

Numer opracowania	18/2010	Numer archiwalny	Numer kompletu
-------------------	---------	------------------	----------------

Zleceniodawca	Zakład Gospodarki Komunalnej ul. Polna 2 64 – 020 Czempień
Inwestycja	Dokumentacja modernizacji technologii SUW Czempień
Obiekt /Zadanie	SUW Czempień
Stadium	KONCEPCJA PORÓWNAWCZA
WRZEŚNIA, grudzień 2010	
Rozwiązania zawarte w niniejszym opracowaniu stanowią wyłączną własność NENTECH S.C. we Wrześni i mogą być stosowane, powielane oraz udostępniane osobom trzecim jedynie na podstawie pisemnego zezwolenia w/w Spółki z zastrzeżeniem wszelkich skutków prawnych.	

Numer opracowania	18/2010	Numer archiwalny	Numer kompletu
-------------------	---------	------------------	----------------

STRONA AUTORSKA		
ZAKRES OPRAWOWANIA	Tytuł, Nazwisko i imię, nr uprawnienia, data i podpis	
	OPRAWOWANIE	SPRAWDZAJĄCY
BRANŻA TECHNOLOGICZNA	Łukasz Weber	Karol Szambelańczyk
WRZEŚNIA, grudzień 2010		
<p>Projektant i Sprawdzający oświadczają, że niniejszy projekt oraz wszystkie jego składowe są wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa, obowiązującymi przepisami technicznymi oraz normami, a także zgodnie z zasadami wiedzy technicznej.</p> <p>Projektant i Sprawdzający oświadczają, że niniejszy projekt oraz wszystkie jego składowe zostają wydane jako kompletne z punktu widzenia celu, któremu mają służyć.</p>		

Analiza technologii uzdatniania wody na SUW Czempień wraz z podaniem wytycznych do modernizacji układu

1. Przedmiot i podstawa opracowania

Przedmiotem opracowania jest analiza technologii uzdatniania wody na Stacji Uzdatniania w Czempiniu.

SUW Czempień ujmuje wody z dwóch ujęć. Jest to ujęcie wody podziemnej z utworów czwartorzędowych oraz trzeciorzędowych.

Ujęcie czwartorzędowe wykonano w 1977 r. w jego skład wchodziły i były eksploatowane studnie nr 1, 2, 4 i 5. Ich wydajność eksploatacyjna wynosiła 108,0 m³/h przy depresji $s = 1,5 - 2,5$ m. W roku 1991 z uwagi na radykalny spadek wydajności w studniach nr 2 i 4 wykonano otwory zastępcze nr 2a i 4a. Studnie nr 2 i 4 zostały zlikwidowane.

Obecnie na ujęciu znajdują się studnie nr 1, 2a, 4a i 5, z czego eksploatowane są nr **1** i nr **4a**.

Ujęcie trzeciorzędowe to otwór nr **1M** zlokalizowany na ul. Wodnej w Czempiniu.

W sytuacji eksploatacji ujęcia czwartorzędowego występują problemy z przekroczeniem manganu w wodzie surowej, natomiast przy niedoborach wody podziemnej korzysta się z ujęcia trzeciorzędowego w którym pojawia się problem barwy.

Woda ze studni ujmowana jest przy pomocy pomp głębinowych i tłoczona po napowietrzeniu do zbiorników reakcji, następnie pompami II stopnia podawana jest na filtry ciśnieniowe gdzie zatrzymywane zostają zanieczyszczenia (żelazo i mangan). Po przefiltrowaniu woda magazynowana jest w zbiornikach wody czystej (5 x 100 m³). Woda podawana jest do sieci miejskiej za pomocą zestawu pompowego (III stopnia pompownia) sterowanego przetwornicą częstotliwości.

Podstawę opracowania stanowią:

- wyniki badań przeprowadzonych na obiekcie,
- wizje lokalne przeprowadzone na obiekcie,
- informacje dotyczące jakości wody uzdatnionej,
- pozwolenie i operat wodno - prawny opracowany dla Zakładu Gospodarki Komunalnej w Czempiniu,
- rozmowy przeprowadzone z eksploatatorami,
- obowiązujące przepisy w zakresie jakości wody dostarczanej do spożycia przez ludzi.

Celem opracowanie jest ustalenie maksymalnych efektów technologicznych układu w zakresie usuwania manganu oraz barwy, jak i wskazanie kierunków ewentualnej rozbudowy SUW pozwalającej uzyskać odpowiednią jakość i wydajność.

Opracowanie zostało oparte o doświadczenia eksploatacyjne oraz technologiczne z różnych wodociągów z całego kraju. Ponadto wykorzystano procesową wiedzę teoretyczną, pomocną w analizie technologicznej poszczególnych etapów uzdatniania wody.

2. Analiza stanu istniejącego

2.1. Ujęcie wody

Zgodnie z pozwoleniem wodno - prawnym z dnia 22.12.2005 r. Zakład Gospodarki Komunalnej w Czempiniu uzyskał możliwość eksploatacji wody z ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w następującej ilości:

- $Q_{dśr.} = 1594,0 \text{ m}^3/\text{d}$,
- $Q_{hmax.} = 96,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Woda ujmowana jest z czterech studni wierconych nr 1, 2a, 4a, 5, z czego eksploatowane są obecnie dwie nr **1** i **4a**.

Ponadto Zakład Gospodarki Komunalnej w Czempiniu eksploatuje także wodę z ujęcia wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym wydanym w dniu 12.12.2006 r. w ilości wynoszącej:

- $Q_{dśr.} = 400,0 \text{ m}^3/\text{d}$,
- $Q_{hmax.} = 20,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Woda ujmowana jest z jednej studni wierconej **1M**.

Opis techniczny poszczególnych studni

Studnia nr 1:

- głębokość = 28,0 m,
- poziom eksploatowany – czwartorzędowy, warstwa wodonośna z przelotu 1,91 do 20,00 m p.p.t. o swobodnym zwierciadle wody,
- wodonosiec: piaski drobne, średnie oraz pospółki,
- zasoby studni $Q_e = 26,7 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 2,5 \text{ m}$,
- filtr umieszczony na głębokości od 18,0 do 23,0 m,
- poziom statyczny zwierciadła wody ustabilizował się na głębokości 0,63 m.

Woda jest czerpana pompą głębinową typ G-80 II B + SGM d – 18b $N_s = 7,5 \text{ kW}$.

Wysokość podnoszenia H[m]	34	33	30	27	23,5	20
Wydajność pompy Q[l/min]	250	400	500	600	700	800

Studnia nr 4a:

- głębokość = 23,5 m,
- poziom eksploatowany – czwartorzędowy, warstwa wodonośna o swobodnym zwierciadle wody,
- wodonosiec: piaski drobne, gruboziarniste ze żwirem,
- zasoby studni $Q_e = 39,0 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 7,4 \text{ m}$,
- filtr umieszczony na głębokości od 15,5 do 20,5 m,

- poziom statyczny zwierciadła wody ustabilizował się na głębokości 2,4 m.
- Woda jest czerpana pompą głębinową typ G-80 II B + SGM d – 18b Ns = 7,5 kW.

Wysokość podnoszenia H[m]	34	33	30	27	23,5	20
Wydajność pompy Q[l/min]	250	400	500	600	700	800

Studnia nr 1M:

- głębokość = 98,5 m,
- poziom eksploatowany – trzeciorzędowy,
- długość części roboczej filtru 20,0 m,
- średnica filtru – 165,0/199,0 mm,
- Filtr: PVC-U typ SBF – KkV,
- rodzaj filtru szczelinowy z okładziną żwirową,
- poziom statyczny zwierciadła wody ustabilizował się na głębokości 0,63 m,

Woda jest czerpana pompą głębinową typ GC 2.03 + SM – 6 Ns = 7,5 kW.

Wysokość podnoszenia H[m]	65	40
Wydajność pompy Q[l/min]	12	35

Studnia nr 2a:

- głębokość = 16,7m,
- poziom eksploatowany – czwartorzędowy, warstwa wodonośna o swobodnym zwierciadle wody,
- wodonosiec: piaski drobne, różnoziarniste ze żwirem i otoczkami,
- zasoby studni $Q_e = 7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 5,7 \text{ m}$,
- filtr umieszczony na głębokości od 7,5 do 13,0 m,
- poziom statyczny zwierciadła wody ustabilizował się na głębokości 1,23 m.

Woda jest czerpana pompą głębinową typ G-60 II B + SGM a/1,5 Ns = 1,5 kW.

Wysokość podnoszenia H[m]	25	24,5	23,5	22,5	21
Wydajność pompy Q[l/min]	100	125	150	175	200

Studnia 2a ze względu na zmniejszenie wydajności obecnie jest nie eksploatowana.

Studnia nr 5:

- głębokość = 21,5 m,
- poziom eksploatowany – czwartorzędowy, warstwa wodonośna z przelotu 1,63 do 18,5 m p.p.t. o swobodnym zwierciadle wody,
- wodonosiec: piaski drobne,
- zasoby studni $Q_e = 14,15 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 5,9 \text{ m}$,
- filtr umieszczony na głębokości od 11,5 do 18,5 m,
- poziom statyczny zwierciadła wody ustabilizował się na głębokości 1,63 m.

Studnia 5 ze względu na zmniejszenie wydajności obecnie jest nie eksploatowana.

Obudowy studni – wykonano z kręgów żelbetowych o średnicy 1500 mm i wysokości 2,0 m. Usytuowane są w nasypie o wysokości 1,5 m. Obudowy wyposażone są w wanny stalowe o średnicy 1460 mm i wysokości 1,7 m zabezpieczające przed napływem wód gruntowych.

Jakość wody

Jakość wody z utworów czwartorzędowych przedstawiono w tabeli 1 (z podziałem na studnie).

Tabela 1. Jakość wody podziemnej czwartorzędowej (Q) ze studni 1 i 4a

Wskaźnik	jednostka	CZEMPIŃ woda podziemna ze studni nr 1 30.10.2003	CZEMPIŃ woda podziemna ze studni nr 4a 30.10.2003	Wartości do- puszczalne
Odczyn (pH)		7,5	7,1	6,5 – 9,5
Zapach		z2G(H ₂ S)	z2G(H ₂ S)	akceptowalny
Barwa sączona	mg Pt/dm ³	10	12	15
Barwa pozorna (po 2h)	mg Pt/dm ³	55	65	
Mętność	NTU	12	15	1
Zasadowość ogólna	mval/dm ³	5,4	5,5	b.d.
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /dm ³	429	439	60 – 500
Utlenialność (ChZT)	mg O ₂ /dm ³	4,2	4,5	5,0
Sucha pozostałość	mg/dm ³	641	668	b.d.
Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	773	803	b.d.
Azot amonowy	mg NH ₄ /dm ³	0,54	0,57	0,5
Azotyny	mg NO ₂ /dm ³	0,002	0,003	0,5
Azotany	mg NO ₃ /dm ³	0,45	0,35	50
Fosforany	mg PO ₄ /dm ³	0,05	0,06	b.d.
Chlorki	mg Cl/dm ³	65	65	250
Siarczany	mg SO ₄ /dm ³	168	183	250
Fluorki	mg F/dm ³	0,15	0,15	1,5
Przewodność elektryczna	µS/cm	923	926	2500
Wapń	mg Ca/dm ³	133,6	138,5	b.d.
Magnez	mg Mg/dm ³	22,8	22,4	30
Mangan	mg Mn/dm ³	0,36	0,32	0,05
Żelazo	mg Fe/dm ³	3,70	4,10	0,20
Sód	mg Na/dm ³	47	50,8	200

Na podstawie wykonanych na ujęciu badań (wg Monitoringu jakości wód podziemnych na ujęciu komunalnym w Czempiniu, luty 2004) wodę z ujęć czwartorzędowych można określić jako mętną do 15,0 mg/l SiO₂ i zabarwioną 10,0 ÷ 65,0 mg/l Pt. Podwyższona barwa i mętność jest pochodną znacznej zawartości związków żelaza 3,7 ÷ 4,1 mg/l Fe. Zawartość manganu również przekracza normy dopuszczalne i wynosi 0,32 ÷ 0,36 mg/l Mn.

Zespół wskaźników antropogenicznych przedstawia się następująco:

- Azot amonowy od 0,54 ÷ 0,57 mg/l NH₃, - nieco powyżej wartości dopuszczalnej,
- Azotyny 0,002 ÷ 0,003 mg/l NO₂,
- Azotany 0,35 ÷ 0,45 mg/l NO₃.

Pozostałe elementy składu chemicznego nie wykazywały zawartości przekraczającej dopuszczalne normy.

W utworach trzeciorzędowych do głębokości 178,0 m p.p.t. w podłożu występują dwie warstwy wodonośne miocenu:

- górna – zalegająca w przedziale głębokości 77,0 – 98,0 m p.p.t.,
- dolna – zalegająca w przedziale głębokości od 159,0 m p.p.t. do ponad 178,0 m p.p.t.

Jakość wody z utworów trzeciorzędowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Jakość wody podziemnej trzeciorzędowej (Tr) ze studni 1M

Wskaźnik	jednostka	CZEMPIŃ woda podziemna mioceńska <u>warstwa dolna</u> 27.10.2005	CZEMPIŃ woda podziemna mioceńska <u>warstwa górna</u> 01.12.2005	Wartości dopuszczalne
Odczyn (pH)		7,0	7,1	6,5 – 9,5
Zapach		z1G (H ₂ S)	z1G (H ₂ S)	akceptowalny
Barwa	mg Pt/dm ³	200	50	15
Mętność	NTU	0/5	0/2	1
Zasadowość ogólna	mval/dm ³	5,6	9,1	b.d.
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /dm ³	64	145	60 – 500
Utleniałość (ChZT)	mg O ₂ /dm ³	13,8	7,2	5,0
Sucha pozostałość	mg/dm ³	829	538	b.d.
Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	984	790	b.d.
Azot amonowy	mg NH ₄ /dm ³	0,37	0,42	0,5
Azotyny	mg NO ₂ /dm ³	0,002	0,003	0,5
Azotany	mg NO ₃ /dm ³	0,04	0,04	50
Fosforany	mg PO ₄ /dm ³	0,68	1,4	b.d.
Chlorki	mg Cl/dm ³	310	19	250
Siarczany	mg SO ₄ /dm ³	5	5	250
Fluorki	mg F/dm ³	n.b.	0,6	1,5
Przewodność elektryczna	µS/cm	1481	904	2500
Wapń	mg Ca/dm ³	11,4	27,8	b.d.
Magnez	mg Mg/dm ³	8,6	17,6	30
Mangan	mg Mn/dm ³	0,12	0,02	0,05
Żelazo	mg Fe/dm ³	2,40	0,53	0,20
Sód	mg Na/dm ³	297	159	200

Na podstawie wykonanych na ujęciu badań (wg Monitoringu jakości wód podziemnych na ujęciu komunalnym w Czempiniu, grudzień 2005) wodę można określić jako:

- z warstwy górnej – wodorowęglanowo- sodową, mieszczącą się w IV klasie wód podziemnych. Woda zawiera nieznaczne ilości związków żelaza oraz śladowe ilości związków manganu. Pod względem bakteriologicznym nie budzi zastrzeżeń. Przed oddaniem do użytku woda wymaga odbarwienia i odżelazienia lub zmieszania z wodą bezbarwną czwartorzędową.
- Z warstw dolnej – chlorkowo – magnezowa, mieszczącą się w IV klasie wód podziemnych. Woda zawiera znaczne ilości związków żelaza oraz zwiększone ilości związków manganu. Pod względem bakteriologicznym nie budzi zastrzeżeń.

Woda z tej warstwy wodonośnej nie nadaje się do użytku.

W sytuacji eksploatacji ujęcia czwartorzędowego występują problemy z przekroczeniem manganu w wodzie surowej, natomiast przy niedoborach wody podziemnej korzysta się z ujęcia trzeciorzędowego w którym pojawia się problem barwy.

W tabeli nr 3 przedstawiono średnią ważoną dla wody zmieszanej, którą wykorzystywano dalej do obliczeń. Pod uwagę wzięto wyłącznie wartości stężenia w wodzie surowej żelaza, manganu oraz barwę.

Średnią ważoną wody zmieszanej obliczono wg wzoru:

$$C_{Fe} = (C_{Fe}^{st.1} * Q_{st1} + C_{Fe}^{st.4a} * Q_{st4a} + C_{Fe}^{st.1M} * Q_{st1M}) / (Q_{st1} + Q_{st4a} + Q_{st1M}),$$

Gdzie:

C_{Fe} – stężenie żelaza w wodzie zmieszanej [mgFe/dm³],

$C_{Fe}^{st.1}$ - stężenie żelaza w studni nr 1, - 3,70 mgFe/dm³,

$C_{Fe}^{st.4a}$ - stężenie żelaza w studni nr 4a, - 4,10 mgFe/dm³,

$C_{Fe}^{st.1M}$ - stężenie żelaza w studni nr 1M (warstwa górna) - 0,53 mgFe/dm³,

Q_{st1} – wydajność studni nr 1, - 26,7 m³/h,

Q_{st4a} – wydajność studni nr 4a, - 39,0 m³/h,

Q_{st1M} – wydajność studni nr 1M, - 20,0 m³/h.

Analogicznie wyliczono średnią ważoną manganu oraz barwy. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela 3. Jakość wody podziemnej mieszanej (Q+Tr)

	Studnia nr 1	Studnia nr 4a	Studnia nr 1M	Średnia ważona Fe, Mn, B
Q [m ³ /h]	26,7	39,0	20,0	
żelazo [mgFe/dm ³]	3,70	4,10	0,53	3,14
mangan [mgMn/dm ³]	0,36	0,32	0,02	0,26
barwa [mgPt/dm ³]	10	12	50	20,25

Warunki usuwania poszczególnych wskaźników z wody

Każdy z wymienionych wskaźników jakości wody podziemnej, które należy usunąć z wody ma określone wymagania technologiczne.

Żelazo

Żelazo występuje w wodzie podziemnej w formie dwuwartościowej. Żeby je usunąć konieczne jest przeprowadzenie do formy nierozpuszczonej – utlenić. Do utlenienia żelaza wystarczy zastosować tlen. Oczywiście takie związki jak nadmanganian potasu, czy podchloryn sodu, działają skuteczniej. Niemniej jednak sam tlen z powietrza ma wystarczającą efektywność technologiczną. To, ile żelaza zostanie wytrącone tlenem z

powietrza zależy przede wszystkim od czasu przetrzymania wody w układzie jej napowietrzania.

Zasadnicze usuwanie żelaza przebiega na złożu filtracyjnym w mechanizmach zależnych przede wszystkim od ilości wytrąconego tlenem żelaza:

- mechanizm I – żelazo utlenione (wytrącone) jest odciedzane na złożu filtracyjnym w górnej jej części (bardzo płytko, nawet w wysokości nie przekraczającej $0,1 \div 0,2$ m wysokości złoża filtracyjnego o odpowiedniej granulacji),
- mechanizm II – żelazo nie utlenione (rozpuszczone w wodzie), osadza się na powierzchni pokrywających ziarna złoża filtracyjnego powłok katalitycznych, gdzie dalej jest utleniane tlenem wraz z dopływającą wodą surową.

Drugi z mechanizmów przebiega na znacznie większej wysokości złoża filtracyjnego. Innymi słowy żelazo nierozpuszczone wnika głębiej w materiał filtracyjny (w złoża filtracyjne) zanim zostanie usunięte.

Z technologicznego punktu widzenia, w przypadku filtracji jednostopniowej ważne jest usunięcie żelaza w możliwie jak najniższej warstwie filtracyjnej, by pozostała wysokość złoża filtracyjnego mogła zostać wpracowana do usuwania manganu czy też jonu amonowego.

Można to uzyskać, albo poprzez zastosowania mniejszej granulacji materiału filtracyjnego, albo też poprzez zastosowanie innego niż kwarcowe złoża (np. chalcedonitowego, którego wysokość strefy odżelaziania jest niższa niż w przypadku piasku kwarcowego). Inną metodą jest szybkie utlenienie żelaza przed filtracją i jego cedzenie na złożu filtracyjnym (umożliwia to stosowania chemicznych utleniaczy, takich jak wymieniowy wcześniej nadmanganian potasu, czy też podchloryn sodu).

Mangan

Usunięcie manganu jest znacznie trudniejsze od żelaza. Mangan, podobnie jak żelazo występuje w wodzie podziemnej w formie rozpuszczonej. Istnieje konieczność utlenienia manganu do czterowartościowego, nierozpuszczalnego. Przede wszystkim jednak przy pH charakteryzującym wody naturalne nie ma możliwości utlenienia manganu z dwu do czterowartościowego, z wykorzystaniem tlenu.

Jest to zbyt słaby utleniacz do tego celu. W technologii uzdatniania wody zawierającej jon manganowy wykorzystuje się:

- silne utleniacze (silniejsze od tlenu) takie jak nadmanganian potasu czy też podchloryn sodu,
- utlenianie tlenem, ale po korekcie odczynu (dopiero powyżej 9,0 pH),
- utlenianie metodą katalityczną (z wykorzystaniem katalitycznych właściwości dwutlenku manganu, czy produktu reakcji utleniania).

