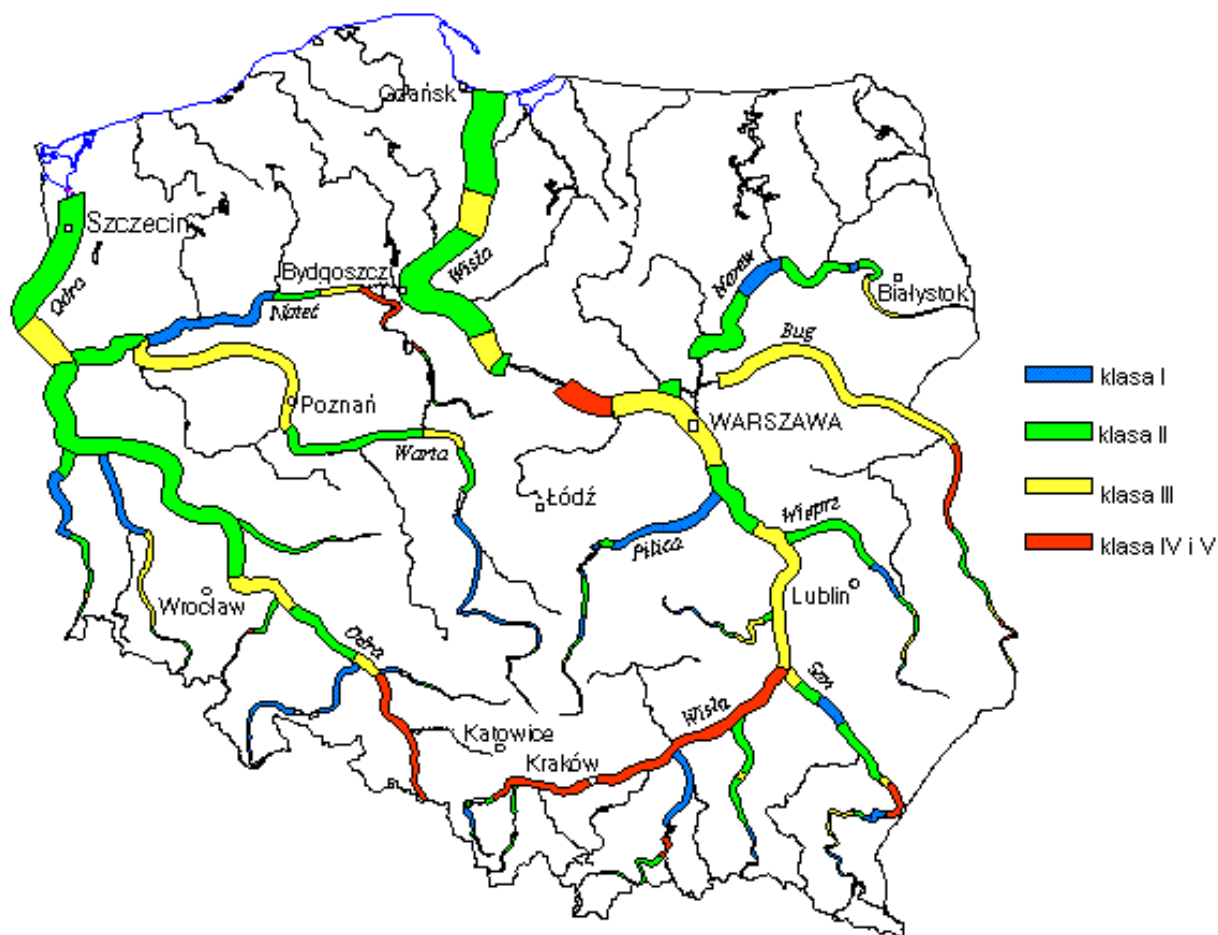
Lp.	Wskaźnik jakości wody	Jednostka	Wartości graniczne w klasach I – V				
			I	II	III	IV	V
Metale, w tym metale ciężkie							
26.	Arsen	mg As/l	0,01	0,01	0,05	0,100	>0,100
27.	Bar	mg Ba/l	0,1	0,1	0,5	1,0	>1,0
28.	Bor	mg B/l	0,5	1,0	2,0	4,0	>4,0
29.	Chrom ogólny	mg Cr/l	0,05	0,05	0,05	0,10	>0,10
30.	Chrom (VI)	mg Cr/l	0,02	0,02	0,02	0,04	>0,04
31.	Cynk	mg Zn/l	0,3	0,5	1	2	>2
32.	Glin	mg Al/l	0,1	0,2	0,4	0,8	>0,8
33.	Mangan	mg Mn/l	0,05	0,1	0,5	1,0	>1,0
34.	Miedź	mg Cu/l	0,02	0,04	0,06	0,100	>0,100
35.	Nikiel	mg Ni/l	0,01	0,02	0,05	0,2	>0,2
36.	Ołów	mg Pb/l	0,01	0,01	0,02	0,05	>0,05
37.	Selen	mg Se/l	0,01	0,01	0,02	0,04	>0,04
38.	Żelazo	mg Fe/l	0,1	0,3	1,0	2,0	>2,0
Wskaźniki zanieczyszczeń przemysłowych							
39.	Cyjanki	mg CN/l	0,02	0,02	0,05	0,05	>0,05
40.	Fenole (indeks fenolowy)	mg/l	0,001	0,005	0,01	0,05	>0,05
41.	Pestycydy ¹⁾	µg/l	0,1	1,0	2,5	5,0	>5
42.	Substancje powierzchniowo czynne anionowe	mg/l	0,1	0,2	0,5	1,0	>1,0
43.	Oleje mineralne (indeks oleju mineralnego)	mg/l	0,01	0,05	0,20	0,5	>0,5
Wskaźniki biologiczne							
44.	Saprobowość fitoplanktonu	Indeks saprobowości	1,0	1,5	2,5	3,5	>3,5
45.	Saprobowość peryfitonu	Indeks saprobowości	1,0	1,5	2,5	3,5	>3,5
46.	Makrobezkręgowce bentosowe, indeksy	Indeks bioróżnorodności	5,5	4,0	2,5	1,0	<1,0
47.	Chlorofil "a"	µg/l	10	25	50	100	>100

