

ZMIANY JAKOŚCI WODY W SYSTEMIE WODOCIĄGOWYM

Dr inż. Jacek Wąsowski

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

Politechnika Warszawska

Podstawowe zadanie przedsiębiorstwa wodociągowego to dostarczenie odbiorcom wody:

- *w odpowiedniej ilości,*
- *pod odpowiednim ciśnieniem,*
- *o odpowiedniej jakości,*
- *z odpowiednim prawdopodobieństwem.*

Jakość wody dostarczanej odbiorcom zależy od funkcjonowania i kondycji poszczególnych elementów systemu wodociągowego, tj. od:

1. rodzaju *źródła wody* (wraz z *ujęciem*) i jakości wody w źródle,
2. sposobu i efektywności oczyszczania wody w *stacji uzdatniania*,
3. materiału i stopnia zużycia hydraulicznego przewodów *sieci wodociągowej* oraz sposobu jej eksploatacji,
4. materiału i stopnia zużycia hydraulicznego przewodów *instalacji wodociągowej* oraz jej eksploatacji.

1. Źródła wody i jakość wody

System zaopatrzenie w wodę bazuje na dwóch głównych źródłach, tj. na:

- wodach podziemnych (ujmowanych z różnych warstw geologicznych),
- wodach powierzchniowych (ujmowanych z cieków wód płynących i stojących).

Głównymi domieszkami kształtującym jakość wód podziemnych są:

- gazy (CO_2 , H_2S),
- związki $\text{Fe}(\text{II})$ i $\text{Mn}(\text{II})$.

Substancje te nadają wodom podziemnym cechy korozyjne (CO_2) oraz wpływają na pogorszenie cech organoleptycznych wody (H_2S – uciążliwy zapach, $\text{Fe}(\text{II})$ i $\text{Mn}(\text{II})$ – metaliczny smak, wysoką barwę i mętność wody).

Jakość wód powierzchniowych kształtują różnego rodzaju substancje mineralne i organiczne, pochodzenia zarówno autochtonicznego, jak i antropogenicznego, występujące w wodach w postaci zawiesin, koloidów oraz rozpuszczone. Wpływają na złe cechy organoleptyczne wód oraz często nadają im właściwości niebezpieczne dla zdrowia (np. mikrozanieczyszczenia, mikroorganizmy chorobotwórcze).

2. Stacje uzdatniania wody

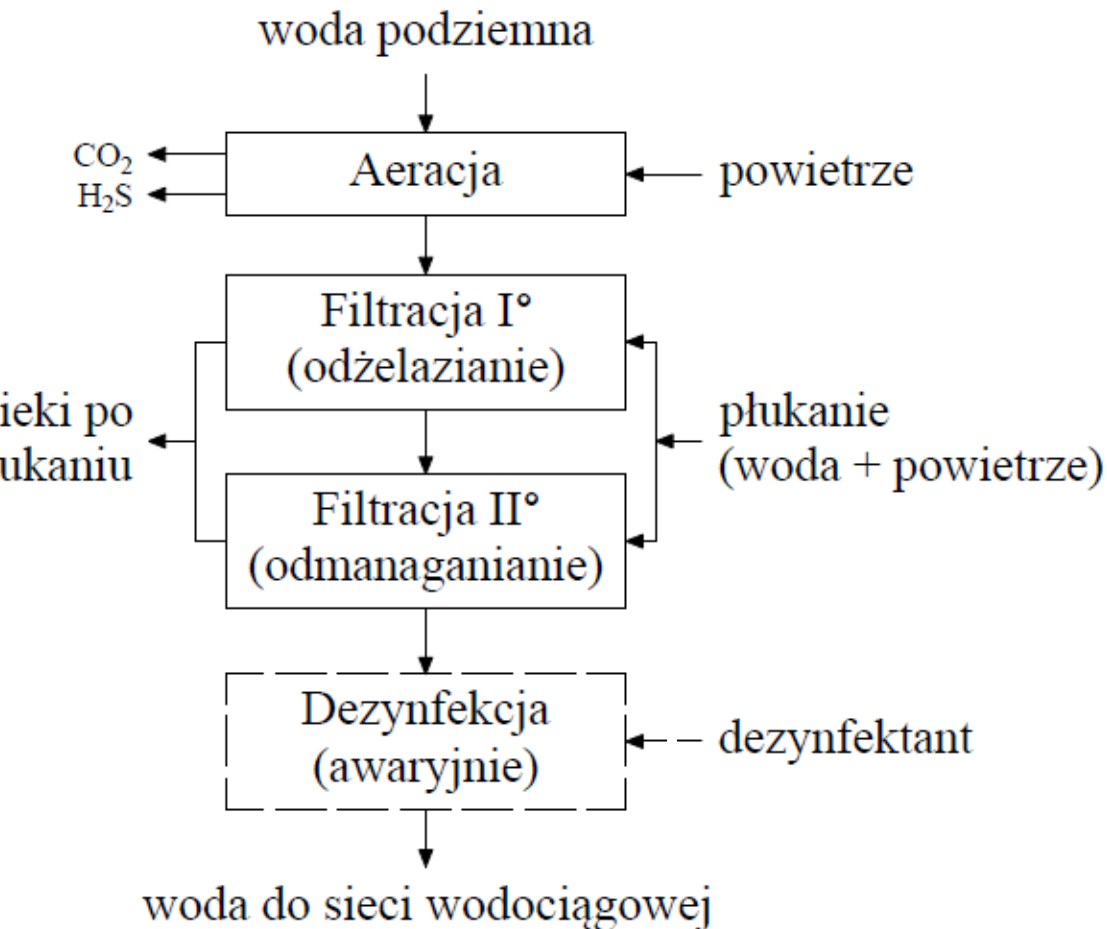
Ujmowane wody w stanie naturalnym generalnie nie nadają się do celów wodociągowych. Wymagają oczyszczenia w SUW w zakresie wynikającym z odstępstw pomiędzy ich składem i właściwościami, a wymaganiami stawianymi przez odbiorców. W przypadku wody używanej do celów komunalnych, *wody dostarczane odbiorcom muszą:*

- *spełniać wymagania sprecyzowane w Rozp. Min. Zdr. z dn. 07.12.2017 r. dotyczącym jakości wód przeznaczonych do spożycia (Dz.U. poz. 2294)*

oraz

- *powinny być stabilne chemicznie (zapewnienie równowagi węglanowo-wapniowej),*
- *powinny być stabilne biologicznie (usunięcie mikroorganizmów i substancji pokarmowych).*

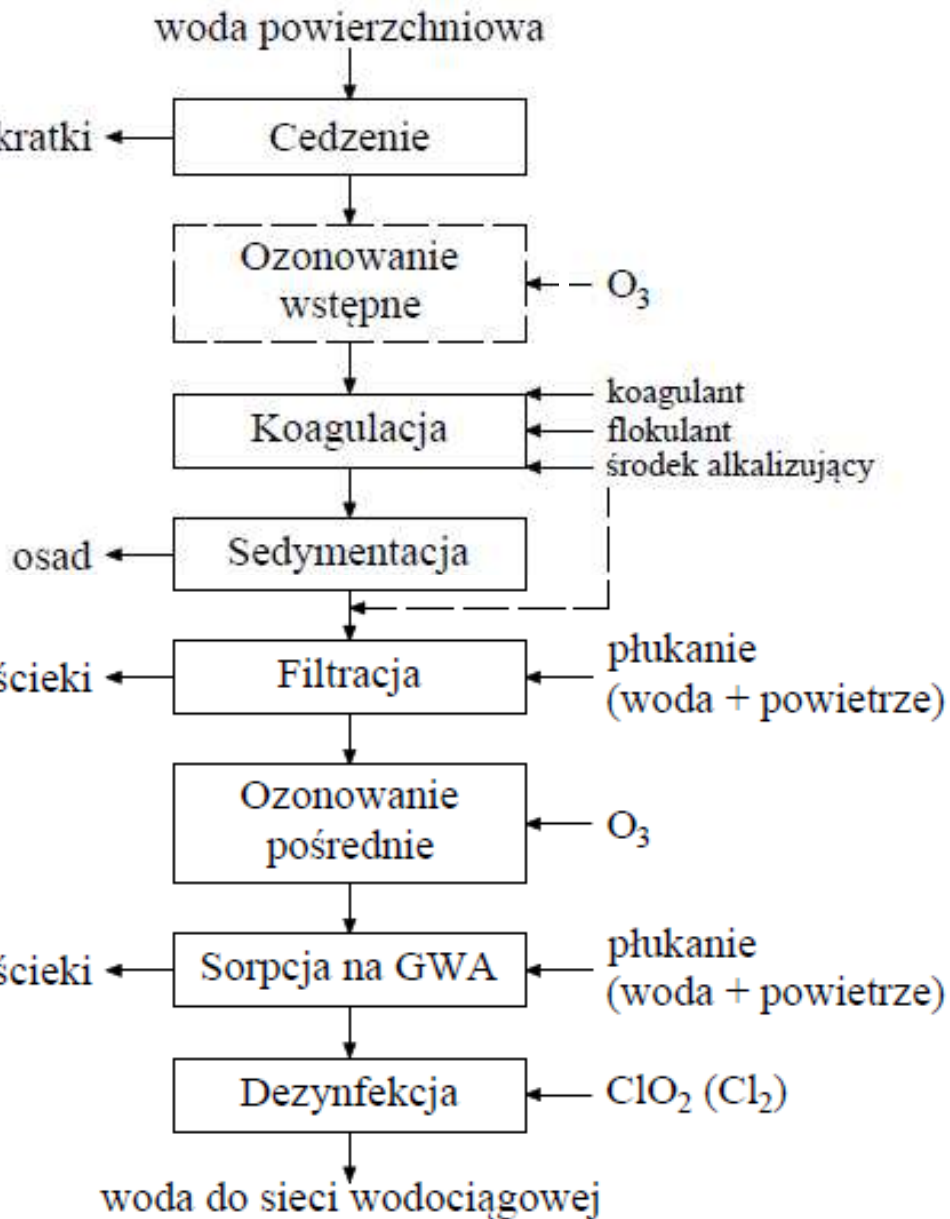
1. Typowy schemat technologiczny uzdatniania wód podziemnych



Skutki nieefektywnego uzdatniania wody podziemnej, to:

- *korozja elektrochemiczna przewodów wodociągowych* (obecność CO_2)
- perforacja przewodów (awarie i straty wody),
- wtórne zanieczyszczenie wody produktami korozji (złe cechy organoleptyczne)
- *rozwój bakterii/biofilmu* (obecność Fe(II) i Mn(II))
- korozja mikrobiologiczna (perforacja przewodów)
- wtórne zanieczyszczenie wody (złe cechy organoleptyczne, bakterie).

2. Typowy schemat technologiczny uzdatniania wód powierzchniowych



Skutki nieefektywnego uzdatniania wody powierzchniowej, przede wszystkim:

- *złe cechy organoleptyczne wody,*
- *niebezpieczeństwo obecności w wodzie substancji szkodliwych i groźnych dla zdrowia,*
- *duże zapotrzebowanie na dezynfektant (wyższe koszty dezynfekcji, niebezpieczeństwo powstawania szkodliwych produktów ubocznych UPD),*
- *korozja przewodów wodociągowych przy braku stabilności chemicznej wody (awarie, straty wody, wtórne zanieczyszczenie wody produktami korozji),*
- *rozwój mikroorganizmów/biofilmu w przewodach przy braku stabilności biologicznej (korozja mikrob. i wtórne zanieczyszczenie wody produktami korozji, szybki zarobek dezynfektanta w sieci i obecność mikroorganizmów w wodzie, pogorszenie cech organoleptycznych).*

3 i 4. Sieć i instalacje wodociągowe (dystrybucja wody)

System rozprowadzania wody w znaczący sposób decyduje o jakości wody dostarczanej odbiorcom. Istnieje bowiem wzajemna *interakcja pomiędzy „wodą i przewodem wodociągowym”*, którym ta woda jest transportowana. W celu rozpoznania i zwymiarowania tego problemu przeprowadzono badania na systemie dystrybucji wody jednej z dużych aglomeracji miejskich. Badaniom i ocenie poddano:

- *próbki wody z charakterystycznych punktów systemu dystrybucji wody,*
- *stopień korozyjności wody,*
- *stan techniczny wycinków przewodów wodociągowych,*
- *osady odłożone w przewodach wodociągowych.*

b. 1. Średnie wartości wskaźników fizyko-chemicznych wody pobieranej w charakterystycznych punktach systemu dystrybucji wodociągowej

Wskaźnik, jednostka	Godzina	SUW (wyjście)	Hydrofornia osiedlowa	Instalacja ze stali ocynkowanej (użytk. 12 lat)	Instalacja z PP (użytk. 3 lata)
Ciężkość, g/m ³	6	1	2	6	2
	17	-	2	5	2
Ciężkość, gPt/m ³	6	4	14	26	15
	17	-	10	12	10
Ciężkość, -	6	zS (Cl ₂)	bez zapachu	bez zapachu	bez zapachu
	17	-			
Ciężkość, -	6	7,34	7,50	7,45	7,50
	17	-	7,58	7,35	7,56
Ciężkość ogólna, gFe/m ³	6	0,05	0,17	0,56	0,17
	17	-	0,07	0,26	0,05
Ciężkość, gMn/m ³	6	nw	nw	nw	nw
	17	-	nw	nw	nw
Ciężkość, gZn/m ³	6	nw	0,022	3,044	0,018
	17	-	0,018	1,232	0,016
Ciężkość, gO ₂ /m ³	6	4,9	4,8	3,0	-
	17	-	5,3	3,2	-
Ciężkość, gCO ₂ /m ³	6	16,1	14,3	15,1	-
	17	-	13,8	15,7	-
Ciężkość wolny, gCl ₂ /m ³	6	0,52	0,10	nw	0,032
	17	-	0,04	0,014	0,035
Ciężkość, gO ₂ /m ³	6	1,77	2,10	2,43	2,14
	17	-	2,26	2,89	2,18
Ciężkość pozostałość, g/m ³	6	348	357	524	383
	17	-	329	429	367
Ciężkość nasycenia I _L	6	-0,4	-0,3	-0,3	-
	17	-	-0,3	-0,4	-
Ciężkość S ₁	6	1,1	1,2	1,1	-
	17	-	1,2	1,2	-

$$S_1 = \frac{[Cl^-] + [NO_3^-] + 2[SO_4^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

Tab. 2. Średnie wartości wskaźników biologicznych wody pobieranej w charakterystycznych punktach systemu dystrybucji wody.

Miejsce poboru	Liczba komórek	Wartość wskaźnika	
		godz. 6	godz. 17
UW (wyjście)	bakterie psychrofilne (w 1 cm ³)	0	0
	bakterie heterotroficzne żelazowe (w 100 cm ³)	<3	<3
	bakterie redukujące siarczany (w 100 cm ³)	0	0
hydrofornia osiedlowa	bakterie psychrofilne (w 1 cm ³)	5	8
	bakterie heterotroficzne żelazowe (w 100 cm ³)	30	40
	bakterie redukujące siarczany (w 100 cm ³)	0	0
instalacja ze stali ocynkowanej użytkowana 12 lat)	bakterie psychrofilne (w 1 cm ³)	138	301
	bakterie heterotroficzne żelazowe (w 100 cm ³)	1107	188
	bakterie redukujące siarczany (w 100 cm ³)	0	0
instalacja z PP użytkowana 3 lata)	bakterie psychrofilne (w 1 cm ³)	6	5
	bakterie mezofilne (w 1 cm ³)	0	0
	bakterie z rodz. <i>Enterobacteriaceae</i> (w 1 cm ³)	0	0
	grzyby mikroskopowe (w 1 cm ³)	0	0

