



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

TECHNOLOGIA ZAKŁADU UZDATNIANIA WODY (ZUW) „CZYŻKÓWKO” – NIEZAWODNOŚĆ, BEZPIECZEŃSTWO, EFEKTY

**Agnieszka Cendrowska-Kociuga, MWiK w Bydgoszczy, Sp. z o.o.
Joanna Jeż-Walkowiak, M.M. Sozański, IIŚ Politechnika Poznańska**

Bydgoszcz, 19+20 kwietnia 2018 r.

Cel i przedmiot prezentacji

Technologia i urządzenia ZUW „Czyżkówko” – sekwencja zmian

POWSTANIE, STAN PRZED MODERNIZACJĄ
BADANIA PRZEDPROJEKTOWE, KONCEPCJA ROZBUDOWY I MODERNIZACJI
SYSTEM WSPÓŁCZESNY, STAN PO MODERNIZACJI

**Ocena struktury i właściwości systemu technologii ZUW
„Czyżkówko” w świetle kryteriów bezpieczeństwa wody**

Efekty uzdatniania wody i ich stabilność w sieci wodociągowej

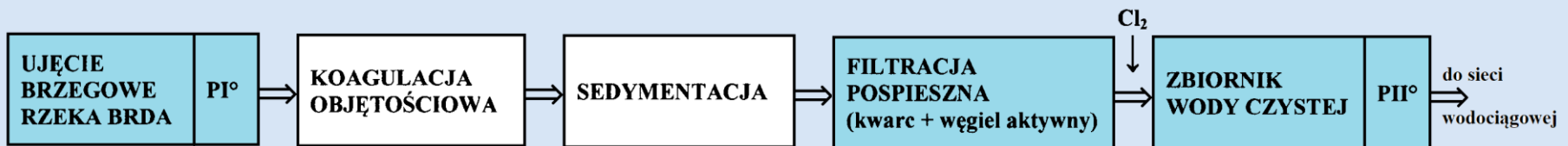
Podsumowanie

CEL PREZENTACJI:

OCENA NIEZAWODNOŚCI I SKUTECZNOŚCI WSPÓŁCZEŚNIE ZMODERNIZOWANEJ TECHNOLOGII ZUW „CZYŻKÓWKO” W ŚWIETLE EUROPEJSKICH I WHO-WSKICH STANDARDÓW JAKOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA WODY.

PRZEDMIOT PREZENTACJI:

ZUW „Czyżkówko” schemat procesowy – stan wyjściowy (1961 r.)





ZUW „Czyżkówko” z lotu ptaka – stan wyjściowy

WCZEŚNIEJSZE MODERNIZACJE ZUW „CZYŻKÓWKO” → UKIERUNKOWANIE NA WZROST WYDAJNOŚCI

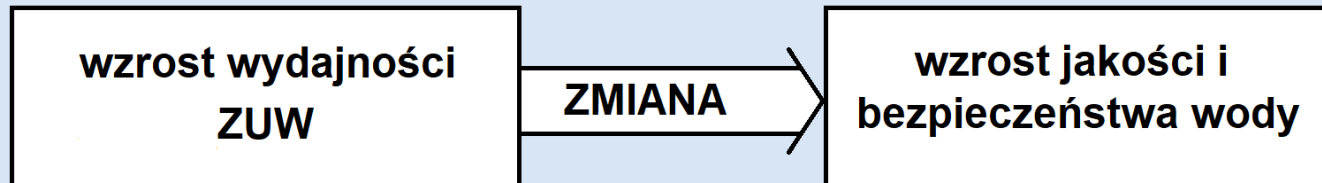
- Rok 1971 → zwiększenie wydajności z 50 tys. m³/d do 100 tys. m³/d,
- Od 1978 roku → zwiększenie wydajności do 200 tys. m³/d,
- Okres niskich wymagań stawianych wodzie do spożycia (lata 1977 ÷ 2000);
np.: mętność ≤ 5,0 NTU,
żelazo ≤ 0,5 mg Fe/L
- 5 NTU → 5 g/m³ → 1000 m³ wody w ciągu 1 roku ~ 1,8 tony osadu
wprowadzana do sieci wodociągowej

IDEA ROZWOJU ZRÓWNOWAŻONEGO, OCHRONA ŚRODOWISKA

- STRATEGIA ROZWOJU GOSPODARKI ŚWIATOWEJ



- ZMIANA KIERUNKU MODERNIZACJI ZUW W POLSCE



- PRZYJĘCIE ZALECEŃ WHO, DYREKTYWEY UE98/83/EC ORAZ ICH IMPLEMENTACJA W POLSKICH REGULACJACH PRAWNYCH
- WEJSCIE POLSKI DO UNII EUROPEJSKIEJ (2004 R.)

PLANOWANIE ROZBUDOWY I MODERNIZACJI

RZĘKA BRDA

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
Temperatura	°C	1 ÷ 26
Mętność	NTU	0,8 ÷ 1,2 (7,0*)
Zawiesina	mg/L	4 ÷ 12 (22*)
Barwa	mg Pt/L	10 ÷ 30
Odczyn	pH	7,8 ÷ 8,6
Zasadowość	mval/L	2,8 ÷ 3,3
Twardość og.	mg/L CaCO ₃	160 ÷ 200
OWO	mg C/L	6,0 ÷ 9,0
ChZT (KMnO ₄)	mg O ₂ /L	4,5 ÷ 9,0
Bakterie typu fekalnego	NPL/100 ml	5 ÷ 2400
Liczba mikroorganizmów w 22°C po 72h	jtk/1 ml	100 ÷ 8000
Liczba mikroorganizmów w 36°C po 48h	jtk/1 ml	10 ÷ 2000
Plankton	liczba org./L	(10 ÷ 1700)10 ³

* wartości występujące okresowo

ZUW "CZYŻKÓWKO"

SEKWENCJA DZIAŁAŃ

→ ZAŁOŻENIA → CELE UZDATNIANIA:

usuwanie drobnoustrojów (bakterie, plankton)
usuwanie cząstek (obniżenie mętności, barwy)
usuwanie domieszek chemicznych (Fe, Mn)
obniżenie OWO (ogólny węgiel organiczny)
chemiczna stabilność (np. usunięcie CO_{2agr})
biologiczna stabilność (sieć wodociągowa)
dezynfekcja/ dezaktywacja
wymagania estetyczno-organoleptyczne

→ BADANIA PILOTOWE → ANALIZY STUDIALNE:

1997 – badanie układu O₃ + K(S) + FP + O₃ + FW
1999 – badania układu O₃ + K(F) + Flot. + FP + O₃ + FW
2000/2001 – KONCEPCJA UZDATNIANIA Z INFILTRACJĄ
INF + NAP. + F.P. + O₃ + BAFW + DEZ

→ TECHNOLOGIA STABILNA GWARANTUJĄCA OSIĄGNIĘCIE ZAŁOŻONYCH CELÓW I EFEKTÓW UZDATNIANIA

WODA DO SPOŻYCIA

ROZPORZĄDZENIA MINISTRA ZDROWIA:

04.09.2000 r.

19.11.2002 r.

29.03.2007 r.

20.04.2010 r.

13.11.2015 r.

07.12.2017 r.

DYREKTYWA UE
98/83/EC

PROCESY I URZĄDZENIA ZUW „CZYŻKÓWKO” – STAN PO MODERNIZACJI

SCHEMAT TECHNOLOGICZNY



PARAMETRY PROCESOWE, URZĄDZENIA

INFILTRACJA SZTUCZNA:

13 stawów (14,2 ha)
16 rowów (6,44 ha)
instalacje odbioru
w tym 6 barier studni
(106 studni z pomp.)
(67 studni lewarowych)

NAPOWIETRZANIE:

6 aeratorów kaskadowo-
rururowych;
obciążenie hydrauliczne
aeratora do 150 m³/m²h
ilość powietrza do 1 aerat.
1400 m³/h, aeratory
pracują w przeciwnym kierunku,
wymiar aeratora:
1,55 x 3,1 x 3,515 m³

FILTRACJA POSPIESZNA:

14 komór filtracyjnych
o pow. 45,6 m², złoża
filtracyjne 3-warstwowe:
antracyt 0,3 m
kwarc 0,9 m,
piroluzyt 0,4 m,
H_{zł} = 1,6 m,
prędkość filtracji 8 m/h,
filtry płukane
powietrzem i wodą

OZONOWANIE:

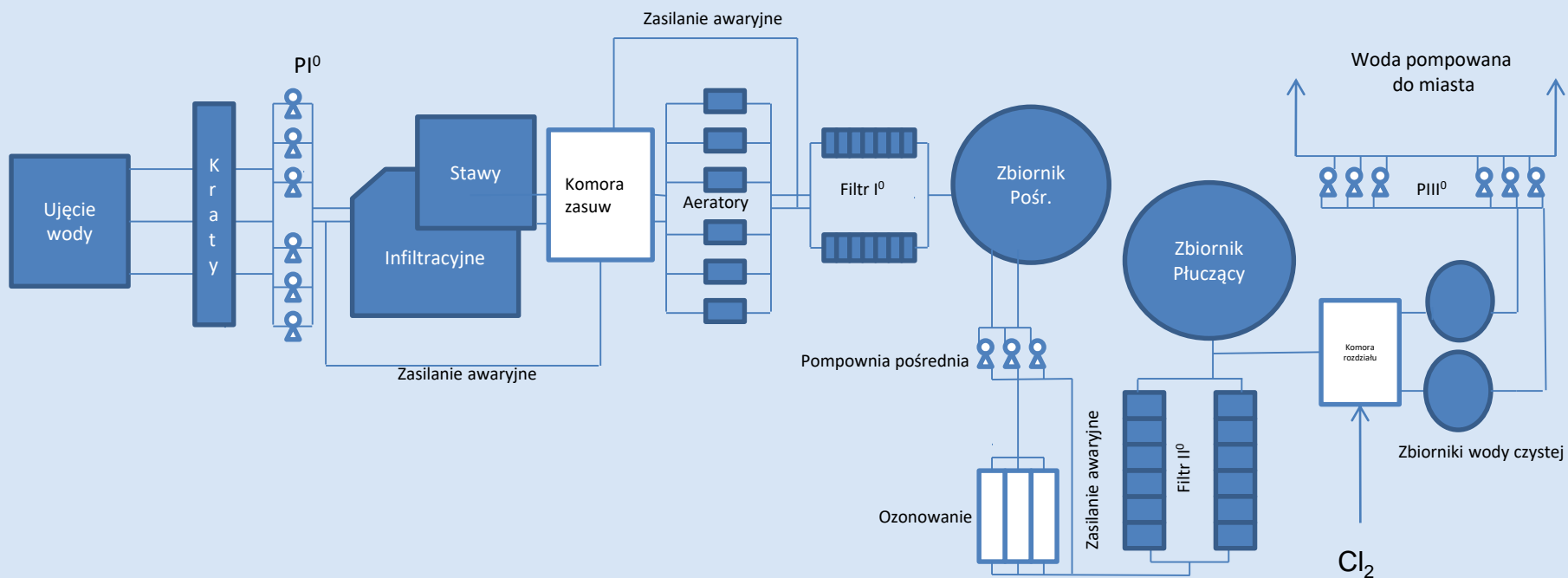
2 generatory ozonu
(1 rezerwa) zasilane
gazem 98% tlen, 2%
azot, dawka O₃ ~ 1g/m
czas kontaktu ~ 10 min
3 komory ozonowania
podzielone na 3 sekcje
wyposażone w 6 dyfu-
zorów rozdzielających
ozon, Ozonowania jest
wyposażona w układ
destrukcji nadmiaru
ozonu

BIOLOGICZNIE AKTYWNE FILTRY WĘGLOWE:

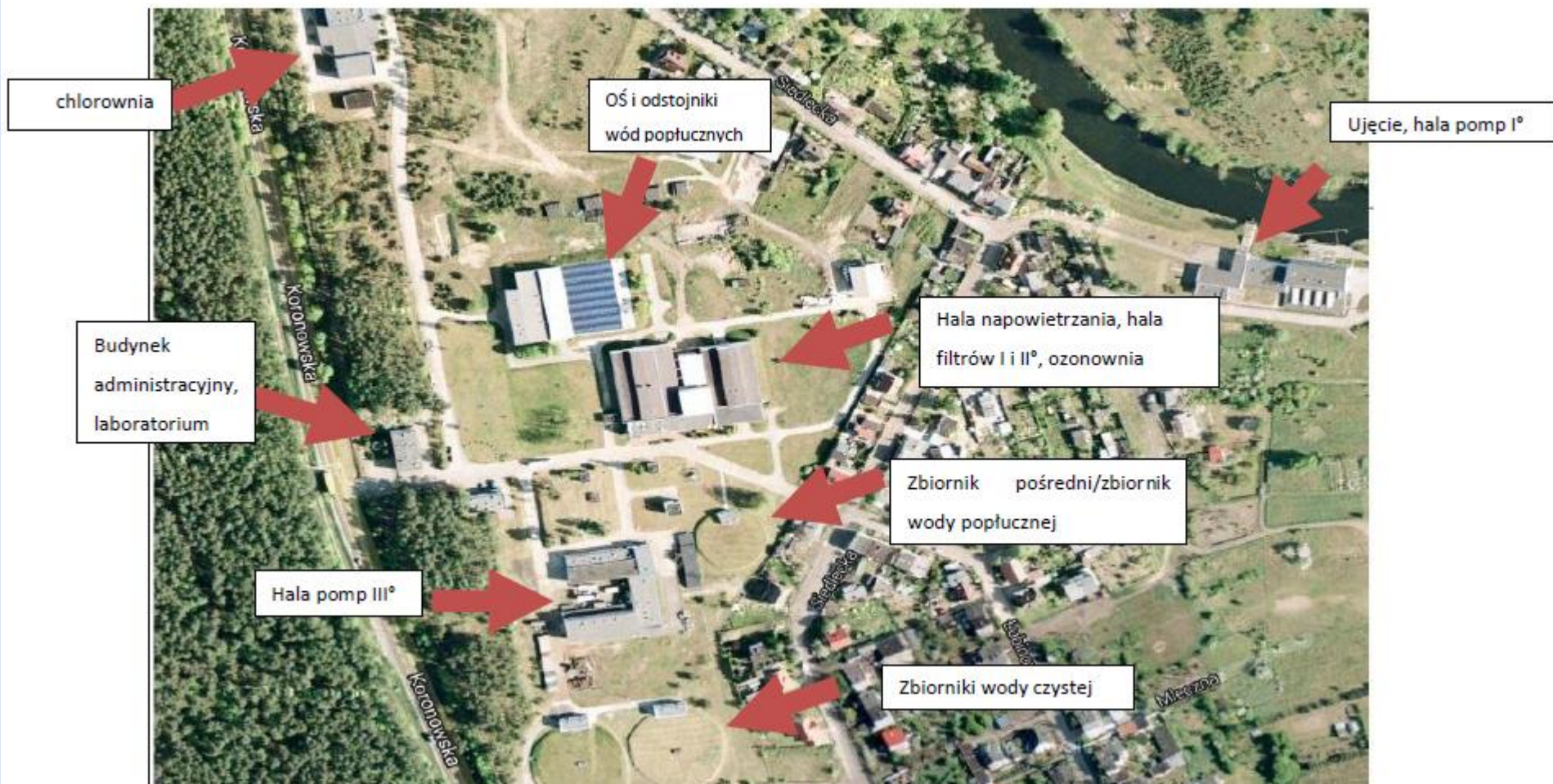
12 komór filtracyjnych
o powierzchni 46 m²
wysokość złoża 1,8 m
prędkość filtracji 8 m/h
czas kontaktu 13,5 min
płukanie powietrzem
i wodą

DEZYNFEKCJA:

chlorem (wodą chlorową)
dawka (0,45÷0,6) mgCl₂/L
stosowane chloratory
próżniowe



SCHEMAT HYDRAULICZNO-TECHNOLOGICZNY STACJI UZDATNIANIA WODY „CZYŻKÓWKO”



ZUW „Czyżkówko” z lotu ptaka – stan obecny



Mapa ujęcia sztucznej infiltracji „Czyżkówko”



Ujęcie sztucznej infiltracji „Czyżkówko” z lotu ptaka

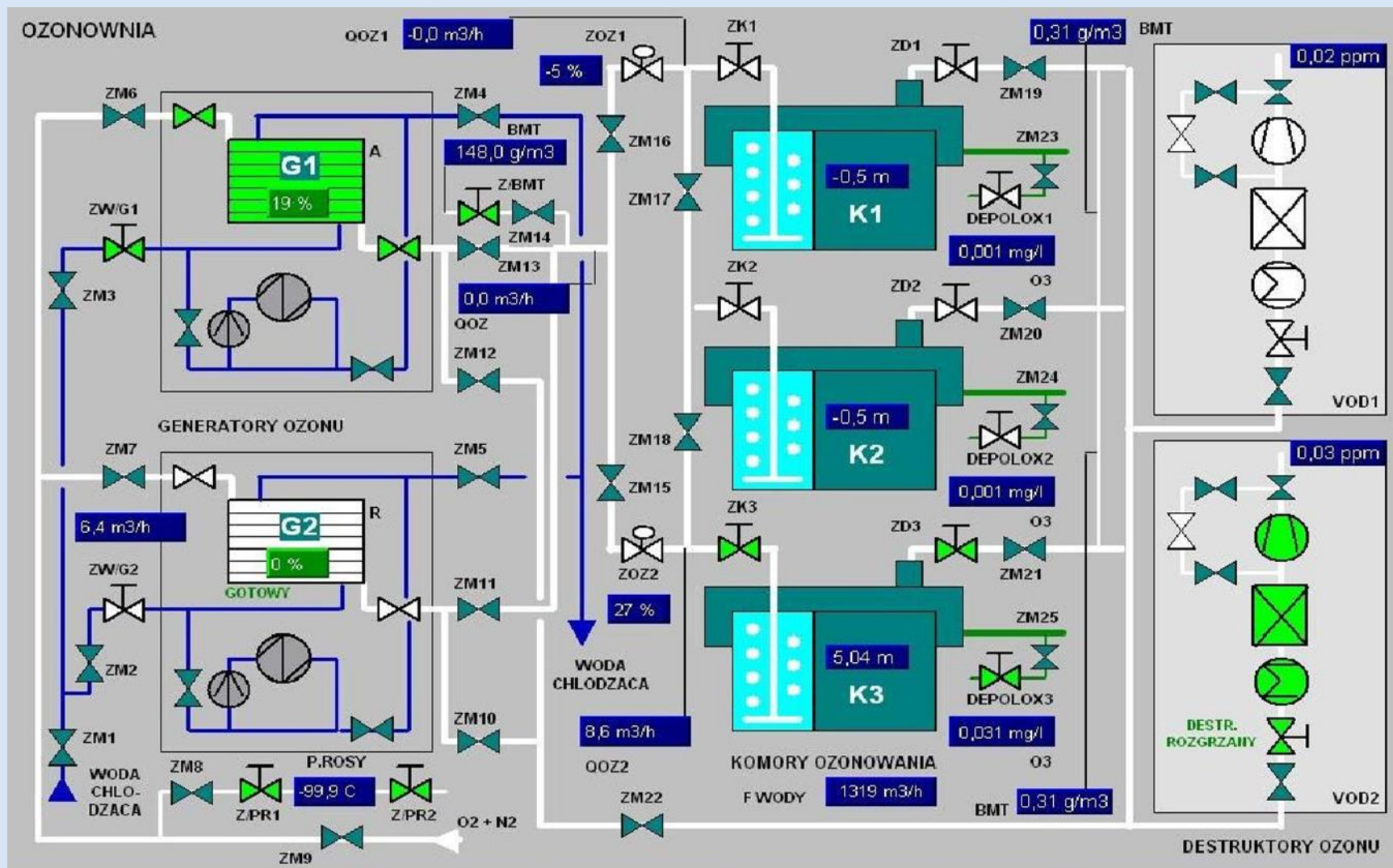
Bydgoszcz, 19÷20 kwietnia 2018 r.



Fragment hali aeratorów kaskadowo-rurowych napowietrzania wody



Hala filtrów pospiesznych – Filtrów I°



Schemat układu ozonowania

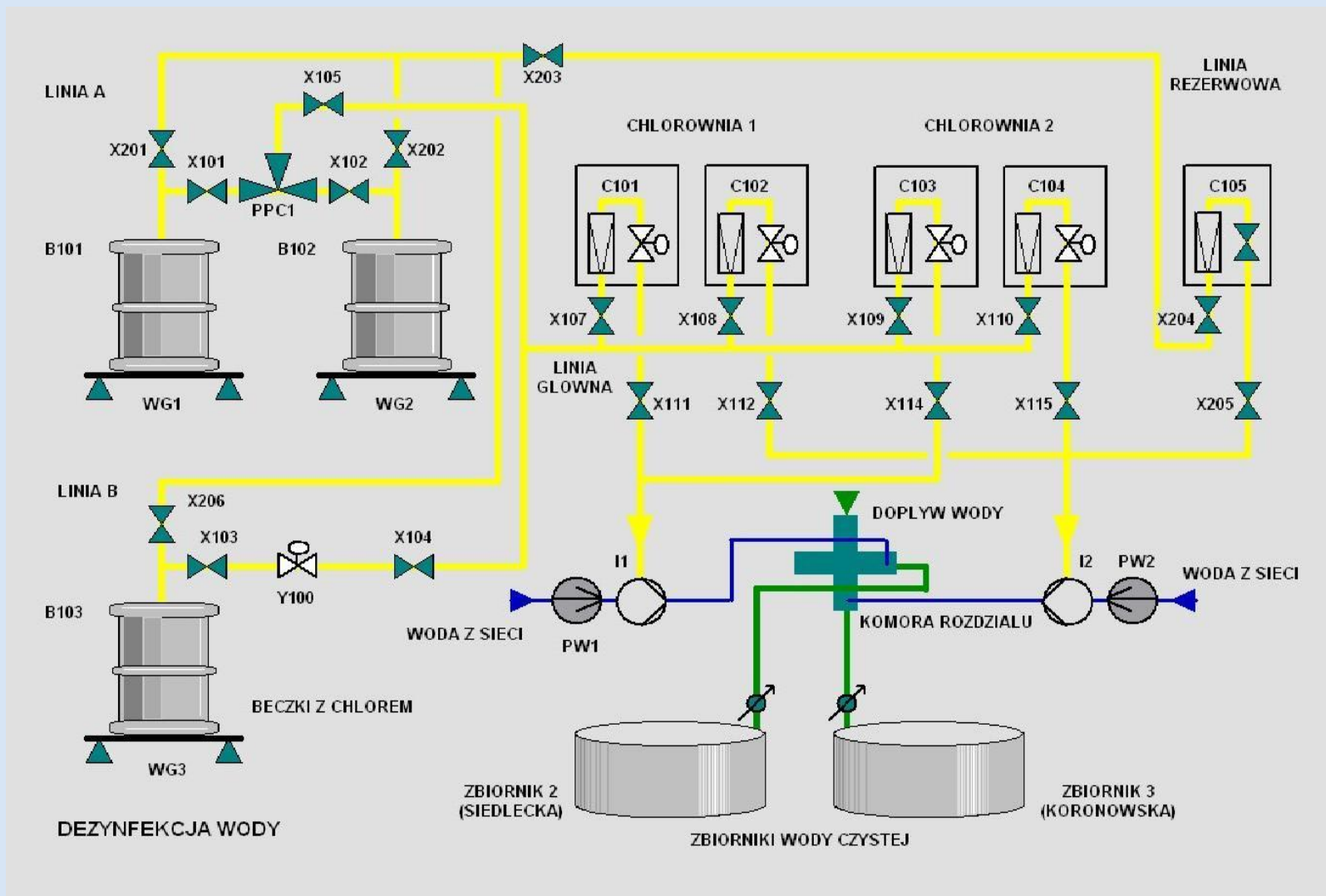


Fragment hali generatorów ozonu

Bydgoszcz, 19+20 kwietnia 2018 r.



Fragment hali filtrów węglowych biologicznie aktywnych – filtry II°



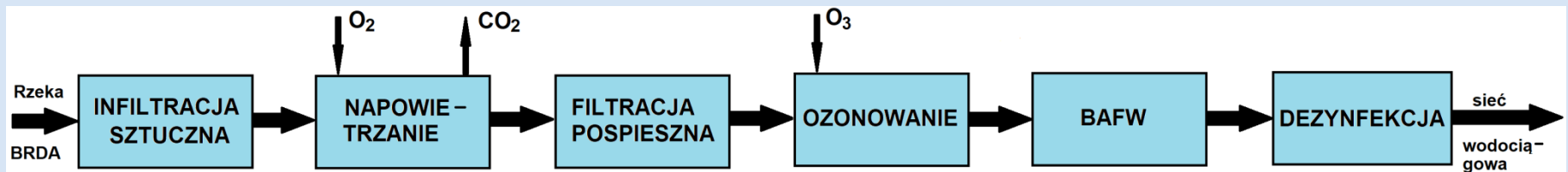
Schemat układu chlorowania wody



Fragment instalacji chlorowania wody (dezynfekcja wody)

OCENA STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI SYSTEMU ZUW „CZYŻKÓWKO” W ŚWIETLE KRYTERIÓW BEZPIECZEŃSTWA WODY

TECHNOLOGIA ZUW „CZYŻKÓWKO” → SYSTEM WIELOSTOPNIOWYCH BARIER
UZDATNIANIA WODY → GWARANCJA BEZPIECZEŃSTWA WODY



SEKWENCJA BARIER, EFEKTY UZDATNIANIA W BARIERACH

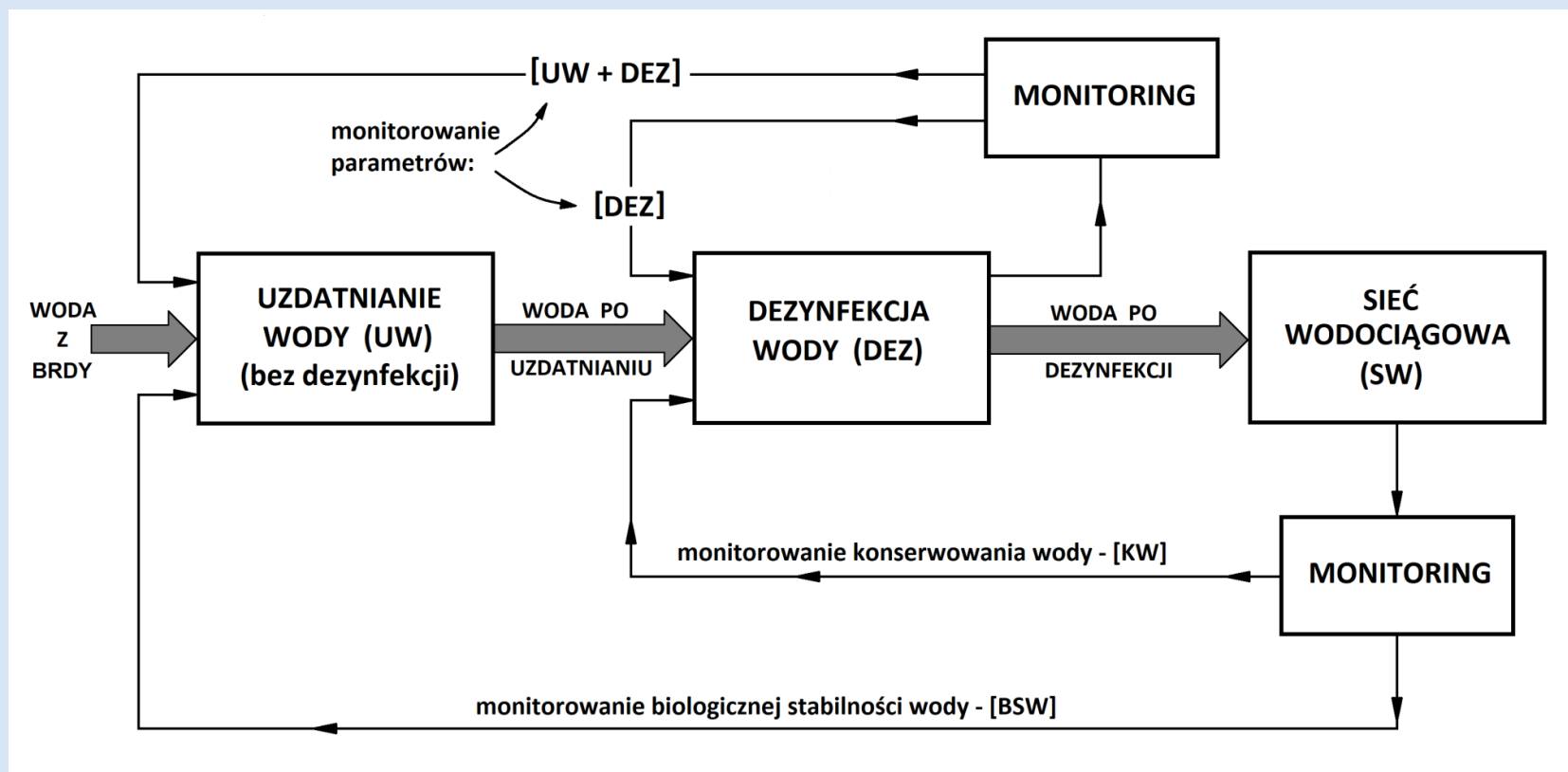
Bariera I	Bariera II	Bariera III	Bariera IV	Bariera V	Bariera VI
<ul style="list-style-type: none"> * usuwanie: plankton, patogeny (bakterie, wirusy) cząstki stałe, biodegradowalne związki organiczne (spadek OWO) * stabilizacja: temperatura, skład chemiczny * potencjalne możliwości: usuwanie wielu mikrozanieczyszczeń, ochrony przed awaryjnym zanieczyszczeniem Brdy 	<ul style="list-style-type: none"> * natlenianie wody (O_2), * odkwaszanie (CO_2, H_2S ...) * potencjalne możliwości desorpcji lotnych związków organicznych 	<ul style="list-style-type: none"> * odżelazianie * odmanganianie wody * nitryfikacja wody 	<ul style="list-style-type: none"> * chemiczne utlenianie * dezynfekcja * transformacja niebiodegradowalnych związków organicznych w biodegradowalne 	<ul style="list-style-type: none"> * biodegradacja związków organicznych (spadek OWO) * biologiczna stabilizacja wody 	<ul style="list-style-type: none"> * dezynfekcja końcowa, * konserwowanie wody w sieci wodociągowej