Wskaźniki mikrobiologiczne							
48.	Liczba bakterii grupy coli typu kałowego	w 100 ml	20	200	2000	20000	>20000
49.	Liczba bakterii grupy coli	w 100 ml	50	500	5000	50000	>50000

1) – Pestycydy obejmują sumę: lindanu, dieldryny

3. Stan jakości wód rzecznych w województwie małopolskim i mazowieckim

Największe zanieczyszczenie wód powierzchniowych w Polsce występuje w województwie małopolskim. Z tego powodu analizowano stan czystości rzek w tym rejonie. Ponadto jako materiał porównawczy stosowano wody z województwa mazowieckiego ze względu na możliwość wykonywania badań w dniu pobrania prób.



Ryc. 1 Mapa czystości rzek Polski w roku 2003

3.1 Wody płynące

W 2005 roku stan jakości wód powierzchniowych (rzek) w województwie małopolskim [4] według 5 klas w 46 punktach monitoringu diagnostycznego przedstawiał się następująco:

- nie wystąpiły wody bardzo dobrej jakości klasy I,
- nie wystąpiły wody dobrej jakości klasy II,
- wody zadowalającej jakości klasy III wystąpiły w 29 punktach pomiarowych,
- wody niezadowalającej jakości klasy IV wystąpiły w 11 punktach kontrolnych na rzekach,
- wody złej jakości klasy V stwierdzono w 6 punktach pomiarowo-kontrolnych na rzekach.

Stan jakości wód województwa mazowieckiego w 2005 roku uwzględniający wskaźniki fizyczne, chemiczne i biologiczne przedstawia się następująco:

- brak wód bardzo dobrej (I klasa) i dobrej jakości (II klasa),
- wody zadowalającej jakości (klasa III) wystąpiły w 22 badanych przekrojach pomiarowych,
- wody niezadowalającej jakości (IV klasa) stwierdzono w 96 punktach,
- wody złej jakości (V klasa) wystąpiły w 26 punktach [5].

3.2. Wody jezior i zbiorników zaporowych w województwie małopolskim i mazowieckim

Z oceny wykonanej w województwie małopolskim dla 6 zbiorników zaporowych w 12 punktach pomiarowych nie stwierdzono wód o bardzo dobrej jakości, jak również wód o niezadowalającej i złej jakości. Wystąpiły wody dobrej jakości klasy II (w 9 punktach pomiarowych) i zadowalającej jakości klasy III (w 3 punktach pomiarowych) [4].

W 2005 roku wykonano badania sześciu jezior w województwie mazowieckim. Stwierdzono brak wód bardzo dobrej jakości (I klasa). W większości występują wody o II (dobrej jakości) lub III (zadowalającej jakości) klasie czystości. Wody niezadowalającej jakości (IV klasa) lub wody złej jakości (V klasa) wystąpiły w 6 punktach pomiarowych [5].

4. Podsumowanie

Wody powierzchniowe w większości zbiorników w województwach małopolskim i mazowieckim są silnie zanieczyszczone. Występują w nich praktycznie wszystkie rodzaje domieszek. Jest duże prawdopodobieństwo, że woda ze zbiorników powierzchniowych,

zastosowana w działaniach gaśniczych będzie miała IV lub V klasę czystości. Z tego powodu bardzo istotna jest informacja, czy wody takie są przydatne w wytwarzaniu pian gaśniczych oraz czy można ustalić graniczny poziom zanieczyszczeń dla zachowania minimalnych parametrów uzyskanej piany. Szczególną uwagę należy zwrócić na możliwość stosowania środka z wodą wodociągową lub morską.

5. Literatura

1. S.Wilczkowski, „Piany gaśnicze, środki pianotwórcze i zwilżacze”, Szkoła Aspirantów Państwowej straży Pożarnej, Kraków 2003.
2. J.Rakowska, B.Porycka, W.Trzaskowski, Z.Borkowski, T.Wilczyński „Wpływ zanieczyszczeń wody na trwałość pian gaśniczych” – sprawozdanie z badań BC CNBOP, Józefów 2007.
3. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. Nr 32, poz. 284).
4. Raport „Monitoring wód województwa małopolskiego w roku 2005” Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie.
5. Raport „Monitoring wód województwa mazowieckiego w roku 2005” Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie.