

SPIS TREŚCI

1. PRZEDMIOT I PODSTAWA OPRACOWANIA.....	2
2. OGÓLNY OPIS UKŁADU UZDATNIANIA WODY.....	4
3. OPIS TECHNICZNY.....	5
3.1. Informacje ogólne w zakresie ujęcia wody surowej.....	5
3.2. Analiza jakości wody surowej.....	9
3.3. Analiza jakości wody uzdatnionej.....	11
3.4. Układ napowietrzania wody.....	12
3.5. Układ filtracji.....	17
3.6. Układ dezynfekcji wody.....	22
3.7. Zbiorniki hydroforowe.....	23
3.8. Gospodarka popłuczynami.....	23
4. KONCEPCJA PRZEBUDOWY SUW WIETRZYCHOWICE.....	25
4.1. Ujęcie wody surowej.....	25
4.2. Napowietrzanie ciśnieniowe.....	26
4.3. Filtracja ciśnieniowa.....	30
4.4. Odstojnik, gospodarka popłuczynami.....	38
4.5. Dezynfekcja wody.....	39
4.6. Zbiornik wody czystej, zestaw sieciowy.....	40
5. WYTYCZNE ELEKTRYCZNE I AKPIA.....	43
6. WYTYCZNE BUDOWLANE.....	46

1. PRZEDMIOT I PODSTAWA OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest koncepcja technologiczna modernizacji Stacji Uzdatniania Wody w miejscowości Wietrzychowice.

Układ uzdatniania opiera się o klasyczne procesy oczyszczania wody podziemnej – napowietrzanie i filtrację. Całość pracuje w systemie ciśnieniowym.

Z uwagi na stopniowe zużycie techniczne poszczególnych elementów układu technologicznego, jak i postępujący rozwój techniczny w branży uzdatniania wody, a także systematyczny rozwój w zakresie automatyzacji oraz kontroli procesów, podjęto działania związane z przeanalizowaniem celowości oraz kierunków modernizacji SUW dla m. Wietrzychowice.

Czynnikiem wymuszającym modernizację jest również konieczność zwiększenia wydajności SUW, jako obiektu stanowiącego dodatkowe zabezpieczenie dla zaopatrzenia Gminy w wodę.

Ponadto stacja pracuje w układzie jednostopniowego pompowania, co przy zwiększonych rozbiorach wody na sieć wodociągową powoduje drastyczne pogarszanie parametrów jakości wody uzdatnionej.

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Zakładu Gospodarki Komunalnej i Wodociągów w Izbicy Kujawskiej na wykonanie koncepcji modernizacji SUW Wietrzychowice,
- obowiązujące przepisy prawne dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z dnia 13 listopada 2015 roku,
- operat wodno – prawny na wykonanie urządzenia wodnego – studni głębinowej nr 2 oraz pobór wód podziemnych z gminnego ujęcia głębinowego w Wietrzychowicach gm. Izbica Kujawska wraz z odprowadzeniem wód popłucznych ze stacji uzdatniania wody w Wietrzychowicach do rowu przydrożnego drogi gminnej opracowany przez inż. Danutę Bączalską z Włocławka z maja 2014 roku,
- pozwolenie wodno – prawne na wykonanie urządzenia wodnego, szczególne korzystanie z wód w zakresie poboru wód podziemnych oraz szczególne korzystanie z wód w zakresie odprowadzania wód popłucznych z dnia 30 lipca 2014 roku,
- wyniki badań wody,
- zestawienie produkcji wody z lat 2012 ÷ 2016,
- wizje lokalne przeprowadzone na obiekcie,
- aktualna literatura przedmiotu,
- doświadczenia z modernizacji SUW o podobnej wielkości oraz podobnym układzie technologicznym.