Zdecydowanie korzystniejsze i częstsze jest zastosowanie metody trzeciej (warstwy katalitycznej).

Utleniania katalityczne na powłokach dwutlenku manganu może być prowadzone w dwojaki sposób:

- poprzez naturalne wytworzenie na powierzchni materiału filtracyjnego powłoki z dwutlenku manganu (tzw. naturalne wpracowanie do usuwania manganu na złożu filtracyjnym),
- poprzez zastosowanie złoża już wpracowanego z innego wodociągu (pracującego

na usuwanie manganu) bądź naturalnej rudy manganowej.

Na większości wodociągów stosuje się tę pierwszą metodę. W naturalnych warunkach (bez stosowania substancji chemicznych) bakterie zasiedlające złoża filtracyjne wykorzystują do swoich procesów życiowych mangan zawarty w wodzie. Pod wpływem procesów biochemicznych mangan zostaje utleniony do dwutlenku manganu, który odkłada się na złożu filtracyjnym. Następnie wytrącony (dłożony dwutlenek manganu) sorbuje na swojej powierzchni mangan dwuwartościowy dopływający wraz z wodą surową do filtra. Zaadsorbowany mangan dwuwartościowy (rozpuszczony) utlenia się do manganu trójwartościowego, kosztem redukcji, wytrąconego wcześniej dwutlenku manganu (manganu czterwartościowego). Powstałe produkty reakcji (trójwartościowy mangan) może być z powrotem utleniony do manganu czterwartościowego, poprzez zastosowanie tlenu z powietrza. Mangan czterwartościowy sorbuje następnie ponownie mangan dwuwartościowy zawarty w wodzie surowej i proces się powtarza. Odkładający się cały czas mangan czterwartościowy, tworzy powłokę katalityczną realizującą proces odmanganiania wody.

Konsekwencją tego jest rozrost powłok pokrywających ziarna złoża, utrzymywanych na odpowiednim poziomie poprzez płukanie filtrów.

Podobny mechanizm, tylko bez wstępnego odłożenia powłoki katalitycznej występuje w przypadku złóż zbudowanych już z aktywnego manganu czterwartościowego bądź wpracowanych na innym wodociągu. Czynnikiem, który komplikuje usuwanie manganu tą metodą, jest żelazo. Usuwanie manganu przebiega bowiem w dolnej części złoża, nawet w warstwach podtrzymujących. Jeśli żelazo zbyt głęboko przenika w złożo filtracyjne, wówczas zatrzymuje się na powierzchni aktywnego dwutlenku manganu kosztem manganu zawartego w wodzie surowej. Występuje wówczas rozładowanie powłoki katalitycznej, która jest trudna w regeneracji.

Warunki jakie należy zapewnić w przypadku wykorzystania tej metody to:

- natlenienie wody (tlen jest potrzebny w drugiej fazie procesu utleniania manganu),
- wstępne, bardzo efektywne usunięcie żelaza,
- wytworzenie odpowiedniej trwałości i grubości powłok katalitycznych (z dwutlenku manganu),
- eliminacja z procesu uzdatniania wody substancji dezynfekujących (w tym silnych utleniaczy, które powodują dezynfekcję złoża filtracyjnego ograniczającą efektywność technologiczną bakterii manganowych),
- zapewnienie optymalnego pH wody.

Przy zastosowaniu silnych utleniaczy, problemy te wprawdzie odchodzą, ale metoda ta jest zdecydowanie droższa. Poza tym jeśli w wodzie współwystępuje jon amonowy, wówczas następuje stabilizacja błony bakterii nitryfikacyjnych, uniemożliwiająca sprawne usunięcie tego wskaźnika.

Barwa wody

Zagadnienia usuwania barwy dotyczą z reguły wód powierzchniowych, ale także dość często wód podziemnych, pochodzących z niektórych utworów wodonośnych - zwłaszcza mioceńskich (trzeciorzędowych) - zalegających, czy przewarstwianych węglem brunatnym.

Z punktu widzenia analityki laboratoryjnej, ale również praktyki technologicznej, wyróżnia się następujące „rodzaje” barwy:

- barwa pozorna,
- barwa rzeczywista.

Z pierwszą z nich mamy najczęściej do czynienia w sytuacji, gdy w wodzie występuje żelazo. Termin „pozorna” wiąże się z faktem, iż woda surowa, zawierająca żelazo bardzo szybko mętnieje, zwłaszcza w sytuacji, gdy próba nie jest pobrana we właściwy sposób - tzn. następuje jej natlenienie. Zachodzą wtedy reakcje utleniania żelaza, które wytrąca się w postaci rdzawo - brunatnej zawiesiny wodorotlenku żelazowego. Oczywiście szybkość tego procesu zależy w głównej mierze od postaci żelaza występującego w wodzie surowej (formy jego występowania, rodzaju związków chemicznych jakie tworzy) i jego podatności na utlenianie tlenem atmosferycznym. W sytuacji, gdy żelazo utlenia się bardzo trudno, (gdy mamy pewność, że nie wytrąca się wodorotlenek żelazowy), wówczas oznaczona barwa jest barwą rzeczywistą.

W każdym razie utlenione i wytrącone w próbie wody surowej żelazo, podczas analizy barwy (przy użyciu spektrofotometru, lub według starej metody polegającej na porównaniu próby ze skalą ręcznie przygotowanych wzorców) daje mylny wynik zabarwienia wody. Wiązka świetlna wysyłana przez spektrofotometr jest częściowo rozpraszana, częściowo zaś absorbowana przez wytrącone cząsteczki wodorotlenku żelaza, w wyniku czego spektrofotometr wskazuje zabarwienie wody - czasami nawet bardzo duże. Błąd odczytu jest potężny, zaś wskazana barwa - jest właśnie barwą pozorną, sztuczną, nierzeczywistą i właściwie nie powinno się jej podawać w interpretacji jakości wody surowej. Często bowiem spotyka się w raportach laboratoryjnych pomiary wody surowej, wskazujące na barwę rzędu 150,0 czy 200,0 mgPt/L. Wynik taki, mógłby niejednego technologa przyprawić o zawrót głowy, gdyby był wynikiem rzeczywistej barwy, a praktyka pokazuje, że często projektanci biorą tę wartość zbyt dosłownie i projektują skomplikowane systemy usuwania barwy, gdy tak naprawdę wystarczy tylko odżelazianie wody.

Dlatego też, by uniknąć opisanych powyżej sytuacji i jednoznacznie określić wartość barwy wody wprowadzono pojęcie barwy rzeczywistej, lub innymi słowy barwy po sączeniu. Metodyka określania tego wskaźnika polega na przesączeniu badanej próby wody surowej (lub uzdatnionej) przez sączek jakościowy, a następnie oznaczaniu barwy (spektrofotometrycznie, lub przy użyciu skali wzorców). W ten sposób eliminuje się wpływ mętności, czy wytrąconych zawiesin żelazowych (dla wód o łatwo utleniającym żelazie). Oczywiście badanie to również nie jest pozbawione błędów - zwłaszcza w sytuacji, gdy sączona próba pobierana nie została natleniona, a podczas sączenia wywołuje się reakcję utleniania żelaza.

Właściwe określenie barwy wody wymaga więc sporego doświadczenia i wykluczenia wpływu opisanych powyżej czynników.

Ustalenie bowiem barwy rzeczywistej wody, jest ważne, gdyż określa się w ten sposób zawartość substancji koloidalnych, które muszą zostać usunięte w toku określonych czynności technologicznych.

Cząstek koloidów nie da się odfiltrować ani na złożach filtracyjnych, ani nawet na sączkach laboratoryjnych. Ich rozmiary mieszczą się pomiędzy 1,0 nm a 1,0 μ m, stanowiąc grupę pomiędzy cząstkami roztworów właściwych oraz zawiesin.

Substancjami powodującymi rzeczywistą barwę wody są związki humusowe. Stanowią je ciemnoszare, bezpostaciowe związki, powstające w glebie na skutek chemicznych

i biologicznych przemian obumarłych szczątków, głównie pochodzenia roślinnego oraz w procesie humifikacji liści. Do substancji humusowych zalicza się następujące substancje:

- kwasy huminowe,
- kwasy hymatomelanowe,
- kwasy fulwowe.

Jak dotychczas nie udało się jednoznacznie określić wzorów strukturalnych poszczególnych grup, ani też cech tych związków.

Substancje humusowe w wodach występują, (co jest ważne z technologicznego punktu widzenia) w postaci rozpuszczonej, koloidów i jako domieszki nierozpuszczone, a ich forma zależy głównie od wartości pH. W środowisku kwaśnym i obojętnym występują zazwyczaj jako ujemne koloidy, natomiast w środowisku alkalicznym w postaci zdysocjowanej (są praktycznie całkowicie rozpuszczone).

W wodach powierzchniowych przeważają kwasy fulwowe lub ich sole, natomiast w wodach podziemnych - huminowe. Wskutek kwasowego charakteru związków humusowych, obniżenie pH roztworu zmniejsza stopień ich dysocjacji i obniża potencjał układu koloidalnego, co ułatwia ich usuwanie z wody. Podwyższenie pH, niekorzystnie stabilizuje układ koloidalny, zwiększa stopień dysocjacji (rozpuszczenia) i pogłębia barwę nim spowodowaną.

2.3. **Napowietrzanie**

Informacja techniczna

Ujmowana woda tłoczona jest do zbiorników reakcji. Przed wprowadzeniem jej do zbiorników następuje jej napowietrzanie, Napowietrzanie wody odbywa się przy użyciu mieszacza statycznego rurowego umieszczonego przed zbiornikiem reakcji. Zadaniem mieszacza jest szybkie i równomierne rozprowadzenie w wodzie surowej sprężonego powietrza. Powietrze do napowietrzania tłoczone jest sprężarką ze zbiornika akumulacyjnego o $D = 800$ mm.

Zdjęcie 1. Zbiornik akumulacyjny powietrza na SUW Czempin



Obliczenia technologiczne

Obliczenia obejmują

1. Wyznaczenie stężenia tlenu

Ilości tlenu jaką należałoby wprowadzić do wody w celu przeprowadzenia wszystkich procesów technologicznych jest następująca:

- na utlenienie żelaza – $0,14 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ na każdy mg żelaza zawartego w wodzie surowej
- na utlenienie manganu – $0,30 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ na każdy mg manganu zawartego w wodzie surowej
- na utlenienie jonu amonowego – $4,54 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ na każdy mg jonu amonowego

zawartego w wodzie surowej.

Tabela 5. Sumaryczna ilość tlenu jaka powinna znaleźć się w wodzie po procesie napowietrzania dla składu wody w poszczególnych rozbiorach

Stan rozbioru	Rozbiór [m ³ /h]	Co ₂ (Fe)	Co ₂ (Mn)	Co ₂ (NH ₄ ⁺)	Sumaryczne Co ₂ [mgO ₂ /dm ³]
Q	65,7	0,55	0,1	2,53	3,18
Q + Tr	85,7	0,44	0,08	2,39	2,91
½ Q + Tr	52,9	0,35	0,06	3,18	3,59

Przyjmując, że stężenie tlenu w wodzie po filtrach nie powinno spaść poniżej 2,0 – 3,0 mg/L, po napowietrzeniu tlen powinien znajdować się na poziomie:

Tabela 6. Ilość tlenu jaka powinna znaleźć się w wodzie po procesie napowietrzania dla poszczególnych rozbiorów

Stan rozbioru	Rozbiór [m ³ /h]	Ilość tlenu po napowietrzeniu [mgO ₂ /dm ³]
Q	65,7	5,18 – 6,18
Q + Tr	85,7	4,91 – 5,91
½ Q + Tr	52,9	5,59 – 6,59

Z powyższej analizy wynika, iż stężenie tlenu po procesie napowietrzania dla różnych stanów rozbioru powinna mieścić się w granicach średnio, 5,0 – 7,0 mgO₂/dm³.

2. Ilość powietrza

Ilość powietrza do natlenienia wody powinna wynosić ok. 10% ilości tłoczonej wody surowej.

Ilość powietrza tłoczona do wody w układzie technologicznym powinna być dynamicznie dopasowana do wydajności studzien głębinowych. W przeciwnym razie (przy stałej nastawie wydajności) nie ma możliwości uniknięcia negatywnych skutków dozowania zbyt małej, lub zbyt dużej ilości powietrza wtłaczanego do wody.

W zależności od stanu rozbioru ilość powietrza jaka powinna zostać wtłoczona do wody została zebrana w tabeli 7.

Tabela 7. Teoretyczna ilość powietrza włączana do wody w poszczególnych stanach rozbiorów

Stan rozbioru	Rozbiór [m ³ /h]	Teoretyczna ilość powietrza włączana do wody [m ³]
Q	65,7	6,57
Q + Tr	85,7	8,57
½ Q + Tr	52,9	5,29

Bezpośredni pomiar ilości powietrza włączanego do wody jest możliwa dzięki zastosowaniu rotametu.

Skutki nadmiernej i niedostatecznej ilości powietrza włączanego do sieci są następujące:

Doprowadzenie zbyt dużej ilości powietrza

Doprowadzenie zbyt dużej ilości powietrza (większej niż wymagana) powoduje:

- wydzielanie się powietrza w filtrze nad złożem filtracyjnym – co przy niedostatecznym odgazowaniu może prowadzić do tworzenia poduszek powietrznych i dławienia przepływu przez filtr,
- wydzielanie powietrza z wody na złożu filtracyjnym – co powoduje zapowietrzenie filtra, a tym samym zmniejszenie powierzchni przez którą filtruje woda i ograniczanie efektów usuwania żelaza (zwiększenie rzeczywistej prędkości filtracji),
- odpowietrzanie się takiego złoża w trakcie pracy – co powoduje zrywanie zatrzymanej zawiesiny (odcedzonego żelaza do odpływu) – przechodzenie do wody uzdatnionej i do zbiorników,
- przechodzenie powietrza do wody uzdatnionej – widoczne pęcherzyki powietrza w wodzie po filtracji i porywanie wraz z powietrzem zatrzymanego złoża,
- pracę sprężarki bez przerwy w trakcie napowietrzania, co powoduje szybsze zużywanie się tego urządzenia i większe zużycie energii.

Doprowadzenie zbyt małej ilości powietrza

Doprowadzenie zbyt małej ilości powietrza wpływa niekorzystnie na technologię, gdyż powoduje:

- słabym natlenieniem wody, które ogranicza możliwość wytrącenia żelaza, manganu,
- brakiem możliwości usuwania jonu amonowego (gdy występuje w wodzie surowej, zwłaszcza w dużej ilości),

- tworzeniem warunków beztlenowych na filtrze oraz na sieci.

Stąd tak istotne jest przestrzeganie właściwej ilości doprowadzanego do wody powietrza jak i parametru wynikowego procesu napowietrzania – tlenu, bowiem zarówno zbyt małe jak i zbyt duże ilości powietrza będą generowały problemy eksploatacyjne.

2.4. Zbiornik reakcji

Informacja techniczna

Woda po napowietrzeniu trafia do dwóch kontenerowych zbiorników reakcji, gdzie następuje jej przytrzymanie.

Parametry zbiorników reakcji:

- objętość: $V = 50 \text{ m}^3$,
- średnica wewnętrzna: 2604 mm,
- ilość: 2 sztuki.

Sumaryczna objętość zbiorników reakcji wynosi zatem:

$$V_c = 100 \text{ m}^3.$$

Zadaniem zbiorników reakcji jest:

- umożliwienie hydrolizy i utlenienia związków żelaza i manganu pod wpływem tlenu rozpuszczonego w wodzie,
- katalityczne działanie wytrącającego się w zbiorniku tlenku manganu oraz wodorotlenku żelazowego na proces hydrolizy i utleniania jonów żelaza i manganu,
- wytrącanie się powstającego tlenku manganu oraz wyklączkowanie żelaza zawartego w wodzie surowej,
- odgazowanie wody surowej.

Oprócz tego zbiornik reakcji zabezpiecza zapas wody do płukania filtrów.

Zdjęcie 2. Zbiorniki reakcji na SUW Czempień



Obliczenia technologiczne

Obliczenia obejmują:

1. Czas przetrzymania wody w zbiorniku

Czas przetrzymania wody w zbiorniku obliczono wg wzoru:

$$t = V / Q \text{ [h]},$$

Gdzie:

V – objętość zbiornika reakcji $V = 50 \text{ m}^3$,

Q – wydajność studni.

Czas przetrzymania wody w zbiornikach reakcji decyduje o:

- efektach utlenienia żelaza przed filtracją,
- proporcji żelaza dwuwartościowego do trójwartościowego (wytrąconego) również przed filtracją (im dłuższy czas przetrzymania wody w zbiorniku reakcji tym więcej żelaza znajduje się w formie utlenionej, wytrąconej, łatwiej usuwanej na złożu filtracyjnym),
- efektywności natlenienia wody (im dłuższy czas kontaktu tym lepsze natlenienie wody, bez ubocznych efektów wydzielania powietrza).

Obliczenia przeprowadzono dla trzech stanów rozbiorów. Wyniki przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Czas przetrzymania wody w zbiorniku reakcji dla poszczególnych stanach rozbiorów

Stan rozbioru	Objętość zbiorników reakcji [m ³]	Rozbiór [m ³ /h]	Czas przetrzymania t [min]
Q	100	65,7	91
Q + Tr	100	85,7	70
½ Q + Tr	100	52,9	113

Czas przetrzymania wody w zbiornikach reakcji dla wszystkich przypadków jest długi. Jest to bardzo korzystne z punktu technologicznego, gdyż żelazo przed filtracją jest bardzo efektywnie utlenione, występuje w formie wytrąconej, łatwo usuwanej na złożu filtracyjnym.

2.5. Pompy pośrednie II stopnia

Informacja techniczna

Zadaniem pomp pośrednich jest przepompowanie wody ze zbiorników reakcji przez filtry do zbiorników wody czystej.

Parametry pomp pośrednich:

- firma: LFP,
- typ: 80 PJM 250,
- ilość: 2,
- $Q = 400,0 - 600,0 \text{ l/min} = 24,0 - 36,0 \text{ m}^3/\text{h}$,
- $H = 19,0 \text{ m H}_2\text{O}$.

Jedna pompa międzyoperacyjna współpracuje z jedną sekcją filtracyjną.

Zdjęcie 3. Pompy międzyoperacyjne II stopnia wraz z pompą płuczącą (w środku)



2.6. Filtry pospieszne poziome

Informacja techniczna

Filtracja wody na SUW Czempień odbywa się za pomocą dwóch filtrów (składających się każdy z dwóch sekcji) pospiesznych poziomych.

Parametry filtrów poziomych:

- średnica 2000 mm,
- długość 2200 mm,
- ilość filtrów (sekcji): 2,
- powierzchnia filtracyjna filtra (sekcji): 1,5 m²,
- wysokość złoża filtracyjnego: 1000 mm,
- króciec dopływowy wody Dn: 100 mm,
- króciec odpływowy wody Dn: 100 mm,
- króciec dopływowy sprężonego powietrza Dn: 50 mm.

Zdjęcie 4. Filtry ciśnieniowe poziome na SUW Czempień



Obliczenia technologiczne

Powierzchnia filtracyjna jednego filtra wynosi 1,5 m², co daje w sumie:

$$A_f = 4 * 1,5 = 6,0 \text{ m}^2.$$

Do filtracji wykorzystany następujący materiał:

- warstwa piasku o uziarnieniu 0,8 – 1,6 mm – wys. 900 mm,
- warstwa podtrzymująca żwirowa o uziarnieniu 2,0 – 5,0 mm – wys. 100 mm,
- obsypka żwirowa rusztu rurowego filtracyjnego i napowietrzającego o uziarnieniu 10,0 – 20,0 mm – wysokość do wierzchu rusztu napowietrzającego.

Filtry płukane są codziennie wodą i powietrzem.

Do płukania wodą wykorzystywana jest woda ze zbiorników reakcji.

Do płukania powietrzem wykorzystywany jest zbiornik powietrza do którego powietrze tłoczone jest ze sprężarki ciśnieniowej.

Podstawowe parametry eksploatacyjne układu filtracji to:

- prędkość filtracji,
- długość cyklu filtracyjnego,
- wysokość strefy odżelaziania wody,
- intensywność płukania wodą i powietrzem.

Prędkość filtracji

Na podstawie danych dotyczących wydajności pomp międzyoperacyjnych oraz dobranych jednostek filtracyjnych można obliczyć prędkość filtracji wg wzoru:

$$v = Q/A_f \text{ [m/h]}.$$

Jedna pompa międzyoperacyjna współpracuje z jedną sekcją filtracyjną, dlatego dla maksymalnej wydajności 1 pompy równej $Q = 36,0 \text{ m}^3/\text{h}$ i powierzchni filtracyjnej (1 sekcji) równej $2 * A_f = 3,0 \text{ m}^2$ prędkość filtracji wynosi:

$$v = 36/3,$$

$$v = \underline{12,0 \text{ m/h}}.$$

Jest to bardzo wysoka prędkość filtracji, uwzględniając wysokość złoża filtracyjnego oraz

konieczność jednoczesnego odmanganiania i odżelaziania wody.

Podstawowy parametr który bezpośredni i podstawowy wpływ ma prędkość filtracji w układach jednostopniowego usuwania żelaza i manganu to wysokość strefy odżelaziania, limitująca efektywność usuwania w dalszej kolejności manganu z wody.

Wysokość strefy odżelaziania wody

Wysokość strefy odżelaziania wody zależy od:

- zawartości żelaza w wodzie surowej,
- % udział Fe^{+2} w stosunku do żelaza ogólnego,
- uziarnienia złoża filtracyjnego,
- prędkości filtracji.

Obliczenie wysokości strefy odżelaziania przeprowadzono dla trzech stanów rozbiorów

1. Q,
2. Q+Tr,
3. $\frac{1}{2}$ Q+Tr.

Prędkości filtracji oraz stężenia żelaza w wodzie dla różnych stanów przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Prędkość filtracji oraz stężenie żelaza dla poszczególnych stanów rozbiorów

Stan rozbioru	Rozbiór [m ³ /h]	stężenie Fe w wodzie [mgFe/L]	prędkość filtracji dla poszczególnych stanów [m/h]
Q	65,7	3,94	11,0
Q + Tr	85,7	3,14	14,3
$\frac{1}{2}$ Q + Tr	52,9	2,50	8,8

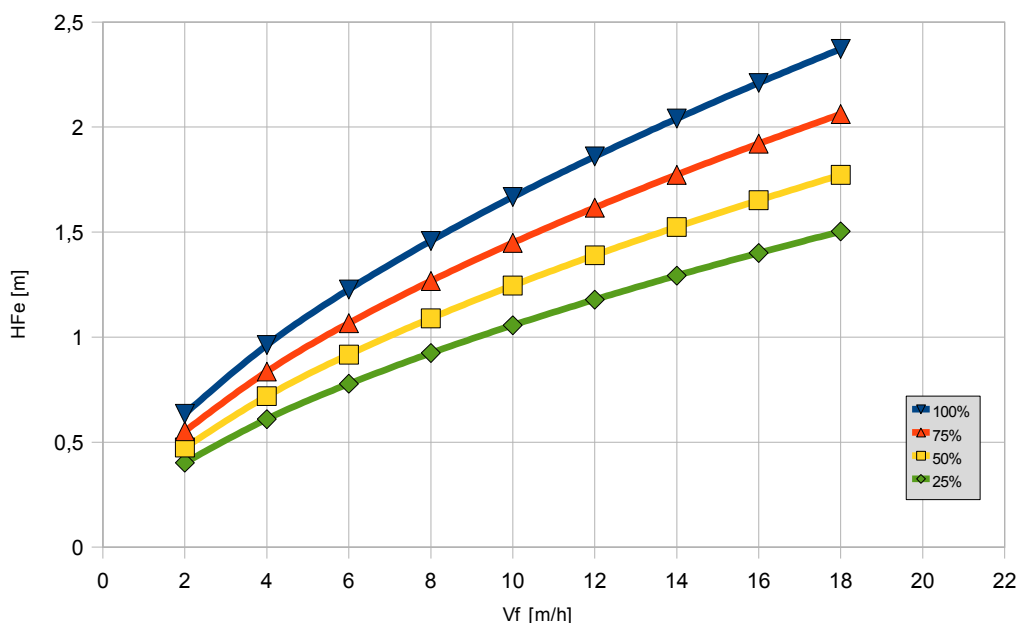
Jeżeli woda przed filtracją była napowietrzana w układzie otwartym zawierającym komorę reakcji, jak w przypadku wody czempieńskiej, to hydroliza, utlenienie oraz kłaczkowanie wodorotlenku żelazowego przebiega przed filtracją, a w złożu zatrzymywane są tylko wytworzone kłaczkki $Fe(OH)_3$. Stąd % udział Fe^{+2} w stosunku do żelaza ogólnego w wodzie dopływającej na filtr przyjęto najniższy równy 25,0 % (wysoki stopień utlenienia).

Uziarnienie złoża filtracyjnego wynosi 0,8 – 1,6 mm. Średnicę miarodajną ziaren złoża przyjęto do obliczeń równą 1,0 mm.

Wysokości stref odżelaziania dla poszczególnych stanów przedstawiono za pomocą wykresów.

1. Stan rozbioru „Q”

Wykres 1. Wykres zależności strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla stanu rozbioru „Q”



Dla stanu rozbioru „Q” i odpowiadającej mu prędkości filtracji na poziomie 11,0 m/h oraz 25,0 % udziału Fe^{+2} w stosunku do żelaza ogólnego, wysokość strefy odżelaziania powinna wynosić 1,15 m. Filtry wypełnione są obecnie warstwą piasku o wysokości 0,9 m. Jest to zatem zdecydowanie za mało na całkowite usunięcie dopływającego na filtry żelaza (dla rozpatrywanego stanu rozbioru) w ilości 3,94 mgFe/dm³.

Dla całkowitego usunięcia w wody żelaza jak i także manganu, dla którego wysokość złoża przyjmuje się na poziomie $H_{Mn} = 0,5$ m, przy aktualnym wypełnieniu filtra złożem o wysokości 0,9 m, należałoby przyjąć bardzo niską prędkość filtracji równą 2,0 m/h. Wówczas na strefę odżelaziania przypadłoby $H_{Fe} = 0,4$ m.

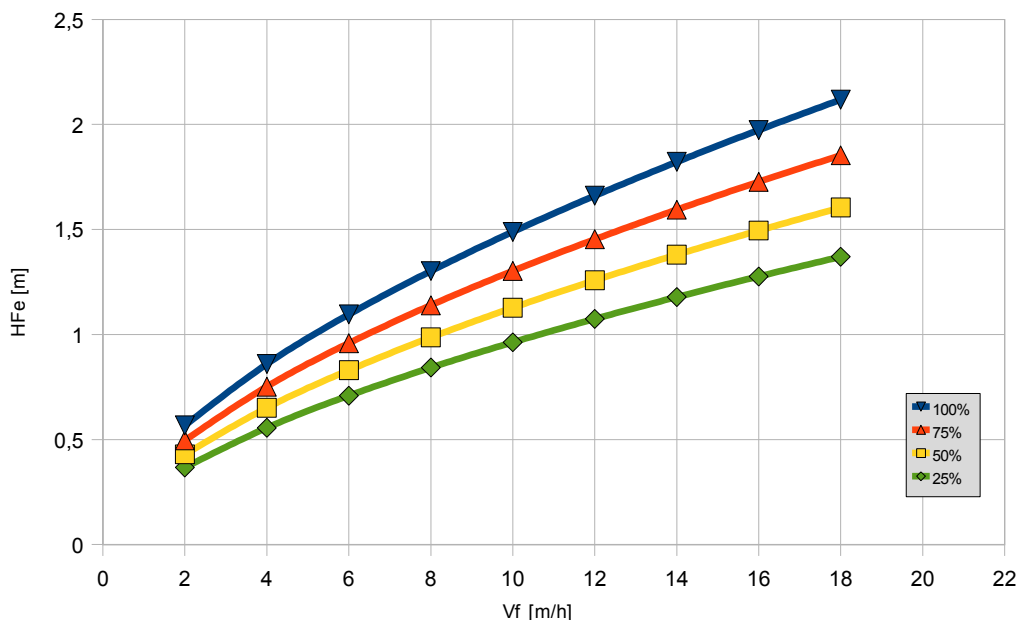
Innym rozwiązaniem jest wprowadzenie filtracji dwustopniowej. Na pierwszym stopniu i częściowo na drugim usuwane byłoby wyłącznie żelazo. Wysokość strefy odżelaziania H_{Fe} równa byłaby wysokości złoża 0,9 m.

Mangan usuwany byłby w warstwie katalitycznej drugiego stopnia filtracji.

Obniżenie wysokości strefy odżelaziania można uzyskać poprzez zastosowanie innego materiału filtracyjnego jakim jest np. piasek chalcedonitowy. Badania wykazują, że możliwe jest zmniejszenie wysokości strefy odżelaziania nawet o połowę.

2. Stan rozbioru „Q + Tr”

Wykres 2. Wykres zależności strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla stanu rozbioru „Q+Tr”



Dla stanu rozbioru „Q+Tr” i odpowiadającej mu prędkości filtracji na poziomie 14,3 m/h oraz 25,0 % udziału Fe^{+2} w stosunku do żelaza ogólnego, wysokość strefy odżelaziania powinna wynosić 1,20m. Filtry wypełnione są obecnie warstwą piasku o wysokości 0,9 m. Jest to zatem zdecydowanie za mało na całkowite usunięcie dopływającego na filtry żelaza (dla rozpatrywanego stanu rozbioru) w ilości 3,14 mgFe/dm³.

Dla całkowitego usunięcia w wody żelaza jak i także manganu, dla którego wysokość złoża przyjmuje się na poziomie $H_{Mn} = 0,5$ m, przy aktualnym wypełnieniu filtra złożem o wysokości 0,9 m, należałoby przyjąć bardzo niską prędkość filtracji równą 2,0 m/h. Wówczas na strefę odżelaziania przypadłoby $H_{Fe} = 0,37$ m.

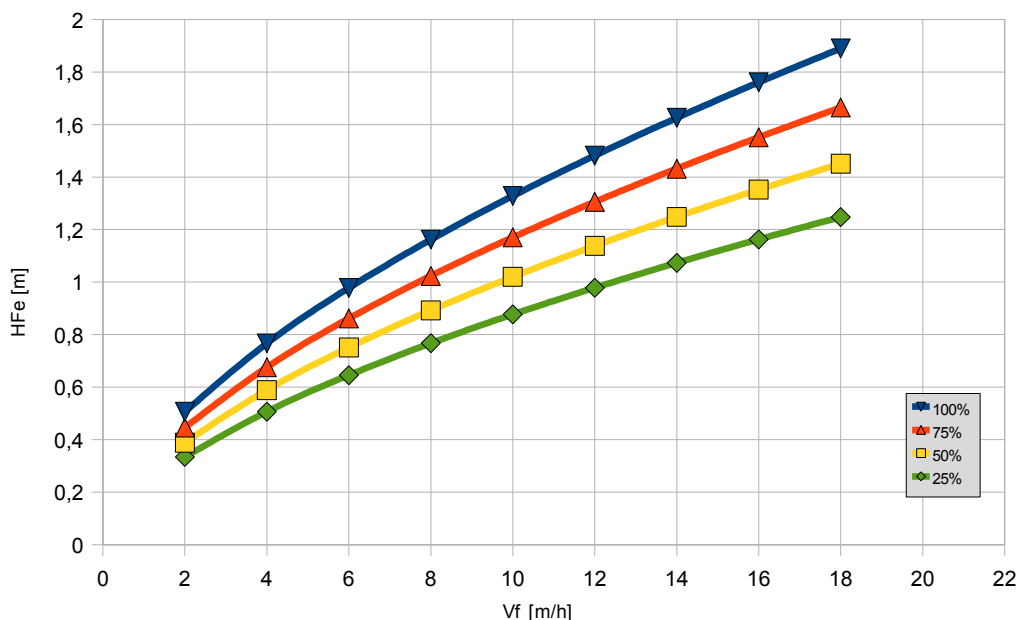
Innym rozwiązaniem jest wprowadzenie filtracji dwustopniowej. Na pierwszym i częściowo na drugim stopniu usuwane byłoby wyłącznie żelazo. Wysokość strefy odżelaziania H_{Fe} równa byłaby wysokości złoża 0,9 m.

Drugi stopień filtracji przeznaczony byłby na usunięcie z wody manganu.

Obniżenie wysokości strefy odżelaziania można uzyskać poprzez zastosowanie innego materiału filtracyjnego jakim jest np. piasek chalcedonitowy. Badania wykazują, że możliwe jest zmniejszenie wysokości strefy odżelaziania nawet o połowę.

3. Stan rozbioru „ $\frac{1}{2} Q + Tr$ ”

Wykres 3. Wykres zależności strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla stanu rozbioru „ $\frac{1}{2} Q + Tr$ ”



Dla stanu rozbioru „ $\frac{1}{2} Q + Tr$ ” i odpowiadającej mu prędkości filtracji na poziomie 8,8 m/h oraz 25,0 % udziału Fe^{+2} w stosunku do żelaza ogólnego, wysokość strefy odżelaziania powinna wynosić 0,8m. Filtry wypełnione są obecnie warstwą piasku o wysokości 0,9 m. Zatem żelazo dopływające na filtry w ilości 2,5 mgFe/L może być całkowicie usunięte.

Oprócz żelaza na filtrach usunięty musi być także mangan. Wysokość złoża przeznaczona na strefę odmanganiania przyjmuje się na poziomie $H_{Mn} = 0,5$ m. Przy aktualnym wypełnieniu filtra złożem o wysokości 0,9 m, należałoby przyjąć prędkość filtracji równą 2,0 m/h. Wówczas na strefę odżelaziania przypadłoby $H_{Fe} = 0,33$ m.

Innym i lepszym rozwiązaniem jest wprowadzenie filtracji dwustopniowej. Na pierwszym i częściowo na drugim stopniu usuwane byłoby wyłącznie żelazo. Wysokość strefy odżelaziania H_{Fe} równa byłaby wysokości złoża 0,9 m. Wówczas prędkość filtracji wynosiłaby jak dotychczas około 9,0 m/h.

Drugi stopień filtracji przeznaczony byłby na usunięcie z wody manganu.

Obniżenie wysokości strefy odżelaziania można uzyskać poprzez zastosowanie innego materiału filtracyjnego jakim jest np. piasek chalcedonitowy. Badania wykazują, że możliwe jest zmniejszenie wysokości strefy odżelaziania nawet o połowę.

Długość cyklu filtracyjnego

Długość cyklu filtracyjnego jest istotnym parametrem technologicznym limitującym:

- koszt eksploatacji układu uzdatniania,
- zużycie wody na potrzeby własne wodociągu (straty wody),
- efektywność usuwania zanieczyszczeń z wody.

Zbyt długi cykl filtracyjny powoduje ograniczenia efektów usuwania, przede wszystkim manganu, bowiem wysokość strefy odżelaziania zależy od tego jak długo trwa cykl.

Przy nadmiarze długich cyklach, żelazo wnika coraz głębiej w złoża filtracyjne zajmując strefę odmanganiania wody.

Z kolei zbyt krótki cykl filtracyjny oprócz strat wody, powoduje nadmierne zdzieranie powłok i błon katalitycznych i biologicznych tworzących się na powierzchni ziaren złoża filtracyjnego.

Dla piasku kwarcowego w jednoczesnym odżelazianiu i odmanganianiu wody przyjmuje się, że odpowiadająca długości cyklu filtracyjnego pojemność masowa złoża na żelazo i mangan nie powinna przekraczać $2500,0 \text{ g/m}^2$ (kryterialna wartość pojemności masowej charakteryzującej efektywną pracę filtrów odżelaziających i odmanganiających).

Miesięczną produkcję wody na SUW Czempień w roku 2008 oraz 2009 (na podstawie danych dostarczonych przez ZGK Czempień) przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Miesięczna i dobowa produkcja wody na SUW Czempień - rok 2008 i 2009

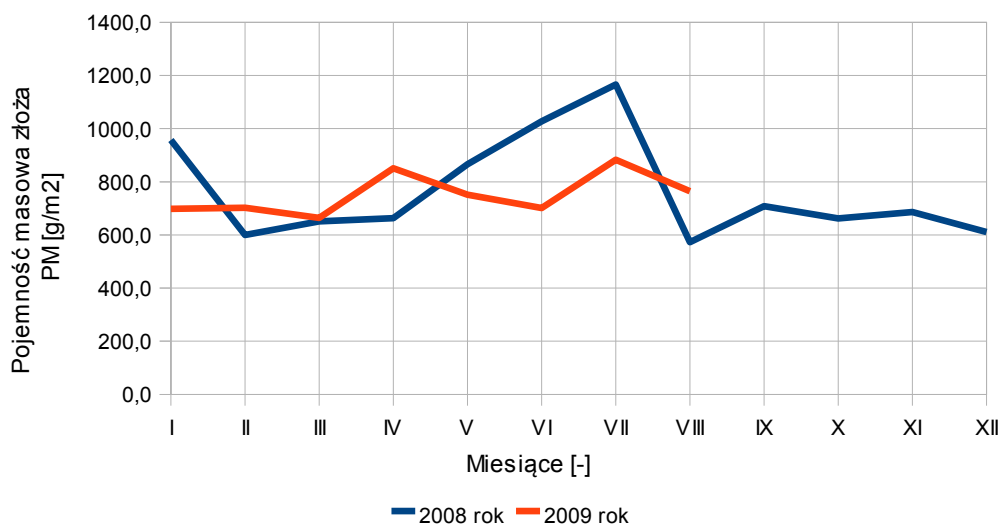
M-c	2008 rok		2009 rok	
	[m ³ /m-c]	Qdśr.[m ³ /d]	[m ³ /m-c]	Qdśr.[m ³ /d]
I	22 846	737,0	16 680	538,1
II	13 396	461,9	15 144	540,9
III	15 540	501,3	15 860	511,6
IV	15 320	510,7	19 662	655,4
V	20 680	667,1	17 932	578,5
VI	23 730	791,0	16 212	540,4
VII	27 850	898,4	21 070	679,7
VIII	13 668	440,9	18 250	588,7
IX	16 372	545,7		
X	15 810	510,0		
XI	15 860	528,7		
XII	14 580	470,3		

Na podstawie powyższych danych dotyczących produkcji wody obliczono pojemność masową złoża. Do obliczeń wykorzystano następujące dane:

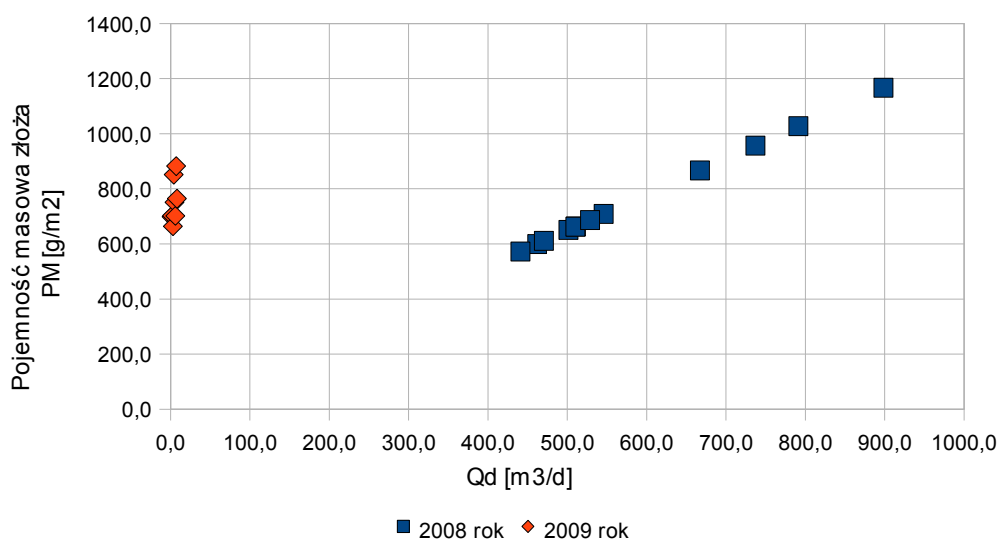
- długość cyklu filtracyjnego – 1d (w obecnie eksploatowanym układzie),
- maksymalne stężenie żelaza równe $4,1 \text{ mgFe/L}$,
- powierzchnia filtracyjnej $A_f = 6,0 \text{ m}^2$.

Wyniki przedstawiono na wykresach 4 i 5.

Wykres 4. Pojemność masowa złoża w poszczególnych miesiącach – rok 2008 i 2009



Wykres 5. Pojemność masowa złoża w zależności od produkcji dobowej wody Qd – rok 2008 i 2009



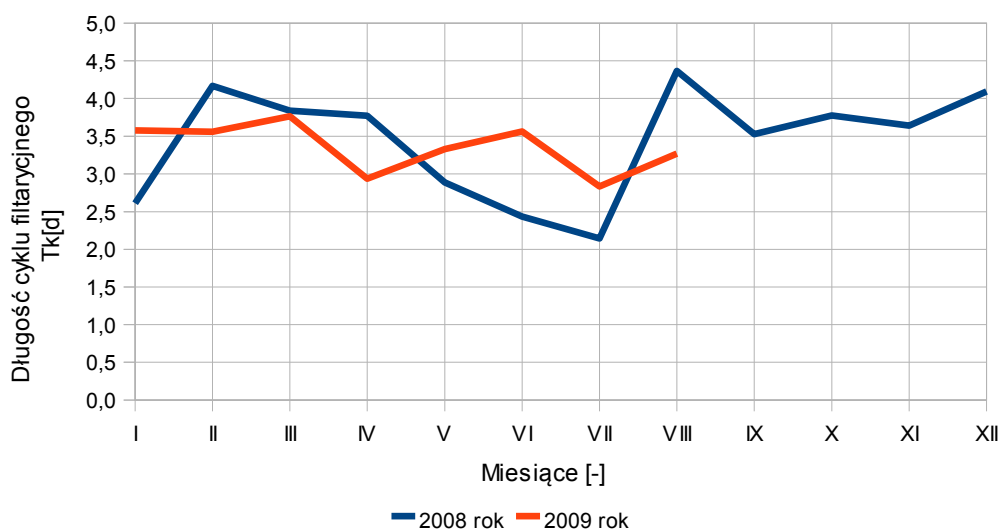
Pojemność masowa złoża przy jednodniowym cyklu filtracyjnym wahała się w granicach od 600,0 do 1200,0 g/m² (dla 2008 roku) i od 600,0 do 900,0 g/m² dla roku 2009. Większe wartości PM odnotowano w miesiącach letnich, gdy zapotrzebowanie na wodę wzrastało, a tym samym także zwiększała się produkcja wody na SUW.

Kryterialna wartość pojemności masowej charakteryzującej efektywną pracę filtrów odżelaziających i odmanganiających nie powinna przekraczać 2500,0 g/m². W obecnej sytuacji filtry płukane są codziennie. Można by zatem wydłużyć cykl filtracyjny uzyskując tym samym większe wartości pojemności masowej.

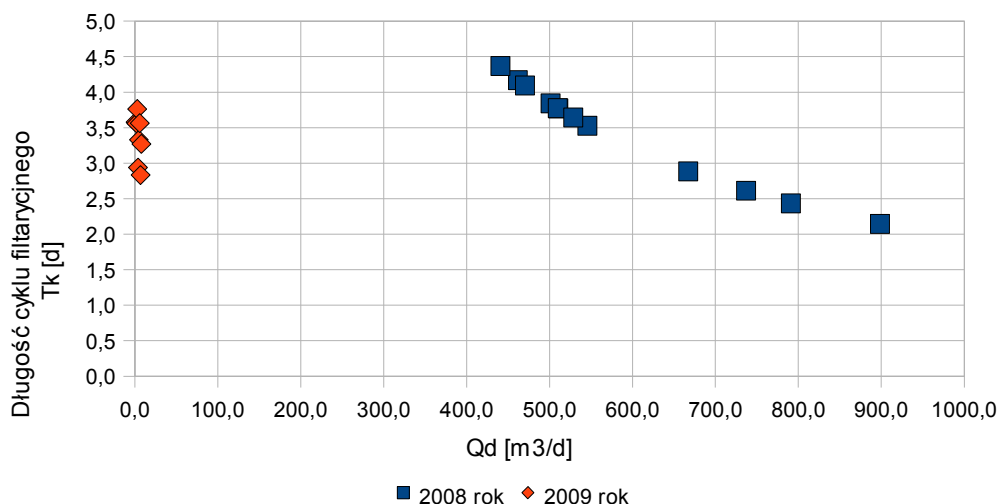
Na wykresach 6 i 7 przedstawiono zależność określającą długość cyklu filtracyjnego. Obliczenia i wykresy wykonano dla następujących warunków:

- dla stałej wartości pojemności masowej $PM = 2500,0 \text{ g/m}^2$,
- maksymalnego stężenia żelaza równe $4,1 \text{ mgFe/L}$,
- powierzchni filtracyjnej $A_f = 6,0 \text{ m}^2$,
- danych o produkcji dobowej wody na SUW Czempień.

Wykres 6. Długość cyklu filtracyjnego w poszczególnych miesiącach – rok 2008 i 2009



Wykres 7. Długość cyklu filtracyjnego w zależności od produkcji dobowej wody – rok 2008 i 2009



Długość cyklu filtracyjnego jest odwrotnie proporcjonalna do produkcji dobowej wody. Przy wzroście produkcji wody skraca się długość cyklu filtracyjnego.

Długość cyklu filtracyjnego dla obecnie eksploatowanego układu można by wydłużyć do

średnio 3 dni uzyskując wówczas pojemność masową na poziomie około 2500,0 g/m².

Zdecydowanie lepsze własności zatrzymywania zawiesin ze złoża filtracyjnego oraz wyższe pojemności masowe, uzyskuje się np. na takim złożu filtracyjnym jak antracyt czy przede wszystkim chalcedonit. Oprócz korzyści natury ekonomicznej, zastosowanie tego złoża przynosi korzyści natury technologicznej, do których należy m. in.:

- wspomniane wydłużenie cyklu filtracyjnego,
- obniżenie wysokości strefy odżelaziania,
- wyższą efektywność wpracowania złoża do usuwania jonu amonowego.

Intensywność płukania wodą i powietrzem

Złoże filtracyjne płukane będzie wodą i powietrzem.

Na dzień dzisiejszy do płukania powietrzem wykorzystywane jest powietrze zgromadzone w zbiorniku akumulacyjnym powietrza o objętości $V = 0,9 \text{ m}^3$, napełnionym przy użyciu dwóch sprężarek.

Parametry obecnie pracujących sprężarek:

- typ Polmo Gorlice,
- kpl. 1,
- $Q = 2 \times 135,0 \text{ dm}^3/\text{min} = 16,2 \text{ m}^3/\text{h}$,
- $N_s = 2 \times 1,1 \text{ kW}$,
- obsługa przepustnic pneumatycznych.

W trakcie płukania filtra powietrzem następuje stopniowe wypuszczenie powietrza ze zbiornika, aż do całkowitego obniżenia ciśnienia.

Teoretyczna intensywność płukania powietrzem w przypadku jednoczesnego odżelaziania i odmanganiania wody podziemnej wynosi ok. 15,0 l/m²s.

Przy takiej intensywności wydajność płukania powietrzem powinna wynosić:

$$Q_p = 15,0 \cdot 1,50 \cdot 3,6 = 81,0 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Uzyskanie takiej wydajności przy płukaniu powietrzem z istniejącego zbiornika akumulacyjnego jest absolutnie niemożliwe. Taką wydajność można uzyskać tylko przy zastosowaniu dmuchawy.

Można w przeliczeniu wyliczyć, że z istniejącego zbiornika akumulacyjnego o objętości 0,9 m³, przy spadku ciśnienia założoną z 0,6 do 0,3 MPa przez czas płukania równy 3,0 min. pozwala uzyskać wydajność godzinową płukania:

$$V_p^R = [(0,6 \cdot 0,9) / 0,3] - 0,9 = 0,9 \text{ m}^3,$$

$$Q_p^R = (0,9 / 3,0) \cdot 60,0 = 18,0 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Odpowiada to intensywności płukania na poziomie:

$$I_P^R = 18,0 / (1,5 * 3,6) = 3,3 \text{ l/m}^2\text{s}.$$

Jest to zbyt mała intensywność płukania. Praktycznie nie ma możliwości technicznej wypłukania złożeń filtracyjnych na omawianym obiekcie z wystarczającą intensywnością. Nie ma również sensownej metody zwiększenia intensywności płukania powietrzem, bez zastosowania dmuchawy. Tak niska wydajność procesu płukania generuje przede wszystkim problemy ze zbryleniem złoża filtracyjnego oraz trudności z jego doczyszczaniem z powłok żelazowych.

Skuteczne płukanie złoża filtracyjnego wodą uzyskuje się przy intensywności płukania wodą w granicach 12,0 – 15,0 l/m²s. Odpowiada to wydajności pompy płuczącej na poziomie:

$$Q_w = (12 - 15) * 1,5 * 3,6 = 64,8 - 81 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Płukanie wodą odbywa się za pomocą pompy płuczącej. Woda pobierana jest ze zbiorników reakcji.

Parametry pompy płuczącej:

- firma LFP,
- ilość: 1,
- $Q = 36,0 - 75,0 \text{ m}^3/\text{h}$,
- $N = 5,5 \text{ kW}$,
- $n = 2900 \text{ min}^{-1}$.

Przy wydajności 36,0 – 75,0 m³/h rzeczywista intensywność płukania wodą wynosi:

$$i_{rz} = (36 \div 75) / (1,5 * 3,6) = 6,7 \div 13,9 \text{ l/m}^2\text{s}.$$

Płukanie filtrów na SUW Czempień odbywa się następująco:

- I faza – płukanie wodą przez 5 minut
- II faza – spust wody z filtru przez 20 sekund
- III faza – płukanie powietrzem przez 3 minuty
- IV faza – płukanie wodą przez 5 minut
- V faza – filtracja wraz z odprowadzeniem pierwszego filtratu przez okres 5 minut

2.7. Zbiorniki wyrównawcze

Informacja techniczna

Woda z filtrów transportowana jest do zbiorników wody czystej zlokalizowanych na zewnątrz.

Parametry zbiorników:

- firma: PROWODROL Sulechów,
- $V = 100 \text{ m}^3$,
- ilość: 5.

Sumaryczna objętość zbiorników wyrównawczych wynosi:

$$V_c = 500 \text{ m}^3.$$

Zdjęcie 5. Zbiorniki wyrównawcze na SUW Czempień



2.8. Pompy III^o

Informacja techniczna

Zadaniem pomp sieciowych jest pokrywanie rozbiorów wody w sieci wodociągowej na cele bytowo- gospodarcze i p. poż. przy współpracy ze zbiornikami wody czystej. Ze zbiorników wody czystej za pomocą zestawu pompowego sterowanego elektronicznie w zależności od rozbioru w sieci (III^o) woda podawana jest do sieci miejskiej.

Zestaw pomp sieciowych składa się z następujących pomp:

- typ 100 PJM – 190 szczytowa – 1 sztuka,
 $Q = 1250,0 - 2000,0 \text{ l/min.}$,
 $H = 42,0 - 37,0 \text{ m sł.w.}$,
 $n = 2900 \text{ min}^{-1}$,

$N = 18,5 \text{ kW}$,

- typ 80 PJM – 180 szczytowa – 1 sztuka,
 $Q = 600,0 - 1250,0 \text{ l/min.}$,
 $H = 42,0 - 36,0 \text{ m sł.w.}$,
 $n = 2900 \text{ min}^{-1}$,
 $N = 11,0 \text{ kW}$,

- typ 65 PJM - 170 szczytowa – 1 sztuka,
 $Q = 400,0 - 600,0 \text{ l/min.}$,
 $H = 37,0 - 34,0 \text{ m sł.w.}$,
 $n = 2900 \text{ min}^{-1}$,
 $N = 5,5 \text{ kW}$,

- typ 50 PJM – 170 szczytowa – 1 sztuka,
 $Q = 130,0 - 300,0 \text{ l/min.}$,
 $H = 37,0 - 30,0 \text{ m sł.w.}$,
 $n = 2900 \text{ min}^{-1}$,
 $N = 3,0 \text{ kW}$.

Producentem pomp jest Leszczyńska Fabryka Pomp w Lesznie.

Zdjęcie 6. Zestaw pomp sieciowych na SUW Czempień



2.9. Dezynfekcja wody

Informacja techniczna

Celem dezynfekcji wody jest zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form organizmów patogennych oraz zapobieżenie ich wtórnemu rozwojowi w sieci wodociągowej. Prowadzona jest metodami fizycznymi bądź też chemicznymi.

Pod względem bakteriologicznym jakość wody czempieńskiej jest dobra. Jednak w przypadku skażenia wody stosowany będzie podchloryn sodu, który dodawany będzie do rurociągu wody czystej. Do dawkowania roztworu NaOCl stosowany jest chlorator typu CFG PROMINENT.

Podchloryn sodowy występuje w postaci uwodnionych soli NaOCl*5H₂O lub NaOCl*2,5H₂O. Posiada białą barwę i jest związkiem nietrwałym. Łatwo rozpuszcza się w wodzie. Wodny roztwór charakteryzuje się słabym zabarwieniem. Do dezynfekcji wody stosuje się rozcieńczone wodne roztwory NaOCl. Woda do przygotowania.

Dozowany jest 1,0 % roztwór wodny podchlorynu sodu. Roztwór ten jest dozowany do rurociągu wody uzdatnionej za filtrami, a przed zbiornikami wody czystej.

W wodzie chlorowanej powinno pozostać 0,3 – 0,5 gCl₂/m³ w postaci wolnego chloru.

Obliczenia technologiczne

Maksymalna dawka chloru oblicza się ze wzoru :

$$D_{\max} = Q_{\max} * d_j \text{ [gCl}_2\text{/h]}.$$

Dla trzech stanów rozbiorów dawkę chloru przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Obliczeniowa dawka chloru dla trzech stanów rozbioru

Stan rozbioru	Rozbiór [m ³ /h]	dawka chloru [gCl ₂ /h]
Q	65,7	20,0 – 30,0
Q + Tr	85,7	25,0 – 43,0
½ Q + Tr	52,9	15,0 - 27,0

Dezynfekcja wody przefiltrowanej odbywa się obecnie za pomocą podchlorynu sody rozcieńczonego do 1,0 % stężenia wolnego chloru dawką 1,2 mg CL₂/L.

Podchloryn sodu jest dozowany do wody przy pomocy zestawu pompki dozujących firmy ProMInent RFN.

W skład zestawu wchodzi:

- pompa dozująca typu E 0407- szt. 2,
- zbiornik zasobowy o pojemności 160,0 l,
- mieszadło z napędem ręcznym,
- zbiornik zasobowo - roztworowy o pojemności 300,0 l.

Parametry pompki dozującej:

- typ B 0407,
- $Q = 6,3 \text{ l/h}$,
- $H_p = 3,5 \text{ bar}$,
- $N_s = 0,012 \text{ kW}$.

Dla maksymalnej wydajności pompki $Q = 6,3 \text{ l/h}$ oraz objętości zbiornika zasobowo – roztworowego $300,0 \text{ l}$, zapas chloru wynosi:

$$t = V/(Q*24),$$
$$t = 2 \text{ dni.}$$

2.10. Odstożnik wód popłucznych

Informacja techniczna

Wody popłuczne odprowadzane są do dwukomorowego odstożnika wód popłucznych.

Zdjęcie 7. Odstożniki wód popłucznych na SUW Czempin



Obliczenia technologiczne

Płukanie wodą odbywa się w dwóch fazach trwających po 5 minut z intensywnością projektowaną $15,0 \text{ l/m}^2\text{s}$, rzeczywistą $6,7 \div 13,9 \text{ l/m}^2\text{s}$. Do dalszych analiz wzięto intensywność $13,0 \text{ l/m}^2\text{s}$.

1. Zapotrzebowanie wody do płukania filtrów wynosi:

$$V_w = F * q * t_p * n,$$

Gdzie:

F – powierzchnia filtru, 1,5 m²,

q – intensywność płukania, 13,0 l/m²s,

t_p – czas płukania 10 minut (2 x po 5 minut) = 600,0 s,

n – liczba filtrów = 2.

$$V_w = 1,5 * 13 * 600 * 2,$$
$$V_w = 23\,400 \text{ L} = \text{ok. } 23,5 \text{ m}^3.$$

2. Ilość pierwszego filtratu – stabilizacja złoża:

$$V_{st} = F * v * T * n,$$

Gdzie:

F – powierzchnia filtru, 1,5m²,

v – prędkość filtracji, obecna przy 4 jednostkach filtracyjnych o Af = 1,5m², v = 12,0 m/h,

T – czas stabilizacji złoża – odprowadzenia pierwszego filtratu – 5 minut =0,08 h,

n – ilość filtrów.

$$V_{st} = 1,5 * 12 * 0,08 * 2,$$
$$V_{st} = 2,9 \text{ m}^3.$$

3. Całkowita ilość wód popłucznych:

$$V = V_w + V_{st} = 26,5 \text{ m}^3.$$

Wody popłuczne kierowane są do dwukomorowego odstoju wód popłucznych, gdzie następuje ich sklarowanie.

Parametry odstoju wód popłucznych, jednej komory:

– $V_{\text{całk.1}} = 149,8 \text{ m}^3$, $h_{\text{całk}} = 2,2 \text{ m}$,

– $V_{\text{użyty1}} = 95,4 \text{ m}^3$, $h_{\text{użyty}} = 1,4 \text{ m}$,

– $V_{\text{osad.1}} = 40,8 \text{ m}^3$, $h_{\text{os.}} = 0,6 \text{ m}$.

Pojemność całkowita użytkowa wynosi:

$$V_{\text{całk.}} = 190,8 \text{ m}^3.$$

Po sklarowaniu wody popłuczne odprowadzane są do urządzenia wodnego jakim jest rów melioracji szczegółowych.

3. Wnioski i wytyczne eksploatacyjno, modernizacyjne

Na podstawie przeprowadzonej analizy można wyciągnąć następujące wnioski:

- problemy z usuwaniem manganu wiążą się ze zbyt wysoką prędkością filtracji jak na układ uzdatniania jednostopniowego,
- by w istniejącym układzie, przy uwzględnieniu jakości wody surowej możliwe było usunięcie żelaza oraz manganu konieczne trzeba zmniejszyć prędkość filtracji do 4,0 m/h co daje wydajność SUW na poziomie 24,0 m³/h, a więc dalece zbyt mało w stosunku do potrzeb SUW,
- w tym kontekście istnieje konieczność przeprowadzenia działań modernizacyjnych, które wariantowo przedstawiają się następująco:
 - poprawa efektywności utlenienia żelaza,
 - zmiana złoża filtracyjnego,
 - rozbudowa SUW o kolejny stopień filtracji,
- biorąc pod uwagę specyfikę jakościową wody ujmowanej na potrzeby SUW Czempień, w tym problemy z barwą ujęcia trzeciorzędowego, wydaje się, że najlepsze efekty przyniesie rozbudowa układu oraz wymiana złoża na I stopniu filtracji,
- ze względu na fakt, iż pojemność masowa złoża jest mniejsza od 1500,0 g/m² możliwe jest wydłużenie cyklu filtracyjnego do średnio 3,5 doby, co znacząco poprawi ekonomikę eksploatacji SUW oraz warunki technologiczne pracy filtrów,
- oprócz manganu podczas pracy ujęcia Tr pojawia się problem barwy. Usunięcie tego wskaźnika wymaga zastosowania procesu koagulacji.
- tylko po wprowadzeniu procesu koagulacji powierzchniowej lub objętościowej,
- proces koagulacji zostanie szczegółowo przeanalizowany na etapie opracowania projektowego.

Reasumując, zgodnie z przeprowadzoną analizą technologiczną by możliwe było skuteczne uzdatnianie wody na SUW Czempień konieczna jest rozbudowa układu o II stopień filtracji oraz dozowanie koagulantu. Ponadto, z uwagi na niekorzystnie rozwiązany układ pomp międzyoperacyjnych, który generuje bez względu na rozbiór wody wysokie prędkości filtracji, zaleca się jego wymianę na zestaw płynnie dopasowujący produkcję do zapotrzebowania.

Obecnie układ działa na częściowej automatyzacji. Zaleca się by nowy stopień miał wyjście pod pełną automatyzację.

Kolejny element, który zgodnie z analizą wymaga przeprojektowania to urządzenia płuczące. Ze względu na zbyt niskie wydajności, przede wszystkim urządzeń do płukania powietrzem, zaleca się montaż dmuchawy.

Wszystkie elementy zostaną szczegółowo przedstawione w części projektowej (obliczeniowej i rysunkowej) opracowania.

Rozbudowa technologii uzdatniania wody na SUW Czempień

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest rozbudowa technologii uzdatniania wody na Stacji Uzdatniania Wody w Czempiniu.

Niska efektywność procesów uzdatniania wody, której przyczyny określono w opracowaniu wstępnym, objawiająca się problemami w uzyskaniu jakości wody na wyjściu SUW zgodnej z obowiązującymi przepisami, wymuszają konieczność podjęcia działań modernizacyjnych.

Obecnie układ uzdatniania opiera się o następujące procesy jednostkowe:

- ujęcie wody,
- napowietrzanie przy użyciu mieszacza statycznego rurowego,
- przytrzymanie wody w zbiornikach reakcji,
- filtracja ciśnieniowa wody przez złoża piaskowe,
- retencja wody w zbiornikach wyrównawczych,
- tłoczenie wody do sieci.

Wody popłuczne odprowadzane są do dwukomorowego odstojnika wód popłucznych, a następnie kierowane do rowu melioracji szczegółowych.

W ramach przeprojektowania technologii uzdatniania wody na SUW Czempień przewiduje się:

- zastosowanie koagulacji celem wyeliminowania barwy wody,
- zaprojektowanie drugiego stopnia filtracji do usuwania resztkowych zawartości żelaza oraz usunięcia z wody manganu.

Podstawę opracowania stanowią:

- aktualne pozwolenie wodno – prawne dla SUW Czempień na pobór wód oraz odprowadzenie wód popłucznych,
- analiza technologiczna SUW Czempień przeprowadzona przez firmę NENTECH S.C.,
- aktualne Rozporządzenie Ministra Zdrowia ws. jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi,
- badania technologiczne usuwania barwy z wody.

2. Ujęcie wody i pozwolenie wodno – prawne

Zgodnie z pozwoleniem wodno - prawnym z dnia 22.12.2005 r. Zakład Gospodarki Komunalnej w Czempiniu uzyskał możliwość eksploatacji wody z ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w następującej ilości:

- $Q_{dśr.} = 1594,0 \text{ m}^3/\text{d}$,
- $Q_{hmax.} = 96,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Woda ujmowana jest z czterech studni wierconych nr 1, 2a, 4a, 5, z czego eksploatowane są obecnie dwie nr **1** i **4a**.

Ponadto Zakład Gospodarki Komunalnej w Czempiniu eksploatuje także wodę z ujęcia wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym wydanym w dniu 12.12.2006 r. w ilości wynoszącej:

- $Q_{dśr.} = 400,0 \text{ m}^3/\text{d}$
- $Q_{hmax.} = 20,0 \text{ m}^3/\text{h}$

Woda ujmowana jest z jednej studni wierconej **1M**.

Ujęcie trzeciorzędowe to otwór nr **1M** zlokalizowany na ul. Wodnej w Czempiniu.

W sytuacji eksploatacji ujęcia czwartorzędowego występują problemy z przekroczeniem manganu w wodzie uzdatnionej, natomiast przy niedoborach wody podziemnej korzysta się z ujęcia trzeciorzędowego, w którym pojawia się problem barwy.

Woda ze studni ujmowana jest przy pomocy pomp głębinowych i tłoczona po napowietrzeniu do zbiorników reakcji, następnie pompami II stopnia podawana jest na filtry ciśnieniowe, gdzie zatrzymywane zostają zanieczyszczenia (żelazo i mangan). Po przefiltrowaniu woda magazynowana jest w zbiornikach wody czystej ($5 \times 1 \text{ 00m}^3$). Woda podawana jest do sieci miejskiej za pomocą zestawu pompowego (III stopnia pompownia) sterowanego przetwornicą częstotliwości.

W tabeli nr 1 przedstawiono średnią ważoną dla wody zmieszanej.

Tabela 1. Jakość wody podziemnej mieszanej (Q+Tr)

Parametr	Studnia nr 1	Studnia nr 4a	Studnia nr 1M	Średnia ważona Fe, Mn, B
Q [m ³ /h]	26,7	39,0	20,0	
żelazo [mgFe/dm ³]	3,70	4,10	0,53	3,14
mangan [mgMn/dm ³]	0,36	0,32	0,02	0,26
barwa [mgPt/dm ³]	10	12	50	20,25

3. Charakterystyka istniejącego układu

Układ technologiczny uzdatniania wody o przekroczonej zawartości manganu, barwy na SUW Czempień opiera się o proces napowietrzania, przetrzymania w zbiorniku reakcji oraz filtracji.

Napowietrzanie

W przypadku SUW w Czempiniu napowietrzanie oparte zostało o mieszacz statyczny rurowy. Urządzenie zamontowane jest przed zbiornikiem reakcji. Zadaniem mieszacza jest szybkie i równomierne rozprowadzenie w wodzie surowej sprężonego powietrza. Powietrze do napowietrzania tłoczone jest sprężarką ze zbiornika akumulacyjnego o $D = 800 \text{ mm}$.

Wyznaczone zapotrzebowanie na tlen dla wody w Czempiniu nie przekracza $4,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$ (max. $3,6 \text{ mgO}_2/\text{L}$). Przy założeniu, że stężenie tlenu po filtrach nie powinno być niższe niż $3,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$, proces napowietrzania wody winien zapewnić tlen na poziomie ok. $7,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$.

Ilość powietrza do natlenienia wody powinna wynosić ok. 10 % ilości tłoczonej wody surowej. Analizując poszczególne stany rozbioru ilość powietrza powinna wahać się zatem w granicach od $5,2$ do $8,5 \text{ m}^3$.

Zbiorniki reakcji

Zbiorniki reakcji umożliwiają hydrolizę i utlenienie związków żelaza i manganu pod wpływem tlenu rozpuszczonego w wodzie, wytrącanie się powstającego tlenku manganu oraz wyklączkowanie żelaza zawartego w wodzie surowej i dalej katalityczne działanie wytrącającego się w zbiorniku tlenku manganu oraz wodorotlenku żelazowego na proces hydrolizy i utleniania jonów żelaza i manganu.

Istotnym parametrem zapewniającym właściwy przebieg procesu jest czas przetrzymania wody w zbiornikach reakcji.

Dla trzech rozpatrywanych stanów wg analizy technologicznej był on długi i wynosił od 90 do 120 minut. Pozwala to na bardzo efektywne utlenienie żelaza przed filtracją, występowanie go w formie wytrąconej, co wpływa na łatwe usuwanie na złożu filtracyjnym.

Parametry zbiorników reakcji:

- objętość $V = 50 \text{ m}^3$,
- średnica wewnętrzna: 2.604 mm ,
- ilość : 2 sztuki.

Sumaryczna objętość zbiorników reakcji wynosi zatem:

$$V_c = 100 \text{ m}^3.$$

Filtracja

Napowietrzona woda kierowana jest na układ 2 sekcji filtracyjnych (po dwa filtry) o średnicy 2.000 mm . Każdy filtr w sekcji wyposażony jest w osobny króciec wlotowy wody

surowej i uzdatnionej.

Prędkość filtracji wody w układzie zależy pośrednio od aktualnego stanu rozbioru i tak dla stanu:

- $Q = 65,7 \text{ m}^3/\text{h}$: $v_f = 11,0 \text{ m/h}$,
- $Q + Tr = 85,6 \text{ m}^3/\text{h}$: $v_f = 14,3 \text{ m/h}$,
- $\frac{1}{2} Q + Tr = 52,9 \text{ m}^3/\text{h}$: $v_f = 8,8 \text{ m/h}$,

a bezpośrednio od wydajności pomp międzyoperacyjnych.

Filtry wypełnione są obecnie warstwą piasku o wysokości 0,9 m. Zgodnie z obliczeniami jest to zatem zdecydowanie zbyt mało na całkowite usunięcie dopływającego na filtry żelaza (dla wyższych stanów rozbiorów).

Zastosowany układ jest jednostopniowy. Przy wyznaczonej prędkości filtracji nie ma miejsca na usuwanie manganu z wody. Nawet zastosowanie złóż katalitycznych mogłoby się zakończyć brakiem jakichkolwiek efektów technologicznych w usuwaniu manganu z wody podziemnej z uwagi na dezaktywację tych powłok przez nieutlenione żelazo docierające do powierzchni złoża filtracyjnego.

Proponuje się dwa sposoby poprawy efektywności technologicznej pracy układu uzdatniania:

1. Poprzez efektywne usunięcie żelaza w stopniu umożliwiającym utlenienie żelaza do wartości minimalnej przed filtracją

Do tego celu stosuje się utleniacz np. nadmanganian potasu KMnO_4 lub przeprowadza się korektę odczynu wody.

Dozowanie KMnO_4

Dozowanie nadmanganianu potasu w układzie technologicznym w Czempiniu pozwoliłoby:

- utlenić od razu żelazo,
- utlenić mangan (w zależności od zastosowanej dawki).

Jednostkowe zużycie utleniacza KMnO_4 do utlenienia 1 mg/L Fe(II) i Mn(II) oraz zmniejszenia zasadowości wg A. Kowal „Oczyszczanie wody i ścieków” wynosi:

$$\begin{aligned} \text{Fe (II)} &- 0,94 \text{ g/m}^3 \text{ na } 1 \text{ mg/L Fe (II)}, \\ \text{Mn (II)} &- 1,94 \text{ g/m}^3 \text{ na } 1 \text{ mg/L Mn(II)}. \end{aligned}$$

W wodzie czempińskiej maksymalne stężenie żelaza wynosi: $4,1 \text{ mg/L}$ i manganu $0,36 \text{ mg/L}$.

Zatem ilość KMnO_4 potrzebna do całkowitego utlenienia żelaza wynosi: $3,85 \text{ gKMnO}_4/\text{m}^3$ oraz manganu: $0,7 \text{ gKMnO}_4/\text{m}^3$.

Sumaryczna dawka utleniacza wyniosłaby:

$$D_{\text{KMnO}_4/\text{m}^3} = 4,55 \text{ gKMnO}_4/\text{m}^3.$$

Dla wydajności stacji (dla stanu wody $Q+Tr$) równej $85,6 \text{ m}^3/\text{h}$ godzinowe zapotrzebowanie na utleniacz wyniesie:

$$D_{\text{KMnO}_4/\text{m}^3/\text{h}} = 390 \text{ gKMnO}_4/\text{h}.$$

Nadmanganian potasu dawkowany byłby przed filtrami.

Dla stosunku zawartość żelaza II wartościowego do ogólnego na poziomie 25 %, po natlenieniu wody (prawie całkowite utlenienie żelaza) wysokość strefy odżelaziania (dla maksymalnego stanu wody $Q+Tr = 85,6 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz odpowiadającej prędkości filtracji $v_f = 14,3 \text{ m/h}$ wyniosłaby 1,20 m.

Obecnie eksploatowane filtry wypełnione są warstwą piasku o wysokości 0,9 m. Jest to zatem zdecydowanie za mało na zatrzymanie na materiale filtracyjnym wytrąconego Fe(III), nie wspominając o usunięciu manganu z wody, na który nie ma już miejsca.

Korekta pH

Zadania korekty odczynu wody to przede wszystkim:

- zwiększenie potencjału utleniania tlenem manganu,
- zwiększenie potencjału utleniania tlenem żelaza.

Odczyn wody czempieńskiej waha się w granicach 7,1 do 7,5. Jest on zatem prawidłowy dla właściwego przebiegu procesu odżelaziania.

Niestety przyspieszenie utleniania manganu istotne z technologicznego punktu widzenia dla układu w Czempiniu następuje dopiero przy pH na poziomie 9,0 – 9,5 (zgodnie z literaturą A. Kowal).

Dla wartości odczynów niższych nie ma mowy o szybkim utlenieniu manganu tlenem, na tyle szybkim, że następuje jego wytrącenie z wody na złożu filtracyjnym czy wcześniej w zbiornikach kontaktowych. Co więcej, przy odczynie powyżej 8,0 zwiększa się rozpuszczalność żelaza w wodzie. Dla wartości odczynu optymalnego utleniania manganu nie obserwuje się optymalnego wytrącenia żelaza, a wręcz jego wtórne rozpuszczanie i przechodzenie do wody.

Korzyści w postaci zmniejszenia stężenia manganu są niwelowane wyżej wymienionymi problemami. Ponadto stosowanie substancji alkalizujących typu soda kalcynowana, wodorotlenek wapnia czy sodu, przy prawidłowym zakresie odczynu wody czempieńskiej mógłby spowodować:

- zwiększenie wartości odczynu powyżej wartości dopuszczalnej,
- ryzyko wytrącenia węglanów z wody na złożu filtracyjnym, a co za tym idzie sklejanie ziaren złoża filtracyjnego (zbrylanie) i znaczne pogorszenie warunków filtracji wody.

Można stwierdzić, że dozowanie substancji alkalizujących nie ma absolutnie żadnego sensu technologicznego i generuje jedynie koszty eksploatacji. Poza usuwaniem manganu nie przynosi żadnych korzyści.

2. Zastosowanie drugiego stopnia filtracji

Na pierwszym stopniu usuwane byłoby wyłącznie żelazo. Wysokość strefy odżelaziania H_{Fe} równa byłaby wysokości złoża 0,9 m. Drugi stopień filtracji przeznaczony byłby na

usunięcie z wody manganu oraz resztkowego żelaza. Wydaje się, że jest to metoda mogąca przynieść wymierne korzyści na SUW.
Powyższy sposób realizacji omówiony zostanie w dalszej części projektu.

Barwa

Oprócz problemu z manganem na SUW istnieje również konieczność obniżenia barwy dla ujęcia trzeciorzędowego Tr. Realizacja tego zadania jest możliwa tylko po wcześniejszym zastosowaniu koagulacji. Dla układu SUW w Czempiniu możliwe jest zastosowanie koagulacji powierzchniowej lub objętościowej. Różnica polega na miejscu wprowadzenia koagulantu do wody, tj. przed zbiorniki kontaktowe lub filtry. Oba warianty wraz z dobozem koagulantu i jego dawki zostaną przedstawione w dalszej części opracowania.

Na dzień dzisiejszy filtry płukane są wodą ze zbiorników reakcji oraz powietrzem ze zbiornika akumulacyjnego współpracującego ze sprężarką. Do płukania filtrów wykorzystywana jest oddzielna pompa, która pozwala uzyskać stały przepływ i równe ciśnienie podczas realizacji tego procesu technologicznego. Wody popłuczne odprowadzane są do dwukomorowych odstożników wód popłucznych, zaś po sklarowaniu do rowu melioracji szczegółowej.

Zbiorniki wyrównawcze i pompy sieciowe

Woda uzdatniona kierowana jest do zbiorników wody czystej. Na dzień dzisiejszy eksploatowane jest pięć zbiorników wody o pojemności 100,0 m³ każdy. Sumaryczna objętość zbiorników wynosi:

$$V = 500,0 \text{ m}^3.$$

Woda uzdatniona jest kierowana do sieci wodociągowej przy użyciu zestawu pompowego firmy Leszczyńskiej Fabryki Pomp. Zestaw nie podlega procesowi projektowania.

4. Projekt rozbudowy technologii uzdatniania wody dla SUW Czempiń

4.1. Etapy realizacji zadania

W wyniku analizy technologicznej istniejącego układu uzdatniania wody można stwierdzić, że układ co do kolejności procesów i dobranych urządzeń jednostkowych jest prawidłowy, choć nie gwarantuje pełnego uzdatnienia wody surowej.

Dokonuje się jedynie zmian takich jak:

- wprowadzenia koagulacji celem usunięcia z wody barwy,
- rozbudowa układu filtracji o drugi stopień w celu usunięcia resztkowej zawartości żelaza w wodzie oraz manganu.

Prace obejmują:

- montaż pompy dozującej koagulant,

- montaż nowego zestawu pomp międzyoperacyjnych i pompy płuczającej,
- wpięcie koagulacji do istniejącego układu,
- montaż filtrów ciśnieniowych drugiego stopnia,
- montaż orurowania filtrów ciśnieniowych drugiego stopnia,
- wpięcie filtracji drugiego stopnia w istniejący układ,
- rozruch technologiczny układu filtracji drugiego stopnia (automatyka oraz sterowanie pracą SUW),
- spięcie pracy układu pierwszego stopnia filtracji z układem drugiego stopnia.

4.2. Koagulacja

W wyniku koagulacji usuwane są z wody cząstki trudno opadające oraz koloidalne decydujące o mętności wody lub intensywności jej barwy. Mętność powodują cząstki glinu, krzemionki koloidalnej, ilów oraz koloidalne formy niektórych związków chemicznych wytrącających się w środowisku wodnym, np. CaCO_3 . Natomiast naturalne koloidalne domieszki barwne to głównie związki humusowe, których stopień dysocjacji, a tym samym intensywność barwy zwiększa się wraz z wartością pH wody.

Właściwie przebiegająca koagulacja zapewnia nie tylko duży stopień usuwania koloidów i zawiesiny trudno opadającej, ale także zasocjowanych z nimi innych zanieczyszczeń. Tak więc efektem skutecznej koagulacji jest zmniejszenie mętności, intensywności barwy, wskaźników zanieczyszczeń organicznych.

Woda czempieńska charakteryzuje się podwyższoną barwą z ujęcia trzeciorzędowego. Dla trzech stanów rozbioru wartość barwy przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Barwa wody podziemnej dla trzech rozbiorów

	Studnia Nr 1	Studnia Nr 4a	Studnia Nr 1M	Średnia Ważona B (Q + Tr)	Średnia Ważona B (Q)	Średnia Ważona B (½ Q+ Tr)
Q [m ³ /h]	26,7	39,0	20,0			
barwa [mgPt/dm ³]	10	12	50	20,25	11,19	25,87

Koagulacja zachodzi po dodaniu do wody odpowiedniego odczynnika (koagulantu), czego efektem jest wytrącanie zanieczyszczeń do zawiesiny, która jest oddzielana od wody w procesach sedymentacji i filtracji. Na przebieg i wydajność koagulacji ma wpływ wiele czynników, m. in. :

- jakość uzdatnianej wody,
- rodzaj, kształt i konfiguracja zbiorników oraz filtrów, w których prowadzony jest proces uzdatniania,
- szybkość przepływu wody,
- intensywność mieszania,
- rodzaj i dawka koagulantu.

Operator zakładu uzdatniania może w pewnym zakresie regulować niektóre z tych czynników, natomiast na pozostałe nie ma wpływu. W praktyce zmienia się dawkę

koagulantu w zależności od zmieniających się parametrów wody surowej. Dobór dawki prowadzi się w zasadzie metodą „prób i błędów”. Niestety, ze względu na to, że przebieg koagulacji zależy od tak wielu czynników, często okazuje się, że nie jest możliwe powtórzenie uzyskanych poprzednio dobrych wyników uzdatniania.

Optymalna dawka koagulantu stwarza możliwość bardzo skutecznego usuwania mętności i barwy wody w procesie koagulacji tak, że barwa wody po filtracji nie przekracza wartości dopuszczalnej równej 15,0 mgPt/L.

Jeżeli istnieją warunki i możliwość, to należy przeprowadzić badania technologiczne określające dawkę koagulantu. Dawka optymalna to najmniejsza ilość koagulantu, która zapewni odpowiedni efekt oczyszczania wody.

Rodzaj i dawka koagulantu

Rodzaj:

Dawki koagulantu dobrane zostały na podstawie testów naczyniowych przeprowadzonych w laboratorium.

Do badań wykorzystano dwa koagulanty:

1. PAX XL 1905 – wodny roztwór chlorku poliglinu o gęstości $\rho = 1.150 \text{ kg/m}^3$,
2. SAX XL – wodny roztwór glinianu sodowego o gęstości $\rho = 1.450 \text{ kg/m}^3$.

Oba koagulanty badano dla dawek równych: 1, 5, 10, 20 i 40 mg koagulantu/L.

Badano proces usuwania barwy z wody Tr.

Barwa wody surowej ze studni trzeciorzędowej wyniosła (w przesączu) 76,0 mgPt/L, zaś pH równe było 7,86.

Wyniki badań wody przedstawiono poniżej w tabelach.

Tabela 3. Wyniki barwy i pH wody z utworów trzeciorzędowych po zastosowanym koagulancie **PAX XL 1905**

Dawka koagulantu [mg/L]	1	5	10	20	40
pH	7,79	7,58	7,45	7,16	6,76
B (przesącz) [mgPt/L]	74	17	8	4	139
B (po sedym.-przesącz) [mgPt/L]	51	9	6	4	230

Wykres 1. Zależność barwy wody od dawki zastosowanego koagulantu **PAX XL 1905**

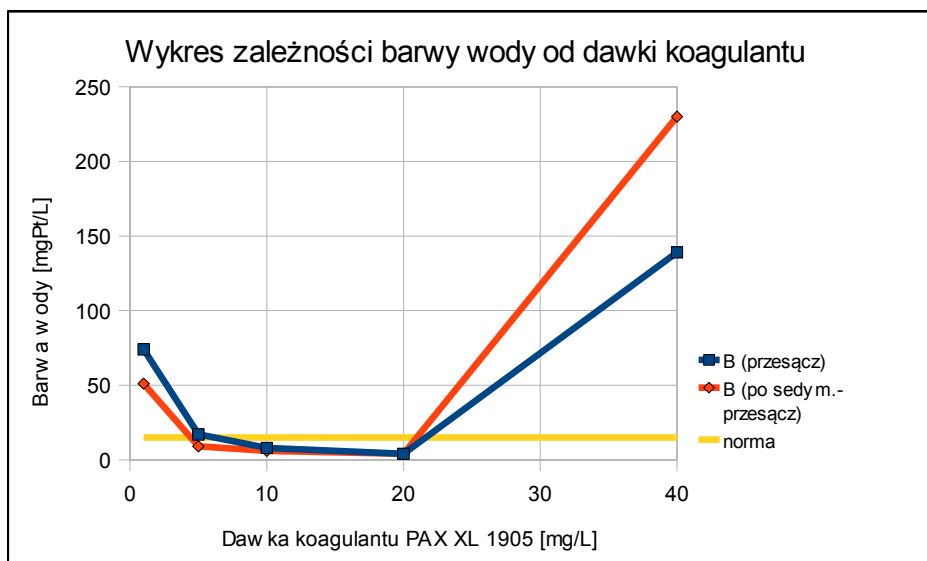
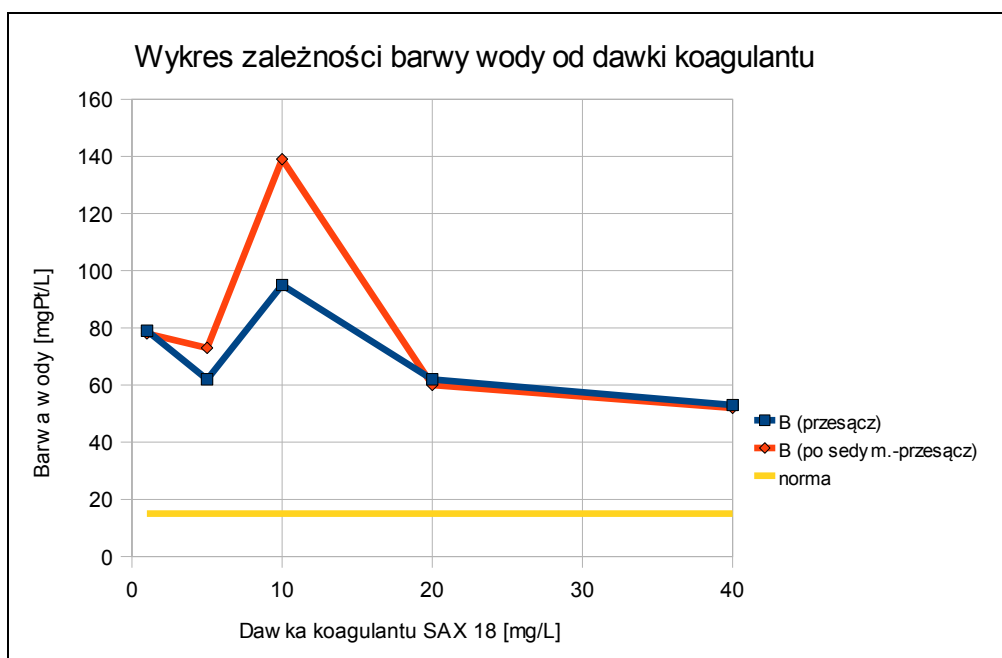


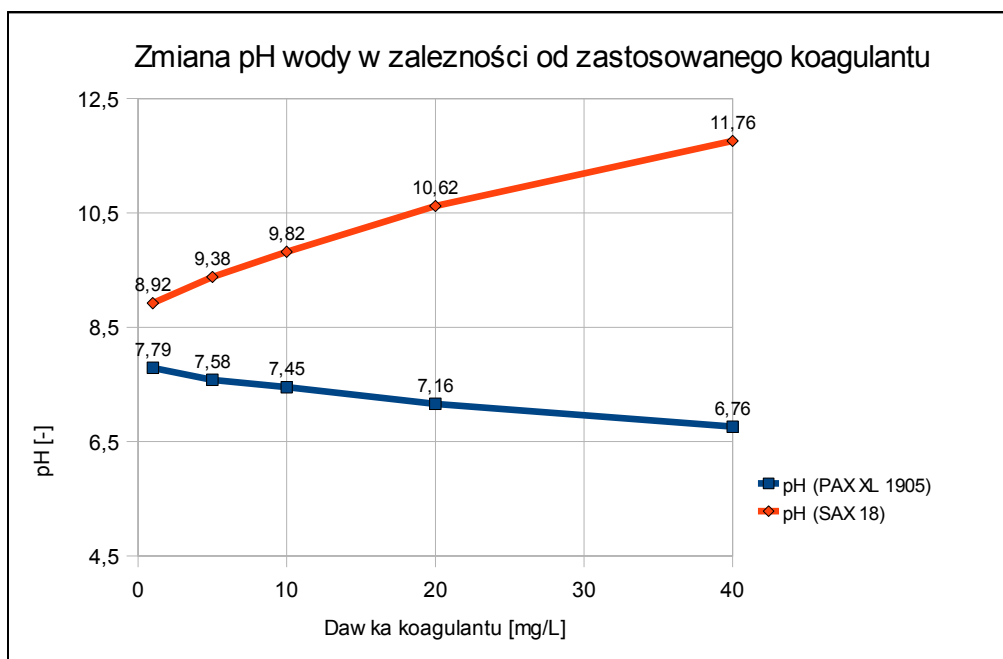
Tabela 4. Wyniki barwy i pH wody z utworów trzeciorzędowych po zastosowanym koagulancie **SAX 18**

Dawka koagulantu [mg/L]	1	5	10	20	40
pH	8,92	9,38	9,82	10,62	11,76
B (przesączu) [mgPt/L]	79	62	95	62	53
B (po sedym.-przesącz) [mgPt/L]	78	73	139	60	52

Wykres 2. Zależność barwy wody od dawki zastosowanego koagulantu **SAX 18**



Wykres 3. Zmiana odczynu wody w zależności od zastosowanego koagulantu



Na podstawie przedstawionych wyników testu naczyniowego dla dwóch różnych koagulantów można stwierdzić, że skuteczniejszy w usuwaniu barwy jest koagulant PAX XL 1905. Dawka 5,0 mg/L tego roztworu daje już dobre efekty odbarwienia wody, osiągając wartość wymaganą Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dn. 29.03.2007 r., tj. barwa poniżej 15,0 mgPt/L. Optymalną dawkę koagulantu PAX XL 1905 dla wody czempirskiej z utworów trzeciorzędowych określono w zakresie 10,0 – 20,0 mg/L.

W przypadku koagulantu SAX 18 nie można wyznaczyć optymalnej dawki wśród przeprowadzonych analiz, gdyż ani w jednym przypadku nie została spełniona norma barwy w wodzie. Najprawdopodobniej wymagana byłaby dużo większa dawka w celu usunięcia barwy z wody czempirskiej niż rozpatrywana.

Ponadto koagulant SAX 18 powoduje podwyższenie pH wody, zaś PAX XL 1905 nieznacznie obniża odczyn wody zgodnie z przedstawionym wykresem 3.

Przy odczynie 8,0 pH poprawiają się wprawdzie warunki usuwania manganu (zgodnie z wcześniejszymi informacjami), ale znacząco pogarszają się efekty odżelaziania. Poza tym pojawia się niebezpieczeństwo przechodzenia (rozpuszczania) glinu, co może pogarszać jakość wody. Stosowanie PAX XL 1905 nie będzie znacząco obniżać pH, co jest istotne z punktu widzenia usuwania manganu oraz agresywności wody. W tym przypadku nie ma również niebezpieczeństwa uwalniania glinu do wody, poza sytuacją zrywania kłaczków wodorotlenku glinu.

Zgodnie z powyższym dawkowanym koagulantem będzie chlorek poliglinu PAX XL1905 firmy Kemipol.

PAX XL1905 – charakterystyka koagulantu

- wodny roztwór chlorku poliglinu,

- zastosowanie: uzdatnianie wody pitnej i oczyszczanie ścieków przemysłowych,
- postać: lekko mętny roztwór o szarym zabarwieniu,
- skład chemiczny:
 - Al_2O_3 $11,3 \pm 0,9 \%$,
 - Al^{+3} $6,0 \pm 0,5 \%$,
 - Chlorki (Cl^-) $5,0 \pm 1,0 \%$,
 - Zasadowość $85,0 \pm 5 \%$,
 - pH $3,6 \pm 0,4 \%$,
 - Gęstość [kg/m^3] (20°) 1150 ± 50 ,
 - Lepkość (20°) ok. 20 mPas.

Stacja dozowania koagulantu

Stacja dozowania koagulantu składać się będzie z następujących urządzeń:

- zbiornika zasobowo – roztworowego,
- pompy dozującej roztwór koagulantu.

Zbiornik zasobowo – roztworowy

Jako zbiornik zasobowo - roztworowy wykorzystany zostanie jeden ze zbiorników znajdujących się obecnie w chlorowni, który nie jest użytkowany.

Pompa dozująca koagulant

Na podstawie optymalnej dawki koagulantu dobrano pompkę dozującą koagulant:

Dane niezbędne do doboru:

- wydajność studni trzeciorzędowej: $Q = 20,0 \text{ m}^3/\text{h}$,
- optymalna dobrana dawka koagulantu PAX XL 1905: przyjęto $D_k = 10,0 \text{ mg/L} = 10,0 \text{ g/m}^3$,
- gęstość właściwa koagulantu: $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$.

Ilość koagulantu jaką należy wprowadzić do układu przy wydajności studni trzeciorzędowej na poziomie $Q = 20,0 \text{ m}^3/\text{h}$ wynosi:

$$Q * D_k = 20,0 * 10,0 = 200,0 \text{ g/h.}$$

Wydajność pompki dozującej wyniesie:

$$Q_{p.doz.} = 200,0 / 1150,0 = 0,17 \text{ l/h.}$$

Dobrano pompkę dozującą o następujących parametrach:

- producent: Grundfos,
- typ pompy: DMS 2-11-A-PP/E/C-F-1111F,
- wydajność maksymalna: 2,5 l/h,
- maksymalne ciśnienie pracy: 11 bar,
- częstotliwość: 50Hz,
- napięcie: 1x230 V,
- masa netto: 3kg.

Rys. 1. Pompa dozująca koagulant PAX XL 1905



Dobowe zapotrzebowanie na koagulant wyniesie ok. $200,0 \text{ g} * 15,0 = 3,000 \text{ L}$.
Stąd zapas koagulantu na SUW nie będzie większy niż 100,0 L (30dni).

Koagulant będzie dozowany do rurociągu wody po zbiorniku reakcji transportującej wodę na pompy międzyoperacyjne (rurociągu ssawnego pomp międzyoperacyjnych) w celu dobrego wymieszania koagulantu oraz dalej wprowadzenie go na filtry pierwszego stopnia na tzw. koagulację powierzchniową.

Wariantowo wprowadzony zostanie koagulant także do rurociągu wody surowej przed zbiornikami reakcji.

Koagulacja powierzchniowa realizowana jest w złożu filtrów pospiesznych przy przepływie oczyszczanej wody z góry na dół.

Wady i zalety koagulacji powierzchniowej:

Zalety:

- efektywne wychwycenie powstających podczas hydrolizy kłaczków wypełniających ośrodek porowaty oraz tworzących na powierzchni ziaren materiału filtracyjnego strukturę sieciową wypełniającą pory złoża,
- dawkowanie bezpośrednio przed złożami filtracyjnym eliminuje komory szybkiego mieszania z układu urządzeń,
- zmniejszenie dawki koagulantu poprzez impregnację złoża filtracyjnego kłaczkami koagulantu.

Wady:

- możliwość szybszej kolmatacji złoża filtracyjnego.

Układ dozowania koagulantu należy spiąć elektrycznie (automatycznie) z pracą studni trzeciorzędowej. W momencie załączenia tej studni będzie się załączała pompka dozująca koagulant.

UWAGA! Na etapie rozruchu układu koagulacji należy podjąć ostateczną decyzję co do miejsca dozowania koagulantu oraz jego dawki.

4.3. Pompy międzyoperacyjne

Zadaniem pomp międzyoperacyjnych jest przepompowanie wody ze zbiornika reakcji przez filtry do zbiorników wody czystej.

Obecny układ pompowania międzyoperacyjnego składa się z dwóch pomp produkcji Leszczyńskiej fabryki Pomp o parametrach:

- typ: 80 PJM 250,
- ilość: 2 szt.,
- $Q = 400,0 - 600,0 \text{ l/min} = 24,0 - 36,0 \text{ m}^3/\text{h}$, sumaryczna maksymalna wydajność: $72,0 \text{ m}^3/\text{h}$,
- $H = 19,0 \text{ mH}_2\text{O}$.

Sterowanie automatyczne pracą SUW w Czempiniu uzależnione jest od rozbioru wody. Poziom wody w zbiornikach retencyjnych steruje pracą pomp międzyoperacyjnych (II stopnia). Te z kolei czerpią wodę ze zbiornika reakcji, zasilanego przez pompy głębinowe. Pompy głębinowe załączają się, gdy poziom wody w zbiorniku reakcji osiągnie założoną wartość minimalną, a wyłączają się, gdy osiągnie wartość maksymalną. Gdy pracują obie pompy II stopnia, to szybciej wypompowywana jest woda ze zbiornika reakcji i tym częściej załączają się pompy głębinowe.

Wadą tego układu jest to, iż jedna pompa współpracuje z jedną sekcją filtracyjną, stąd podczas awarii którejs z pomp międzyoperacyjnych stacja pracować będzie na 50 % swojej wydajności. Poza tym sumaryczna maksymalna wydajność obecnego zestawu pomp międzyoperacyjnych równa $72,0 \text{ m}^3/\text{h}$ nie pokrywa całkowitej wydajności pomp głębinowych równej $85,6 \text{ m}^3/\text{h}$, stąd rzeczywista wydajność SUW jest niższa.

Podjęto zatem decyzję o wymianie układu pompowania drugiego stopnia na zestaw składający się z trzech pomp międzyoperacyjnych o różnych wydajnościach + jedna rezerwowa.

Wydajność układu II stopnia pokrywać będzie maksymalną wydajność pomp głębinowych równą $85,6 \text{ m}^3/\text{h} + 10 \%$ naddatku.

$$Q = 85,6 + 10 \% = 94,0 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Wysokość podnoszenia pomp międzyoperacyjnych wyniesie:

$$H = H_{F \text{ I st}} + H_{F \text{ II st}} + H_{\text{zb.ret.}} + H_{\text{st or.}} + \text{naddatek}$$

Gdzie:

$H_{F \text{ I st}}$ - straty wody na I stopniu filtracji = 5 m,

$H_{F \text{ II st}}$ - straty wody na II stopniu filtracji = 2 m,

$H_{\text{zb.ret.}}$ - wysokość słupa wody w zbiorniku retencyjnym = ok. 5 m,

$H_{\text{st or.}}$ - straty na orurowaniu = 3 m,

naddatek równy 5 m.

$$H = 20 \text{ mH}_2\text{O}$$

Dla powyższych parametrów dobrano następujące pompy:

POMPA NR 1

- nominalna wysokość podnoszenia: 23,1 mH₂O,
- wydajność nominalna: 10,0 m³/h,
- typ pompy: **CR 10-3**,
- liczba pomp: 1 szt.,
- liczba stopni: 3,
- maksymalne ciśnienie pracy instalacji: 16,0 bar,
- sprawność silnika przy pełnym obciążeniu: 82,8 %,
- przyłącze rurowe: kołnierz DN 40,
- moc silnika: 1,1 kW,
- częstotliwość pracy: 50,0 Hz,
- masa netto: 39,0 kg.

POMPA NR 2

- nominalna wysokość podnoszenia: 21,3 mH₂O,
- wydajność nominalna: 30,0 m³/h,
- typ pompy: **CR 32-2-2**,
- liczba pomp: 1 szt.,
- liczba stopni: 2,
- maksymalne ciśnienie pracy instalacji: 16,0 bar,
- sprawność silnika przy pełnym obciążeniu: 86,0 %,
- przyłącze rurowe: kołnierz DN 65,
- moc silnika: 3,0 kW,
- częstotliwość pracy: 50,0 Hz,
- masa netto: 70,9 kg.

POMPA NR 3

- nominalna wysokość podnoszenia: 19,3 mH₂O,
- wydajność nominalna: 45,0 m³/h,
- typ pompy: **CR 45-1**,
- liczba pomp: 1 szt.,
- liczba stopni: 1,
- maksymalne ciśnienie pracy instalacji: 16,0 bar,
- sprawność silnika przy pełnym obciążeniu: 89,0 %,
- przyłącze rurowe: kołnierz DN 80,
- moc silnika: 4,0 kW,
- częstotliwość pracy: 50,0 Hz,
- masa netto: 88,8 kg.

POMPA NR 4 – REZERWOWA

- nominalna wysokość podnoszenia: 19,3 mH₂O,
- wydajność nominalna: 45,0 m³/h,
- typ pompy: **CR 32-2-2**,
- liczba pomp: 1 szt.,
- liczba stopni: 1,
- maksymalne ciśnienie pracy instalacji: 16,0 bar,
- sprawność silnika przy pełnym obciążeniu: 89,0 %,

- przyłącze rurowe: kołnierz DN 80,
- moc silnika: 4,0 kW,
- częstotliwość pracy: 50,0 Hz,
- masa netto: 88,8 kg.

Pompy powinny być umiejscowione na stelażu stalowym, posadowione w budynku SUW, w miejscu wskazanym na rysunkach. Każda pompa powinna być wyposażona w przepustnice na rurociągu ssawnym i tłocznym oraz na rurociągu tłocznym zawór zwrotny. Optymalnie pompy międzyoperacyjne powinny być zabudowane w zestaw.

Pompy międzyoperacyjne sterowane będą poziomem wody w zbiorniku retencyjnym, zaś pompy głębinowe poziomem wody w zbiorniku retencyjnym, tak jak dotychczas.

W zbiorniku retencyjnym wyróżnić należy cztery, pięć poziomów załączeń poszczególnych pomp międzyoperacyjnych + poziom wyłączenia wszystkich pomp oraz poziom zabezpieczenie przed suchobiegiem. W zależności od poziomu wody będą pracowały różne kombinacje pomp międzyoperacyjnych by płynnie dopasowywać wydajność układu do zapotrzebowania wody, co pozwoli zoptymalizować proces uzdatniania wody.

Parametry mierzone i wizualizowane pracy pomp międzyoperacyjnych:

- ciśnienie robocze (na tłoczeniu i ssaniu),
- numer pracującej pompy,
- poziom wody w zbiorniku retencyjnym wpływający na sekwencję pracujących pomp.

Parametry te powinny być umieszczone na szafie sterowniczej (w panelu kontrolnym) oraz na wizualizacji komputerowej.

Poszczególne parametry mierzone będą przy użyciu następujących urządzeń KP.

Ciśnienie na rurociągu tłocznym:

- producent: Endress Hauser (lub równoważny), dane techniczne dla Endress Hauser;
- przetwornik ciśnienia: cerabar T PMP 131,
- przetwornik ciśnienia z czujnikiem polikrzemowym,
- zastosowanie: pomiar poziomu ciśnienia wody czystej,
- wyjście: 4 – 20 mA (wraz z zasilaczem),
- przyłącze technologiczne: G ½ ",
- gwint zewnętrzny: G ¼ ",
- zakres pomiarowy: A2R (0 – 6 bar), przeciążalność 24 bar,
- temperatura pracy: -25 do +70 st C,
- zasilacz w standardzie,
- szczegółowe dane zamieszczono w karcie katalogowej na końcu opracowania.

W miejscach montażu urządzenia pomiarowego (czujnika ciśnienia) należy wykonać wyjście G ½" (względnie wyjście dopasowane do średnicy przyłącza urządzenia pomiarowego), na którym powinien zostać zamontowany trójnik w pozycji pionowej. Na rozgałęzieniu – czujnik elektryczny, na przelocie manometr tarczowy (klasyczny).

Dane techniczne manometru tarczowego:

- firma Wika Polska lub równoważna, parametry dla Wiko;
- średnica obudowy: 80,0 mm,
- zakres wskazań: 0,0 – 6,0 bar,

- podziałka: 0,1 bar,
- wypełnienie: gliceryną,
- przyłącze: G ½".

Na rurociągu ssawnym montaż przetwornika ciśnienia o następujących danych technicznych:

- producent: Endress Hauser (lub równoważny), dane techniczne dla Endress Hauser;
- przetwornik ciśnienia: cerabar T PMP 131,
- przetwornik ciśnienia z czujnikiem polikrzemowym,
- zastosowanie: pomiar poziomu ciśnienia wody czystej,
- wyjście: 4 – 20 mA (wraz z zasilaczem),
- przyłącze technologiczne: G ½ ",
- gwint zewnętrzny: G ¼ ",
- zakres pomiarowy: A2R (0,0 – 2,5 bar), przeciążalność 10,0 bar,
- temperatura pracy: -25 do +70 st C,
- zasilacz w standardzie,
- szczegółowe dane zamieszczono w karcie katalogowej na końcu opracowania.

Podobnie jak w przypadku pomiaru ciśnienia na tłoczeniu, na ssaniu należy również zamieścić manometr tarczowy o następujących parametrach:

- firma Wika Polska lub równoważna, parametry dla Wiko;
- średnica obudowy: 80,0 mm,
- zakres wskazań: 0,0 – 2,5 bar (ciśnienie absolutne),
- podziałka: 0,05 bar,
- wypełnienie: gliceryną,
- przyłącze: G ½".

Poziom wody w zbiorniku retencyjnym – sonda hydrostatyczna lub odpowiednia ilość czujnika typu CLUWO.

UWAGA! Zaleca się, by wszystkie pomiary były zbierane na szafkę sterowniczą zestawu pompowego (pomp międzyoperacyjnych), w wykonaniu producenta zestawu.

4.4. Filtracja pierwszego stopnia

Filtracja I stopnia realizowana będzie na obecnie eksploatowanych filtrach o $A_f = 1,5 \text{ m}^2$.

Przeprojektowany układ pomp międzyoperacyjnych (3 pompy + 1 rezerwowa) będzie współpracował jednocześnie z obiema sekcjami filtracyjnymi, a nie jak dotychczas 1 pompa z jedną sekcją filtracyjną. Wykluczy to ewentualne problemy eksploatacyjne w trakcie jakichkolwiek awarii pomp międzyoperacyjnych.

Filtry I stopnia płukane będą wodą oraz powietrzem jak dotychczas.

Ze względu jednak na większe wartości parametrów płukania filtrów II stopnia dobrano nowe urządzenia:

- do płukania powietrzem: dmuchawę,

- do płukania wodą: nową pompę płuczącą.

Urządzenia te spełniają wymagania co do parametrów płukania zarówno dla filtrów I jak i II stopnia.

Dobór urządzeń dokonano w części poświęconej nowo projektowanej filtracji drugiego stopnia.

Pozostałe elementy pracy układu I stopnia bez zmian.

4.5. Filtracja drugiego stopnia

Konieczność doprojektowania II stopnia filtracji uzasadniona była we wstępnym opracowaniu analitycznym.

Woda na drugi stopień filtracji będzie kierowana układem rurociągów po pierwszym stopniu filtracji.

Układ filtracji składać się będzie z dwóch następujących po sobie stopni.

Podstawowym parametrem technologicznym doboru układu filtracji są:

- wymagana powierzchnia filtracji determinująca możliwości wykorzystania istniejącego pomieszczenia,
- wysokość istniejącego pomieszczenia, determinująca możliwość zastosowania filtrów o określonych gabarytach.

Zadaniem drugiego stopnia filtracji będzie przede wszystkim usunięcie manganu do poziomu zgodnego z obowiązującymi normami, ale również resztkowych zawartości żelaza po pierwszym stopniu filtracji.

Prędkość filtracji

Odmanganianie wody, zgodnie z doświadczeniami eksploatacyjnymi oraz danymi literaturowymi, przebiega skutecznie przy prędkościach filtracji dochodzących do 20,0 m/h. Badania autorów opracowania w tej dziedzinie wykazały, że możliwe jest skuteczne odmanganianie wcześniej odżelazonej wody nawet z wyższymi prędkościami dochodzącymi do 25,0 m/h.

Ze względu jednak na zachowanie określonego marginesu bezpieczeństwa nie zaleca się przekraczanie prędkości równej 15,0 m/h i taką wartość przyjęto do obliczeń.

Dla maksymalnej wydajności pomp głębinowych równej $Q = 85,6 \text{ m}^3/\text{h}$ i prędkość filtracji $v_f = 15,0 \text{ m/h}$ powierzchnia filtracji jednego filtra na II stopniu wynosi:

$$A_f = Q/v \text{ [m}^2\text{]},$$
$$A_f = 85,6/15,0 = 5,7 \text{ m}^2.$$

Dla drugiego stopnia filtracji przyjęto 2 jednostki filtracyjne o $D = 1.800 \text{ mm}$ firmy Kotłorembud o jednostkowej powierzchni filtracji $A_f = 2,54 \text{ m}^2$.

Całkowita powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_{fc} = 2 * 2,54 = 5,08 \text{ m}^2.$$

Dla jednostkowej powierzchni filtracji rzeczywista prędkość równa będzie:

$$v_f = 85,6/5,08 = 16,8 \text{ m/h.}$$

Z uwagi na ograniczenia wielkości istniejącego obiektu (powierzchni jak i wysokości) dobrano filtry z płaską dennicą, z usytuowaniem wlotów wody surowej i uzdatnionej w płaszczu filtra oraz o skróconych podporach do minimum.

Dobrano następujące jednostki filtracyjne na drugim stopniu filtracji:

- ilość: 2 filtry o średnicy 1800 mm,
- producent: Kotłorembud,
- typ FCP 7, wykonanie: C,
- standardowa wysokość płaszczu: 1.500 mm,
- wysokość filtra – katalogowa 3.052 mm – zmniejszona do 2.630 mm poprzez skrócenie podpór filtra,
- cztery skrócone podpory – długość określona na rysunkach,
- dennica płaska, wzmacniana płaskownikami,
- drenaż lateralny równoległy.

W wykonaniu standardowym wszystkie elementy filtra ciśnieniowego (płaszcz, dna wypukłe, włazy, króćce, itp.) wykonane są ze stali niestopowych – atestowanych. Ciśnienie dopuszczalne PS = 6,0 bar oraz temperatura dopuszczalna TS = 50 °C nie może być przekroczone podczas eksploatacji filtra.

Filtr zabezpieczony jest antykorozyjnie poprzez malowanie: od wewnątrz żywicą poliestrową z atestem PZH na kontakt z wodą pitną, na zewnątrz uniwersalną farbą do ochrony czasowej. Producent dopuszcza zastosowanie innych zestawów lakierniczych wewnętrznych (np. żywice epoksydowe) oraz wykonanie z malowaniem zewnętrznym nawierzchniowym (np. zestawem farb poliuretanowych).

UWAGA!

Dla dobranych filtrów zastosowany zostanie drenaż filtracyjny lateralny (rurowy), wykonany w układzie równoległym. Laterale filtracyjne wykonane są z PVC ze szczeliną filtracyjną o szerokości $s = 0,8$ mm. Głowice filtracyjne to rurowe konstrukcje stalowe - ocynkowane.

Filtr w wykonaniu C wyposażony jest w dodatkowy wąż M3 umożliwiający rewizję wewnętrzną pod płytą filtracyjną, jednak ze względów gabarytowych budynku dla dobranych filtrów rezygnuje się z włazu pod płytą filtracyjną.

Dennica filtra wypełniona będzie kwarcem, 5,0 cm powyżej powierzchni lateral, o granulacji 16,0 – 32,0 mm, na nią ułożona zostanie warstwa kwarcu o granulacji: 8,0 – 16,0 mm, 5,0 cm oraz dalej 4,0 – 8,0 mm, 5,0 cm.

Powyżej znajdują się właściwe warstwy filtracyjne Multimann 3M oraz chalcedonit.

Ostateczny kształt filtra, wysokość poszczególnych elementów oraz rozmieszczenie podpór powinno być zweryfikowane w oparciu o rysunki wykonawcze producenta, przedstawione do akceptacji.

Przed ostatecznym zamówieniem oraz montażem filtra należy wykonać następujące zadania częściowe:

- demontaż pomieszczenia chlorowni i urządzeń znajdujących się wewnątrz,
- przygotowanie oraz dokładne zwymiarowanie (inventaryzacje) miejsca przygotowanego na nowe filtry,

- przygotowanie podłoża do posadowienia nowych filtrów:
 - jeśli to konieczne, wykonanie odpowiedniego projektu, przeliczającego nośność belek, na których filtry będą posadowione,
 - montaż belek stalowych, uwzględniający rozstaw podpór filtra,
 - demontaż ścian pomieszczenia z uwzględnieniem rozstawu ścian konstrukcyjnych budynku,
 - weryfikacja warunków budowlanych w stosunku do założeń projektowych,
 - wprowadzenie niezbędnych ścian i modyfikacji.

Po montażu, zakotwieniu filtrów II stopnia można przystąpić do dalszych działań związanych z ich orurowaniem oraz zasypem. Dalsza kolejność prac zostanie określona na odpowiednim etapie opracowania.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o wymagania płukania filtrów. Przepływ wody płuczącej wynosi dla dobranych jednostek: 10,0 L/sm². Dobrano przepływ równy 10,0 L/sm² – co odpowiada przepływowi wody równemu:

$$Q_p = 10,0 * 2,54 * 3,6 = 91,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczącej nie powinna przekraczać 2,0 m/s – dobrano 1,5 m/s, stąd średnica rurociągów:

$$D = (4*91,5)/(3,14*1,5*3600)^{0,5} = 146,0 \text{ mm}$$

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy 160,0 mm = DN 150.

Do płukania filtrów powietrzem dobrano przepływ równy 15,0 L/sm² – co odpowiada przepływowi powietrza równemu:

$$Q_p = 15,0 * 2,54 * 3,6 = 137,16 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Prędkość przepływu powietrza dla instalacji płuczącej nie powinna przekraczać 15,0 m/s – dobrano 10,0 m/s, stąd średnica rurociągów:

$$D = (4*137,2)/(3,14*10*3600)^{0,5} = 69,0 \text{ mm}.$$

Dobrano DN 65, ze stali.

Rurociąg z powietrzem wpięty będzie do rurociągu wody płuczącej, stąd nie jest konieczne stosowanie dodatkowych otworów w filtrze przeznaczonych wyłącznie na powietrze.

Długość cyklu filtracyjnego w przypadku filtracji drugiego stopnia nie jest limitowany ilością zawieszin odfiltrowanych na złożu filtracyjnym. Dlatego w przypadku drugiego stopnia filtracji przyjmuje się długość cyklu filtracyjnego na stałym poziomie, niezależnym ani od ilości przefiltrowanej wody, ani tym bardziej od strat ciśnienia.

Bezpośrednim czynnikiem limitującym płukanie filtrów będzie w tym przypadku czas pomiędzy płukaniami. Przyjmuje się, że czas ten powinien wynosić ok. 7 dób. Po upływie zadanego czasu filtry będą automatycznie płukane.

Jako materiał filtracyjny drugiego stopnia zastosowane zostanie złożo katalityczne. Wybrano złożo katalityczne Multimann 3M. Jest to ruda manganu, pochodzenia

naturalnego, cechująca się wysoką zawartością dwutlenku manganu w swoim składzie chemicznym.

Standardowo w układzie odmanganiania wody przyjmuje się zasyp ok. 0,5 m warstwy złoża katalitycznego.

Złoże katalityczne powinno spoczywać na warstwie piasku kwarcowego – stanowiącej warstwę podtrzymującą.

Z wierzchu materiał ten będzie przykrywał piasek chalcedonitowy, stanowiący zabezpieczenie warstwy odmanganiającej przed nadmiernym przenikaniem żelaza w głąb filtra drugiego stopnia, co może prowadzić do dezaktywacji materiału katalitycznego. Na złożu chalcedonitowym usuwane będzie również resztkowe żelazo (wysokość 0,5 m). Poza tym piasek chalcedonitowy będzie przy prawidłowej eksploatacji (zgodnej z wytycznymi przedstawionymi w opracowaniu) wpracowywał się również do usuwania manganu, odciążając znacząco materiał katalityczny w tym zakresie.

Projektuje się następujące wysokości poszczególnych złóż filtracyjnych:

- właściwa warstwa filtracyjna: uziarnienie 0,8 – 2,0 mm, wysokość złoża: ok. 0,5 m – złożo chalcedonitowe
- warstwa katalityczna: ok. 0,5 m (złożo Multimann 3M) o uziarnieniu 1,0 – 3,0 mm (względnie dopuszcza się inne uziarnienie, nie mniejsze jednak niż 0,8 mm i nie większe niż 3,0 mm),
- warstwa podtrzymująca: uziarnienie 4,0 – 8,0 mm, wysokość: 5,0 cm – piasek kwarcowy,
- warstwa podtrzymująca: uziarnienie 8,0 – 16,0 mm, wysokość: 5,0 cm – piasek kwarcowy,
- warstwa podtrzymująca: uziarnienie 16,0 – 32,0 mm, wysokość 5,0 cm powyżej lateral – piasek kwarcowy (wypełnienie dennicy).

Całkowita wysokość złoża (wraz z warstwami podtrzymującymi od powierzchni lateral) w filtrze wyniesie: ok. 1,2 m.

Ekspansja złoża chalcedonitowego przy intensywności płukania na poziomie 10,0 L/sm² wynosi ok. 10,0 %, stąd przy wysokości złoża równej 0,5 m ekspansja materiału wyniesie: około 0,10 m i mieści się w dobranej wysokości płaszczka filtra.

Ilość złóż wykorzystana na zasypianie dwóch filtrów została zestawiona w tabeli poniżej.

Tabela 3. Zestawienie ilości złoża wykorzystanego do zasypiania filtrów

Złoże Filtracyjne	Uziarnienie [mm]	Gęstość właściwa [kg/m ³]	Objętość złoża na 1 filtr [m ³]	Objętość złoża na 2 filtry [m ³]	Przybliżona masa złoża [t]
Chalcedonit (0,5 m)	0,8 – 2,0	1,1	1,27	2,54	2,79
Multimann 3M (0,5 m)	2,0 – 4,0	1,9	1,27	2,54	4,83
Kwarc (0,05 m)	4,0 – 8,0	1,6	0,13	0,26	0,42
Kwarc (0,05 m)	8,0 – 16,0	1,6	0,13	0,26	0,42

Złóża zasypywane będą w następującej kolejności:

- najniższa warstwa: warstwa podtrzymująca – piasek kwarcowy wyższych frakcji,
- kolejna warstwa – złoża katalityczne – Multimann 3M lub równoważne pod względem składu,
- najwyższa warstwa – złoża chalcedonitowe o parametrach opisanych poniżej.

Parametry technologiczne **złoża chalcedonitowego**:

- wygląd: mleczny,
- uziarnienie 0,8 – 2,0 mm,
- gęstość nasypowa: 1,1 t/m³,
- gęstość właściwa: 2,6 t/m³,
- podstawowy składnik: SiO₂ w ilości 96 %.

Charakterystyka złoża katalitycznego **Multimann 3M**

Złoża katalityczne Multimann 3M jest materiałem filtracyjnym pochodzenia naturalnego. Zgodnie z zaleceniami producenta – służy ono do filtracji wody pitnej o dużej zawartości manganu i żelaza zarówno w filtrach ciśnieniowych jak i otwartych. Ziarna posiadają nieregularny kształt, chropowatą powierzchnię i ostre krawędzie.

Charakterystykę przedstawiono poniżej:

- wygląd: szaro - czarny granulat,
- granulacja 1,0 – 3,0 mm,
- zawartość MnO₂: min. 85 %,
- zawartość żelaza w przeliczeniu na Fe₂O₃: 3,2 %,
- zalecana prędkość filtracji: 5,0 – 15,0 m/h,
- intensywność płukania wodą: 30,0 – 40,0 m³/m²h: tj. 8,3 – 11,1 L/sm²,
- intensywność płukania powietrzem: 60,0 m³/m²h: tj. 16,7 L/sm²,
- zakres odczynu wody podczas filtracji: 6,5 – 9,0 pH.

Producenci i proponowani dostawcy poszczególnych złóż są następujący:

- złoża chalcedonitowe – firma Mikrosil Polska Sp. z o.o.,
- złoża katalityczne: Dynamik Filtr.

UWAGA! Dopuszcza się możliwość zastosowania złoża katalitycznego o równoważnym składzie chemicznym przede wszystkim pod względem zawartości dwutlenku manganu. Drugim elementem zbieżnym muszą być parametry płukania złoża filtracyjnego, które będą pasować do parametrów płukania złoża Multimann 3M.

Warstwę podtrzymującą należy zasypywać ręcznie! Złoża zasypywać na mokro, zalewając wodą i wyrównując poziom złoża filtracyjnego względem podanych założeń. Po zasypaniu każdej z warstw filtracyjnych należy wypłukać oraz zdezynfekować.

Całe orurowanie filtrów należy wykonać z PVC klejonego, zgodnie z rysunkami technicznymi zamieszczonymi w rysunkowej części opracowania technologicznego. Orurowanie, poza określonymi w części rysunkowej rurociągami, zostanie wykonane na zewnątrz (nie w kanałach i nie pod posadzką).

Jest to podyktowane większymi możliwościami oceny stanu rurociągów oraz łatwiejszą ich konserwacją. Rurociągi należy wyposażyć w podpory, wykonane na miejscu ze stali

nierdzewnej lub stali czarnej – cynkowane (względnie aluminium) montowane do posadzki. Stosować obejmy pełne zabezpieczające przed przesunięciem rurociągu w trakcie jego pracy.

Orurowanie filtrów dobierano w oparciu o prędkość przepływu maksymalną równą 1,0 m/s, przy zachowaniu warunku prędkości minimalnej wynoszącej 0,3 m/s.

Orurowanie pojedynczego filtra II stopnia stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę do filtracji o średnicy PVC 140, DN 125, PN 10,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy PVC 140, DN 125, PN 10,
- rurociąg doprowadzający wodę i powietrze o średnicy PVC 160, DN 150, PN 10,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny do kanalizacji o średnicy PVC 160, DN 150, PN 10,
- spust pierwszego filtratu o średnicy PVC 140, DN 125, PN 10,
- rurociąg odpowietrzający – ręczne i automatyczne odpowietrzenie filtrów o średnicy DN 1 ¼".

Filtry będą sterowane automatycznie, zaś armaturę na poszczególnych rurociągach stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę: przepustnica JAFAR z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo (średnica DN 125),
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica JAFAR z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo (średnica DN 125),
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica JAFAR z napędem pneumatycznym montowana międzykołnierzowo (średnica DN 150),
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica JAFAR z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo (średnica DN 150),
- rurociąg spustu pierwszego filtratu oraz spustu zerowego: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo (średnica DN 125).

Dodatkowe wyposażenie filtra stanowić będzie odpowietrzenie ręczne oraz automatyczne.

Dobrano następujące zawory odpowietrzające:

- przyłącze technologiczne: > 1 " (optymalnie 1 ¼ "),
- ciśnienie pracy: ok. 1 – 2 atm.,
- zawór tylko odpowietrzający,
- możliwość wyprowadzenia odpowietrzenia rurociągiem (by ograniczyć rozpryskiwanie wody i emulsji wodno - powietrznej po hali filtrów).

Znacznie lepsze efekty da zastosowanie odpowietrzenia ręcznego filtrów, które będzie uchylane w razie konieczności oraz kontrolnie w celu sprawdzenia stopnia zapowietrzenia filtrów.

Odpowietrzenie ręczne stanowić będzie rurociąg ze stali lub PVC o średnicy G 1 ¼" z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy G 1 ¼". Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do rurociągu odprowadzającego wody popłuczne (wmontowany w rurociąg).

Na rurociągach wody uzdatnionej oraz na rurociągu wody popłucznej projektuje się kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy ½ " .

Dodatkowo kurek probierczy powinien zostać zamontowany również na rurociągu doprowadzającym wodę surową.

Opomiarowanie filtrów w trakcie pracy oraz sterowanie filtrów

Filtry będą opomiarowane w zakresie:

- przepływu wody uzdatnionej – po każdym z filtrów ciśnieniowych,
- ciśnienia na wodzie surowej i uzdatnionej – wspólne dla wody surowej i uzdatnionej po wszystkich filtrach (jeden pomiar – ze względu na naczynia połączone).

Dodatkowe parametry mierzone w trakcie pracy filtrów to:

- czas pracy od ostatniego płukania,
- objętość przefiltrowanej przez złożę filtracyjne wody.

Przepływ wody uzdatnionej mierzony będzie z wykorzystaniem przepływomierza firmy ENKO lub Endress – Hauser o następujących parametrach technicznych:

- średnica: 80,0 mm,
- zalecany zakres pomiarowy: przy prędkości przepływu 0,1 – 10,0 m/s,
- zasilanie przepływomierza: 230 VAC, 50 Hz,
- poziom ochrony przed porażeniem: ABS kl. II, AK 11 kl. I,
- zliczanie objętości: 9 cyfr, 3 liczniki dla pomiaru w przód, w tył i różnicy,
- funkcje wyjść OUT1, OUT 2: alarm min./max., kierunek przepływu F/R, dozowanie porcji, wyjście impulsowe,
- funkcje wejścia: sterowanie procesem dozowania porcji, zdalne kasowanie licznika objętości, sygnalizacja braku medium w instalacji,
- dokładność pomiaru czujnika: +/- 0,5 %,
- rodzaj przyłączy: kołnierzowe,
- pobór mocy: < 19,0 W,
- wykonanie: z materiałów posiadających atesty PZH.

Przepływomierze zostaną zamontowane na rurociągu wody przefiltrowanej. By zachować odpowiednie warunki pomiarowe należy dokonać redukcji na średnicę DN 80.

Pomiary ciśnienia wody w układzie filtracji

Ze względu na fakt, że projektowany układ stanowi zestaw pracujący równolegle filtrów, pomiar ciśnienia ograniczony zostanie do punktu przed filtracją i po filtracji drugiego stopnia.

Do pomiaru ciśnienia wykorzystane zostaną następujące czujniki:

- firma: ENDRESS – HAUSER (lub Danfoss),
- typ czujnika dla Endress - Hauserr: Cerabar T PMC 131,
- oznaczenie: A1Q (0,0 – 4,0 bar, przy przeciążalności 20,0 bar),
- zakres pomiarowy: 100,0 mbar – 40,0 bar,
- wyjście prądowe: 4,0 – 20,0 mA,
- przyłączy technologiczne: G ½".

Pomiar ciśnienia przed i po filtracji będzie podstawą do określenia całkowitych strat ciśnienia w układzie filtracji i służyć będzie do oceny długości cyklu filtracyjnego, i ewentualnej inicjacji procesu płukania filtrów ciśnieniowych, choć w przypadku filtrów II stopnia, jak zaznaczono wcześniej, przewiduje się płukanie w trybie 7 dobowym.

Ciśnienie przetworzone na impuls prądowy będzie podawane do układu kontrolno sterującego, przetwarzane na wartość ciśnienia podawanego w mH₂O i przeliczane na różnicę ciśnień (stratę ciśnienia) wyświetlaną na wizualizacji oraz panelu sterowania pracą SUW.

Płukanie filtrów

Zgodnie z wcześniej przyjętymi założeniami płukanie filtrów drugiego stopnia odbywać się będzie na podstawie czasu filtracji (tj. czasu od ostatniego płukania) liczonego w dobach. Wstępnie przyjęto, że czas ten będzie wynosił ok. 7 dób. Filtry będą płukane kolejno – na podstawie opracowanego harmonogramu.

W pierwszej fazie montażu i eksploatacji SUW przewiduje się ręczne sterowanie procesem płukania z wykorzystaniem przepustnic z napędem ręcznym. W dalszym etapie procesu inwestycyjnego zalecany jest montaż napędów pneumatycznych pozwalających zautomatyzować proces płukania.

Zgodnie z programem sterującym inicjacja procesu płukania odbywać się będzie ręcznie, ale samo płukanie już w trybie automatycznym.

Jeśli płukanie odbywać się będzie w automacie, wówczas inicjacja procesu płukania będzie się równała z płukaniem wszystkich filtrów w określonej kolejności, zależnej od ustalonego programu sterującego całym procesem.

W przypadku przejściu na ręczny proces płukania możliwe będzie tylko i wyłącznie ręczne płukanie filtrów, w dowolnej kolejności. Do płukania filtrów zostanie wykorzystane powietrze oraz woda ze zbiornika reakcji (rozdzielnie).

Płukanie powietrzem

Na dzień dzisiejszy do płukania powietrzem wykorzystywane jest powietrze zgromadzone w zbiorniku akumulacyjnym, napełnianym przy użyciu dwóch sprężarek. W trakcie płukania filtra powietrzem następuje stopniowe wypuszczenie powietrza ze zbiornika, aż do całkowitego obniżenia ciśnienia.

Teoretyczna intensywność płukania powietrzem w przypadku jednoczesnego odżelaziania i odmanganiania wody podziemnej wynosi ok. 15 l/m²s.

Przy takiej intensywności wydajność płukania powietrzem filtrów II stopnia powinna wynosić:

$$Q_p = 15,0 * 2,54 * 3,6 = 137,16 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Uzyskanie takiej wydajności przy płukaniu powietrzem z istniejącego zbiornika akumulacyjnego jest absolutnie niemożliwe. Taką wydajność można uzyskać tylko przy zastosowaniu dmuchawy.

Można w przeliczeniu wyliczyć, że z istniejącego zbiornika akumulacyjnego o objętości

0,9 m³, przy spadku ciśnienia założoną z 0,6 do 0,3 Atm przez czas płukania równy 3,0 min. pozwala uzyskać wydajność godzinową płukania:

$$V_p^R = [(0,6 \cdot 0,9) / 0,3] - 0,9 = 0,9 \text{ m}^3,$$

$$Q_p^R = (0,9 / 3,0) \cdot 60,0 = 18,0 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Odpowiada to intensywności płukania na poziomie:

$$I_p^R = 18,0 / (2,54 \cdot 3,6) = 1,96 \text{ l/m}^2\text{s}.$$

Jest to zbyt mała intensywność płukania. Praktycznie nie ma możliwości technicznej wypłukania złożeń filtracyjnych na omawianym obiekcie z wystarczającą intensywnością.

Wysokie ciśnienie podczas płukania powietrzem nie jest wskazane, ponieważ powoduje wynoszenie złożeń z filtrów (jego znaczne ilości znajdują się w odstojniku) oraz potencjalne uszkodzenie dysz filtracyjnych.

Dlatego wprowadza się na istniejący obiekt płukanie z niskim ciśnieniem i wysoką wydajnością, co zapewni odpowiednio dobrana dmuchawa.

Dla intensywności płukanie powietrzem równej 13,0 – 15,0 l/m²s, powierzchni filtracyjnej filtra II stopnia równej $A_f = 2,54\text{m}^2$, wydajność dmuchawy powinna wynosić:

$$Q_p = (13,0 - 15,0) \cdot 2,54 \cdot 3,6 = 118,87 - 137,16 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do tego celu dobrano urządzenie/dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- producent: BECKER,
- ilość urządzeń: 1 szt.,
- typ urządzenia: KDT 3.140,
- wydajność: 129,0 m³/h (przy częstotliwości 50 Hz),
- nadciśnienie tłoczenia powietrza: 0,5 bar,
- moc przy nadciśnieniu 0,5 bar oraz częstotliwości 50,0 Hz: 5,5 kW,
- głośność urządzenia: 80 dB,
- masa: 136,0 kg,
- prędkość obrotowa: 1.450 obr./min.,
- przyłącze: G 1 ½ ",
- długość dmuchawy: 895,0 mm,
- wysokość urządzenia: 336,0 mm.

Kartę katalogową dmuchawy przedstawiono w końcowej części opracowania.

Dobrano tylko jedną dmuchawę ze względu na fakt, iż w razie awarii urządzenie dmuchawy może być chwilowo zastąpione częściej realizowanym płukaniem wodą.

Przy wydajności 129,0 m³/h rzeczywista intensywność płukania powietrzem wyniesie:

$$I_p^R = 129,0 / (2,54 \cdot 3,6) = 14,1 \text{ l/m}^2\text{s}.$$

Powietrze do płukania będzie rozprowadzane rurociągiem stalowym o średnicy 65,0 mm – do punktu włączenia z instalacją PVC 160 wody płuczającej. Na rurociągu konieczny jest

montaż:

- przepustnicy z napędem ręcznym (docelowo automatycznym), DN 65,
- dobrego zaworu zwrotnego, DN 65 zabezpieczającego dodatkowo przed przedostaniem się wody do dmuchawy.

Rurociąg powietrza należy prowadzić tzw. syfonem („fajką”) ograniczającą ryzyko zalania dmuchawy, poprowadzonych trasą przedstawioną na rysunkach technicznych.

Urządzenie dmuchawy należy posadzić na stelażu ze stali lub fundamencie w miejscu wskazanym w części rysunkowej opracowanie. Należy przytwierdzić do podłoża, zabezpieczając jednocześnie przed przesunięciem w trakcie pracy urządzenia.

Płukanie wodą na II stopniu filtracji będzie realizowane z intensywnością 10,0 l/sm². Odpowiada to wydajności pompy płuczącej równej:

$$Q_p = 10,0 * 2,54 * 3,6 = 91,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

W układzie filtracji I stopnia filtry płukane są pompą o następujących parametrach:

Parametry pompy płuczącej I stopnia:

- firma: LFP,
- ilość: 1 szt.,
- $Q = 36,0 - 75,0 \text{ m}^3/\text{h}$,
- $N = 5,5 \text{ kW}$,
- $n = 2.900 \text{ min}^{-1}$,

Daje to intensywność płukanie rzędu:

$$I^{RZ} = 75,0/(2,54 * 3,6) = 8,2 \text{ l/m}^2\text{s}.$$

Powyższa pompa nie zapewnia odpowiedniej intensywności płukania filtrów II stopnia. Zatem proponuje się zainstalowanie nowej pompy płuczącej o wydajności zapewniającej odpowiednią intensywność płukania wodą filtrów I jak i II stopnia.

Przyjmuje się wysokość podnoszenia pompy w granicach 15,0 m.

Parametry techniczne urządzenia:

- producent: Grundfos,
- ilość: 1 pompa płuczająca,
- typ urządzenia: CR 90-1,
- prędkość obrotowa: 2.910 – 2.930 obr./min.,
- przepływ: 98,5 m³/h,
- wysokość podnoszenia: 18,0 mH₂O,
- wykonanie korpusu pompy: żeliwo szare EN-JS1050,
- wykonanie wirnika pompy: stal nierdzewna,
- maksymalne ciśnienie pracy pompy: 16,0 bar,
- przyłącze rurowe: DN 100,
- moc silnika: 7,5 kW,
- częstotliwość podstawowa: 50 Hz,
- napięcie nominalne: 3 x 380 V,
- prąd znamionowy: 15,2 A,

- masa netto: 109,0 kg.

Kartę katalogową urządzenia zamieszczono w końcowej części opracowania.

Dodatkowa armatura pompy płuczającej:

- na rurociągu ssawnym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 100 (JAFAR lub równoważna),
- na rurociągu tłocznym pompy płuczającej: przepustnica odcinająca DN 100, zawór zwrotny, montowany międzykołnierzowo o średnicy DN 100 (Danfoss lub równoważny), względnie kłapa zwrotna.

Dodatkowy osprzęt pompy płuczającej (układu płukania filtrów wodą):

- czujnik ciśnienia zamontowany na jednym króćcu wraz z manometrem,
- przepływomierz na rurociągu wody do płukania o średnicy DN 150.

Dane techniczne zastosowanych urządzeń pomiarowych

Dla ciśnieniomierza:

- firma: ENDRESS – HAUSER (lub Danfoss),
- typ czujnika: Cerabar T PMC 131 (dla Endress-Hauser),
- oznaczenie: A1Q (0,0 – 4,0 bar, przy przeciążalności 20,0 bar),
- zakres pomiarowy: 100,0 mbar – 40,0 bar,
- wyjście prądowe: 4,0 – 20,0 mA,
- przyłącze technologiczne: G ½".

Przepływ wody płuczającej mierzony będzie z wykorzystaniem przepływomierza firmy ENKO lub Endress – Hauser o następujących parametrach technicznych:

- średnica: DN 150,
- zalecany zakres pomiarowy: przy prędkości przepływu 0,1 – 10,0 m/s,
- zasilanie przepływomierza: 230 VAC, 50 Hz,
- poziom ochrony przed porażeniem: ABS kl. II, AK 11 kl. I,
- zliczanie objętości: 9 cyfr, 3 liczniki dla pomiaru w przód, w tył i różnicy,
- funkcje wyjść OUT1, OUT 2: alarm min./max., kierunek przepływu F/R, dozowanie porcji, wyjście impulsowe,
- funkcje wejścia: sterowanie procesem dozowania porcji, zdalne kasowanie licznika objętości, sygnalizacja braku medium w instalacji,
- dokładność pomiaru czujnika: +/- 0,5 %,
- rodzaj przyłączy: kołnierzowe,
- pobór mocy: < 19 W,
- wykonanie: z materiałów posiadających atesty PZH.

Manometr tarczowy (kontrolny) dla czujnika automatycznego ciśnienia:

- producent: WIKA Polska (lub równoważna),
- średnica tarczy: 100,0 mm,
- przyłącze (mosiądz) G1/2" – typ radialny,
- oprawa – stal nierdzewna,
- klasa dokładności: 1,6,
- wypełnienie antywstrząsowe (gliceryna),
- zakres pomiarowy: 0,0 – 3,0 bar,

- działka: 0,1 bar.

Pompę należy umieścić na stelażu ze stali nierdzewnej (względnie stelażu aluminiowym) na podkładkach antywibracyjnych.

Na kolektorze tłocznym pompy płuczącej dodatkowo projektuje się przepustnicę z napędem pneumatycznym otwieraną zgodnie z sekwencją programu automatycznego sterowania pracą SUW - w zakresie procesu płukania.

Przewiduje się, że czas płukania filtrów wodą, z uwagi na wcześniejsze wypłukanie powietrzem z wysoką, wymaganą intensywnością nie będzie trwał dłużej niż 10,0 min. Popłuczyny należy wpiąć w istniejący system odprowadzenia wód popłucznych do odstoju.

W trakcie jednego cyklu płukania szacunkowa ilość odprowadzanych wód przy założeniu 10 min. płukania wodą (popłuczyny + wody spustowe) wyniesie:

- objętość popłuczyn w trakcie jednego płukania: $V = 91,5 \text{ m}^3/\text{h} * (10/60) = 15,25 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: wstępnie przyjęto objętość równą ok. 40,0 cm objętości warstwy nad złożem filtracyjnym, co daje: $V = 0,4 * 2,5 \text{ m}^2 = 1,02 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu pierwszego filtratu – przyjętą na poziomie jednej objętości złoża filtracyjnego – czyli ok. $1,5 * 2,5 = 3,81 \text{ m}^3$.

Całkowita ilość popłuczyn z płukania jednego filtra wyniesie zatem ok.:

$$V_c = 15,25 + 1,02 + 3,81 = 20,0 \text{ m}^3.$$

Wody popłuczne kierowane będą do istniejącego dwukomorowego odstoju wód popłucznych, gdzie następuje ich sklarowanie.

Parametry odstoju wód popłucznych, jednej komory:

- $V_{\text{całk.1}} = 149,8 \text{ m}^3$, $h_{\text{całk.}} = 2,2 \text{ m}$,
- $V_{\text{użytk.1}} = 95,4 \text{ m}^3$, $h_{\text{użytk.}} = 1,4 \text{ m}$,
- $V_{\text{osad.1}} = 40,8 \text{ m}^3$, $h_{\text{os.}} = 0,6 \text{ m}$.

Pojemność całkowita użytkowa wynosi:

$$V_{\text{całk.}} = 190,8 \text{ m}^3.$$

Woda nadosadowa odprowadzana będzie do urządzenia wodnego, jakim jest rów melioracji szczegółowych – zgodnie ze stanem istniejącym.

Docelowo, po wprowadzeniu całkowitej automatyzacji, uwzględniając wszystkie powyższe aspekty proces płukania będzie on przebiegał zgodnie z następującym harmonogramem (uwzględniającym wszystkie warunki, jakie muszą być spełnione w zakresie poziomów wody w zbiornikach czy to na popłuczyny, czy też zbiorniku retencyjnym).

UWAGA! Poniższy algorytm odnosi się do płukania automatycznego filtrów, nie uwzględnia on płukania ręcznego.

1. Inicjacja automatyczna procesu płukania (po 7 dobach).

2. Przygotowanie do płukania filtra nr 1.
3. Sprawdzenie poziomu wody w zbiorniku retencyjnym (sieciowym lub ruchowym): poziom wody w zbiorniku retencyjnym musi być wyższy niż $\frac{1}{2}$ całkowitej wysokości. Jeśli nie będzie wyższy, wówczas informacja, że płukanie nie jest możliwe ze względu na zbyt niski poziom wody w zbiorniku retencyjnym. Wówczas, jeśli będzie to płukanie pierwszego filtra - wyłączenie procedury płukania i konieczność ponownej inicjacji, natomiast jeśli warunek ten nie zostanie spełniony przy płukaniu innego niż pierwszy filtr, wówczas ponowne, automatyczne sprawdzanie tego warunku – co godzinę, aż do spełnienia. Za każdym razem informacja o zainicjowaniu płukania lub jego odłożeniu.
4. Sprawdzenie poziomu wody w odstojniku. Jeśli poziom wody będzie równy wartości minimalnej – umożliwienie płukania filtrów. Jeśli poziom minimalny nie będzie osiągnięty – wówczas uniemożliwienie procedury płukania. Nie osiągnięcie minimalnego poziomu będzie wymagało sprawdzenia układu odprowadzenia popłuczyn bezpośrednio na obiekcie.
5. W sytuacji, gdy warunki nie będą spełnione, sterownik powinien kontrolować parametry co ok. 15 min., aż do ich spełnienia i umożliwienia przebiegu procesu płukania.
6. Po spełnieniu obu warunków – umożliwienie płukania filtrów.
7. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody uzdatnionej filtra nr 1.
8. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody surowej filtra nr 1.
9. Otwarcie przepustnicy na rurociągu wód popłucznych filtra nr 1
10. Otwarcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1 (przepustnica równa przepustnicy spustu I filtratu).
11. Spust wody znad złoża filtracyjnego w czasie dobranym na rozruchu (program musi mieć możliwość regulacji czasu spustu wody z filtra).
12. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1.
13. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtra nr 1 wodą oraz powietrzem.
14. Otwarcie przepustnicy na rurociągu zbiorczym płukania filtrów powietrzem.
15. Załączenie dmuchawy do płukania filtrów.
16. Płukanie filtra nr 1 powietrzem (przez czas ustalony na rozruchu, zmieniany w trakcie eksploatacji w zależności od potrzeb) – wstępnie przejęto 2 min.
17. Wyłączenie dmuchawy do płukania filtrów powietrzem.

18. Zamknięcie przepustnicy do płukania wszystkich filtrów powietrzem.
19. Stabilizacja złoża (postój filtra, bez płukania) – przez czas ok. 5 min., w trakcie którego zachodzi odgazowanie złoża, przed płukaniem wodą.
20. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtrów wodą (wariantowo).
21. Załączenie pompy płuczającej.
22. Płukanie filtra wodą przez czas ustalony na rozruchu, korygowany w trakcie eksploatacji SUW (wstępnie przyjęto czas ok. 10 min.).
23. Wyłączenie pompy płuczającej po upływie czasu płukania, względnie po osiągnięciu poziomu maksymalnego w zbiorniku wód popłucznych, jako warunku bezwzględnego.
24. Zamknięcie przepustnicy sterowanej automatycznie na rurociągu wody do płukania filtra nr 1.
25. Zamknięcie przepustnicy odprowadzenia popłuczyn.
26. Otwarcie przepustnicy doprowadzenia wody surowej na filtr nr 1.
27. Otwarcie przepustnicy na rurociągu odprowadzenia I filtratu (rurociągu spustu pierwszego filtratu), do odstoju.
28. Spust pierwszego filtratu do odstoju przez czas określony na rozruchu z wydajnością dosterowaną przepustnicą ręczną.
29. Zamknięcie przepustnicy odprowadzającej pierwszy filtrat do odbiornika.
30. Otwarcie przepustnicy wody uzdatnionej.
31. Tryb filtracji - do punktu 37.
32. Przejście do płukania kolejnego filtra.
33. Algorytm od punktu nr 3.
34. Po zakończeniu płukania ostatniego filtra – sygnał o wypłukaniu wszystkich filtrów.
35. Po wypłukaniu każdego filtra zerowanie zegara czasu pracy od ostatniego płukania oraz zegara objętości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania.
36. Od momentu zakończenia płukania filtrów wodą (wyłączenia pompy płuczającej) – względnie załączenia pompy płuczającej – będzie liczony czas sedymentacji popłuczyn w odstoju.
37. Czas sedymentacji – czyli czas, w którym wody popłuczne będą przebywały w

odstojniku, dobrany na etapie rozruchu SUW i zmieniany w trakcie eksploatacji.

38. Po czasie sedymentacji otwarcie przepustnicy (ręczne lub automatyczne) spustowej wody nadosadowej z odstojnika lub uruchomienie pompy zatapialnej odprowadzającej popłuczyny z odstojnika (wariantowo, zgodnie z dalszym opisem technicznym).

39. Spust osadu do momentu osiągnięcia poziomu minimum (czujnik ciuwo).

40. Po osiągnięciu poziomu minimum wody nadosadowej – zamknięcie przepustnicy spustowej wód nadosadowych, względnie wyłączenie pompy płuczającej oraz sygnał do sterownika o opróżnieniu odstojnika oraz spełnieniu warunku płukania kolejnego filtra.

Zmiana poszczególnych nastaw procesu automatycznego płukania filtrów – możliwa tylko ze sterowni zlokalizowanej na SUW.

4.4. Odprowadzenie wody uzdatnionej

Woda po drugim stopniu filtracji odprowadzona zostanie do istniejących pięciu zbiorników wody czystej zlokalizowanych na zewnątrz. Odprowadzenie wody z wykorzystaniem rurociągu po filtracji I stopnia.

Wpięcie przedstawiono na rysunkach technicznych.

Parametry zbiorników:

- firma: PROWODROL Sulechów,
- $V = 100,0 \text{ m}^3$,
- ilość: 5 szt.

Sumaryczna objętość zbiorników wyrównawczych wynosi:

$$V_c = 500,0 \text{ m}^3.$$

Na rurociągu wody uzdatnionej należy wykonać węzeł pozwalający wpiąć wodę bezpośrednio po pierwszym stopniu filtracji.

Na etapie realizacji zadania należy dokładnie zinwentaryzować posadowienie przepinki oraz ustalić wysokości i rzędne rurociągów, celem określenia miejsca spięcia rurociągów. Woda będzie wprowadzana do zbiorników retencyjnych poprzez istniejące rurociągi.

4.5. Chlorowanie wody – dezynfekcja

Woda będzie chlorowana przy użyciu chloratora (podchlorynu sodu) dozowanego bezpośrednio do rurociągu odprowadzającego wodę uzdatnioną.

Dopuszcza się wykorzystanie istniejącego systemu opartego o chloratory firmy PROMINENT.

Do dezynfekcji wody wykorzystany jest roztwór podchlorynu sodu.

Z uwagi na dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne czystość bakteriologiczną ujmowanej wody surowej nie przewiduje się ciągłej dezynfekcji wody, względnie dopuszcza się chlorowanie ciągłe na nieznaczną dawkę chloru wolnego w wodzie.

Do dezynfekcji okresowej jest wykorzystywany roztwór podchlorynu sodu dozowany przy

użyciu pompki dozującej.

Urządzenia do chlorowania wody zlokalizowane są w oddzielnym pomieszczeniu, wydzielonym w budynku SUW (zgodnie z rysunkami budowlanymi).

Pomieszczenie chlorowni jest wyposażone w następujące urządzenia:

- pompka dozująca,
- pojemnik roboczy na podchloryn sodu.

W pomieszczeniu tym zlokalizowane zostaną również zbiorniki z koagulantem.

Możliwe jest wykonanie tymczasowego pomieszczenia w formie ocieplenie obudowy zbiorników (ocieplenie jest istotne ze względu na gęstnienie roztworu podchlorynu i koagulantu wraz ze spadkiem temperatury).