CECHY SYSTEMU TECHNOLOGICZNEGO ZUW „CZYŻKÓWKO” JAKO SYSTEMU GWARANTUJĄCEGO BEZPIECZEŃSTWO WODY

- **W STRUKTURZE SYSTEMU ZUW „CZYŻKÓWKO” WYSTĘPUJĄ:**
 - * TRZY BARIERY FILTRACYJNE (INF + F.P. + B.A.F.W.)
 - * DWIE BARIERY BIOLOGICZNEJ BIODEGRADACJI (INF + B.A.F.W.)
 - * DWIE BARIERY DEZYNFEKCJI WG. METODY CHEMICZNEGO UTLENIANIA (O_3+Cl_2)
 - * DWIE BARIERY ADSORPCJI (INF + B.A.F.W.)
 - * JEDNA BARIERA ABSORPCJI I DESORPCJI GAZOWEJ (NAP.: $O_2 \downarrow$, $CO_2 \uparrow$, ...)
- **W SUMIE STRUKTURA TECHNOLOGII ZUW „CZYŻKÓWKO” OBEJMUJE 10 BARIER ZINTEGROWANYCH W 6 PROCESACH UZDATNIANIA WODY**
- **TECHNOLOGIA ZUW „CZYŻKÓWKO” KLASYFIKUJE SIĘ DO SYSTEMÓW ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU PREFERUJĄCYCH FIZYCZNE I BIOLOGICZNE PROCESY UZDATNIANIA WODY OGRANICZAJĄCYCH PROCESY CHEMICZNE**

EFEKTY UZDATNIANIA WODY I ICH STABILNOŚĆ W SIECI WODOCIĄWOWEJ

KONCEPCJA OCEN EFEKTÓW I STABILNOŚCI JAKOŚCI WODY WG KRYTERIUM DEZYNFAKЦИИ WODY



ISTOTA KONCEPCJI, MONITORINGU EFEKTÓW UZDATNIANIA OPARTEGO NA DEZYNFEKCI METODĄ CHLOROWANIA

- **STRUKTURA MONITORINGU:** cztery pętle sprzężenia zwrotnego,
- **PĘTLA I** → [DEZ]: ocena efektów procesu dezynfekcji (metoda, dawka),
- **PĘTLA II** → [UW + DEZ]: ocena efektów, możliwość korekty – intensyfikacji procesów uzdatniania wody oraz procesu dezynfekcji,
- **PĘTLA III** → [SW + DEZ]: ocena efektów, możliwość oddziaływania na sieć wodociągową w zakresie KW,
- **PĘTLA IV** → [SW + UW + DEZ]: ocena efektów, możliwość oddziaływania na sieć wodociągową, dążenie do BSW.

KONKLUZJA: MONITORING DEZYNFEKCI „ORGANIZATOREM” oddziaływania na SW przez korekty w [UW] i [DEZ].

OCENA DEZYNFEKCJI – CHLOROWANIA WODY PĘTLA I MONITORINGU [DEZ]

- Dawka chloru w granicach przedziału o 95% ufności

$$D(\text{Cl}_2) = (0,53 \pm 0,03) \text{ gCl}_2/\text{m}^3$$

- Mikroorganizmy w 22°C: (0 ÷ 33) jtk
- Σ THM: (5 ÷ 12) $\mu\text{g/L}$

OCENA DEZYNFEKCJI – CHLOROWANIA WODY PĘTLA II MONITORINGU [UW + DEZ]

- Dawka chloru w granicach przedziału o 95% ufności

$$D(\text{Cl}_2) = (0,53 \pm 0,03) \text{ gCl}_2/\text{m}^3$$

- Mętność: (0,04 ÷ 0,11 ÷ 0,51) NTU
- OWO: (1,77 ÷ 2,31 ÷ 3,31) mgC/L
- Mikroorganizmy w 22°C: (0 ÷ 33) jtk

OCENA DEZYNFEKCJI – CHLOROWANIA WODY PĘTLA III MONITORINGU [SW + DEZ]

$D(\text{Cl}_2) = (0,53 \pm 0,03) \text{ mgCl}_2/\text{L}$ – przedział 95% ufności

PARAMETR	Jednostka	Po zbiorniku wody czystej	Sieć wodociągowa		
			ul. Szubińska	Hydrofornia Osowa Góra	ul. Modrakowa
Dezynfektant pozostały	mg Cl ₂ /L	0,42 ± 0,02	0,02	0,02 ÷ 0,10	0,00 ÷ 0,02
Mętność	NTU	0,04 ÷ 0,51	0,10 ÷ 2,1	0,11 ÷ 1,1	0,08 ÷ 0,49
OWO	mg C/L	1,77 ÷ 3,31	2,02 ÷ 2,80	1,88 ÷ 2,43	2,01 ÷ 2,79
∑ THM	µg/L	5 ÷ 12	6 ÷ 19	5 ÷ 14	6 ÷ 15
Mikroorganizmy w 22°C	jtk	0 ÷ 33	1 ÷ 60	2 ÷ 19	1 ÷ 26
Tlen	mg O ₂ /L	8,1 ÷ 10,6	9,9 ÷ 10,8	-	9,8 ÷ 11,2
Czas retencji	h	5,4 ÷ 8,8	-	-	-

OCENA DEZYNFEKCJI – CHLOROWANIA WODY PĘTLA IV MONITORINGU [SW + UW + DEZ]