W toku opracowania wyróżniono następujące części:

- charakterystyka ujęcia oraz analiza składu jakościowego wody surowej pod kątem wymagań technologicznych jej uzdatniania,
- charakterystyka istniejącego układu uzdatniania oraz ocena efektywności technologicznej mierzonej jakością wody uzdatnionej,
- koncepcja modernizacji SUW w odniesieniu do następujących elementów:
 - napowietrzanie wody surowej,
 - filtracja ciśnieniowa wody napowietrzonej wraz z układem płukania powietrzem i wodą,

- opomiarowanie,
- układ dezynfekcji wody,
- retencja wody uzdatnionej,
- pompowanie wody uzdatnionej do sieci wodociągowej.

Opracowanie wykonano w oparciu o istniejącą wiedzę technologiczną z zakresu uzdatniania wody, doświadczenia eksploatacyjne różnych Stacji Uzdatniania Wody w kraju, eksploatujące określone układy uzdatniania, informacje techniczne producentów urządzeń oraz konsultacje naukowo – techniczne.

2. OGÓLNY OPIS UKŁADU UZDATNIANIA WODY

Stacja Uzdatniania Wody w Wietrzychowicach ujmuje wodę głębinową pochodzącą z ujęć czwartorzędowych.

Do poboru wody służą studnie głębinowe wyposażone w pompy głębinowe oraz niezbędną armaturę zamontowaną na orurowaniu do przesyłu wody surowej na obiekt Stacji Uzdatniania Wody.

Woda surowa, zawierająca ponadnormatywne ilości żelaza i manganu, jest poddawana uzdatnianiu w toku klasycznych procesów technologicznych, realizowanych przez urządzenia zlokalizowane na Stacji Uzdatniania Wody.

Uzdatnianie wody odbywa się w oparciu o typowe procesy technologiczne usuwania wskaźników określonych powyżej:

- napowietrzanie ciśnieniowe w aeratorze centralnym, z wykorzystaniem sprężonego powietrza przygotowywanego w węźle sprężarkowym,
- filtracja ciśnieniowa na złożach piaskowo – żwirowych z wkładką katalityczną do usuwania żelaza oraz manganu,
- filtry są płukane wodą surową lub wodą uzdatnioną zgromadzoną w zbiornikach hydroforowych oraz powietrzem tłoczonym sprężarką,
- popłuczyny z płukania filtrów są odprowadzane do odстойnika wód popłuczyn, skąd dalej kieruje się je (po sedymentacji) do odbiornika,
- woda uzdatniona po filtrach ciśnieniowych jest kierowana poprzez zbiorniki hydroforowe do sieci wodociągowej,
- woda tłoczona do sieci jest doraźnie poddawana procesowi chlorowania.

3. OPIS TECHNICZNY

3.1. Informacje ogólne w zakresie ujęcia wody surowej

Ujęcie wody surowej zlokalizowane jest w Wietrzychowicach, gm. Izbica Kujawska, przy drodze prowadzącej do Osieczka Małego. Stacja Uzdatniania Wody i studnia głębinowa nr 1 znajdują się na dz. geod. Nr 93/6, natomiast studnia głębinowa nr 2 znajduje się na dz. geod. nr 42/1. Właścicielem działek jest Gmina i Miasto Izbica Kujawska.

Ujęcie pracuje w oparciu o pozwolenie wodno – prawne z dnia 30 lipca 2014 roku na wykonanie urządzenia wodnego służącego do ujmowania wód podziemnych z utworów czwartorzędowych otworem nr 2, na szczególne korzystanie z wód w zakresie poboru wód podziemnych z utworów czwartorzędowych z ujęcia gminnego oraz na szczególne korzystanie z wód w zakresie odprowadzenia wód popłucznych do rowu przydrożnego, wydane przez Starostę Włocławskiego. Pozwolenie określa następujące warunki poboru wód:

$$\begin{aligned}Q_{h \max} &= 92 \text{ m}^3/\text{h}, \\Q_{d \text{ śr}} &= 770 \text{ m}^3/\text{d}, \\Q_{r \max} &= 281\,050 \text{ m}^3/\text{r}.\end{aligned}$$

Wg J. Kondrackiego rejon miejscowości Wietrzychowice leży na terenie Pojezierza Kujawskiego.