Tab. 3. Wyniki badań makroskopowych wycinków rur z instalacji zimnej wody.

Rodzaj instalacji (czas eksploatacji)	Miejsce poboru próbki, średnica	Wygląd powierzchni wewnętrznej rur		Maksymalna szybkość korozji
		z osadem	po usunięciu osadu	
Stal ocynkowana (12 lat)	poziom zasilania, $d_n = 50$ mm	powierzchnia pokryta osadem o barwie od jasno- do ciemnorudej, w dolnych warstwach ciemnobrązowej; widoczne bardzo duże nawarstwienia zmniejszające przekrój rury o ponad 50%	cała powierzchnia pokryta rozległymi wytrawieniami korozyjnymi z punktowymi głębokimi wżerami, powłoka cynkowa została całkowicie zniszczona; grubość ścianek zmniejszyła się z 3,45 do 2,40±1,27 mm; przy szwie rury widoczna jest perforacja, która na zewnątrz była zabezpieczona nakładką; w tym miejscu nastąpiła bardzo silna korozja powierzchni zewnętrznej	0,20 mm/a
PP-3 (3 lata)	gałązka, $d_n = 16$ mm	brak osadów	brak jakichkolwiek zmian, powierzchnia bardzo gładka	0

Tab. 4. Charakterystyka osadów wewnątrzrurowych.

Parametr, jednostka	Rodzaj instalacji (czas użytkowania)	
	Stal ocynkowana (12 lat)	Polipropylen PP-3 (3 lata)
sucha masa osadu, g/cm ²	0,87	brak osadów i obrostów
wielkość żelaza, % sm	73,9	
wapń, % sm	7,9	
magnez, % sm	0,3	
cynek, % sm	5,9	
części nierozpuszczalne w HCl, % sm	12,0	
liczba bakterii psychrofilnych (z 1 cm ²) w 1 cm ³	445	
liczba bakterii heterotroficznych żelazowych (z 1 cm ²) w 100 cm ³	150	
liczba bakterii redukujących siarczany (z 1 cm ²) w 100 cm ³	0	

Wnioski

Ograniczenie lub wyeliminowanie niekorzystnych zmian jakości wody w systemach wodociągowych oraz awarii przewodów jest możliwe w rezultacie podjęcia i realizacji następujących działań:

- 1. zminimalizowania dopływu zanieczyszczeń do źródeł wód podziemnych i powierzchniowych, z których ujmowana jest woda,*
- 2. efektywnego oczyszczania tych wód w stacjach uzdatniania, uwzględniającego stabilizację chemiczną i biologiczną wody,*
- 3. zapewnienia w całym systemie dystrybucji obecności w wodzie środka dezynfekcyjnego (uzupełnianie dezynfektanta w sieci wodociągowej),*
- 4. używania w systemie dystrybucji wody przewodów wykonanych z materiałów odpornych na korozję (tworzyw sztucznych, żeliwa sferoidalnego),*
- 5. pokrywania przewodów wodociągowych warstwami ochronnymi (cementem, tworzywami sztucznymi),*
- 6. regularnego płukania i czyszczenia sieci wodociągowych.*

Podjęcie takich działań jest konieczne, zwłaszcza w sytuacji minimalizowania kosztów eksploatacji systemu dystrybucji wody oraz obowiązku dostarczania odbiorcom wody o jakości zgodnej z obowiązującymi standardami.