STWIERDZONA QUASISTABILNOŚĆ WODY W SIECI WODOCIAGOWEJ ANALIZOWANEGO ZBIORU PARAMETRÓW W LATACH 2011 ÷ 2017 W TYM: MIKROORGANIZMY (22°C), OWO, MĘTNOŚĆ, Σ THM, TLEN POZWALA NA OCENĘ STOSOWANEJ $D(\text{Cl}_2)$ WEDŁUG MODELU:

$$D(\text{Cl}_2) = Z\text{Cl}_2(\text{SW}(\text{R})) + \text{P.D. („KW”)}$$

W KTÓRYM:

$$D(\text{Cl}_2) = (0,53 \pm 0,03) \text{ mg/L Cl}_2$$

$$\text{P.D. („KW”)} = (0,02 \div 0,10) \text{ mg/L Cl}_2$$

$$\mathbf{Z\text{Cl}_2 (\text{SW}(\text{R})) = (0,49 \div 0,54) \text{ mg Cl}_2/\text{L}}$$

WARTOŚĆ TĘ Z UWAGI NA OGRANICZONY ZAKRES ANALIZ NALEŻY TRAKTOWAĆ JAKO PRZYBLIŻONĄ HIPOTEZĘ.

PARAMETRY CHEMICZNE WODY UZDATNIONEJ W LATACH 2012 ÷ 2017

Parametr	Jednostka	Wartość	Wartość dopuszczalna
Akrylamid	µg/l	nb	0,10
Antymon	mg/l	< 0,005	0,005
Arsen	mg/l	< 0,005	0,01
Azotany	mg/l	0,60 ÷ 7,26	50
Azotyny	mg/l	< 0,009	0,50
Benzen	µg/l	< 0,001	1,0
Benzo(a)piren	µg/l	< 0,01	0,01
Bor	mg/l	< 1,0	1,0
Bromiany	mg/l	< 0,003	0,01
Chlorek winylu	µg/l	nb	0,50
Chrom	mg/l	< 0,003	0,05
Cyjanki	mg/l	0,004	0,05
1,2-dichloroetan	µg/l	nb	3,0
Epichlorohydryna	µg/l	nb	0,10
Fluorki	mg/l	0,10 ÷ 0,28	1,5
Kadm	mg/l	< 0,001	0,005
Miedź	mg/l	< 0,008	2,0
Nikiel	mg/l	< 0,005	0,02
Ołów	mg/l	< 0,005	0,01
Σ pestycydów	µg/l	nb ÷ <0,06	0,50
Rtęć	mg/l	< 0,0005	0,001
Selen	mg/l	< 0,01	0,01
Σ trichloroetenu i tetrachloroetenu	µg/l	< 1,0	10,0
Σ wielopierścieniowych węglowodorów aromat.	µg/l	< 0,01	0,10
Σ THM	µg/l	4,0 ÷ 68,0	100

PARAMETRY ORGANOLEPTYCZNE I FIZYKOCHEMICZNE WODY UZDATNIONEJ W LATACH 2012 ÷ 2017

Parametr	Jednostka	Wartość	Wartość dopuszczalna
Amonowy jon	mg/l	< 0,06	0,50
Barwa	mg/l	1 ÷ 5	akceptowalna
Chlorki	mg/l	11 ÷ 19	250
Glin	mg/l	< 0,02 ÷ 0,093	0,2
Mangan	mg/l	< 0,04	0,05
Mętność	NTU	0,1 ÷ 0,63	1,0
Ogólny węgiel org.	mg/l	1,12 ÷ 3,9	bez nieprawidłowych zmian
Odczyn	pH	7,4 ÷ 8,0	6,5 ÷ 9,5
Przewodność	µS/cm	391 ÷ 801	2.500
Siarczany	mg/l	33 ÷ 61	250
Smak	-	akcept.	akceptowalny
Sód	mg/l	7,05 ÷ 12,0	200
Utlenialność z KMnO ₄	mg/l	1,6 ÷ 3,3	5,0
Żelazo	mg/l	0,01 ÷ 0,094	0,2

PODSUMOWANIE

Rozbudowany i zmodernizowany ZUW „Czyżkówko”, zintegrowany z nowym ujęciem infiltracyjnym oraz z odnowionym w dużym stopniu układem dystrybucji wody, klasyfikuje się do najbardziej nowoczesnych systemów zaopatrzenia w wodę w skali europejskiej. Niezawodność i bezpieczeństwo tego systemu wynika z:

- zastosowania infiltracji w układzie z basenami nawadniającymi jako wielofunkcyjnego i bezreagentowego procesu uzdatniania wody z rzeki Brdy wraz z modyfikacją właściwości tej wody do właściwości wód podziemnych,

- wysokoefektywnej technologii ZUW „Czyżkówko”, opartej o koncepcję wielostopniowych barier, zakładającej niezawodne działanie nawet w warunkach występowania nagłego zanieczyszczenia biologicznego i/lub chemicznego rzeki Brdy,
- biologicznej i chemicznej stabilności wody w sieci wodociągowej, co wynika zarówno z wysokich efektów uzdatniania jak i z czystości i stanu sanitarnego sieci.

Modernizacja nowego ZUW „Czyżkówko” została rozwiązana w oparciu o najnowszą wiedzę technologiczną i techniczną gwarantującą wysoką skuteczność uzdatniania określoną spełnieniem europejskich standardów jakości wody do spożycia z uwzględnieniem kryteriów ekonomicznych, a w szczególności minimalizacji kosztów inwestycji i eksploatacji.