Mezoregion wchodzi w skład makroregionu Pojezierze Wielkopolskie, leżącego w granicach podprovincji Pojezierze Południowobałtyckie. Pojezierze Kujawskie w tej swojej części to płaska wysoczyzna morenowa i falista.

Na obszarze Pojezierza Kujawskiego można zaobserwować typowe formy morfologiczne pochodzenia wodnolodowcowego (stadium najmłodsze). Zasadniczą jednostką geomorfologiczną jest wysoczyzna morenowa płaska, która tworzy zwartą powierzchnię, poprzecinana licznymi rynnymi jeziornymi.

Wysoczyznę budują gliny zwałowe i piaski lodowcowe fazy poznańskiej zlodowacenia północnopolskiego.

Formy pochodzenia wodnolodowcowego tworzą rynny wykorzystywane przez cieki z uformowanymi wzdłuż nich tarasami kemowymi oraz równina wodnolodowcowa. Dość licznie występują drobne zagłębienia różnej genezy powstałe po wytopieniu drobnych brył martwego lodu lub z rozmycia spągowej części lodu.

Pod względem hydrograficznym teren gminy Izbica Kujawska położony jest na obszarze zlewni rzeki Noteci. Sieć hydrograficzna jest bogata, występują tu liczne jeziora rynnowe połączone ciekami spływającymi w kierunku zachodnim do Noteci.

Pod względem geologicznym miejscowość Wietrzychowice położona jest w północno – zachodniej części Antyklinorium Kujawsko – Pomorskiego, gdzie dużą miąższość osiągają utwory trzeciorzędowe i czwartorzędowe na podłożu utworów kredowych.

Osady trzeciorzędowe stanowią bezpośrednie podłoże dla utworów czwartorzędowych. W rejonie ujęcia wody w Wietrzychowicach rozpoznano wierceniami budowę geologiczną do głębokości 40,0 m, nawiercając w otworze nr 1 strop trzeciorzędu wykształcony jako ily pstre, zalegające na głębokości ok. 34,5 m p.p.t.

Utwory czwartorzędowe w rejonie dokumentowanych prac charakteryzują się średnią miąższością ok. 34,0 ÷ 40,0 m. Są to przede wszystkim gliny zwałowe szare przeławicane warstwami piasków o różnej granulacji, występujące do głębokości 20,5 ÷ 25,0 m. Poniżej

zalegają piaski drobno i średnioziarniste o miąższości 9,5 ÷ 19,5 m. Miąższość utworów holocenijskich jako gleba wynosi ok. 0,5 m.

W rejonie ujęcia wody w Wietrzychowicach stwierdzono badaniami występowanie jednej, czwartorzędowej warstwy wodonośnej o znaczeniu użytkowym. Warstwa ta ujęta została do eksploatacji otworami studziennymi nr 1 i 2.

Użytkowa warstwa wodonośna posiada znaczny nakład utworów słabo przepuszczalnych, co gwarantuje utrzymanie dobrej jakości wód ujęcia bez konieczności wydzielania terenu ochrony pośredniej.

W poniższej tabeli zestawiono podstawowe dane o otworach hydrogeologicznych nr 1 i 2.

Tabela 1. Dane otworów studziennych nr 1 i 2 na ujęciu w Wietrzychowicach

Nr otworu	Rok wykonania	Głębokość otworu [m]	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Przełot warstwy [m p.p.t.]	Q _{eksp.} [m ³ /h]	S _{eksp.} [m]	Zwierciadło wody	
							nawiercone [m p.p.t.]	ustabilizowane [m p.p.t.]
1	1976	38,5	117,79	25,0 ÷ 34,5	49,0	5,7	25,0	3,8
2	2012	40,0	116,15	20,5 ÷ 40,0	45,0	3,4	20,5	3,3

Studnia nr 1

Profil geologiczny studni przedstawiono w poniższej tabeli.

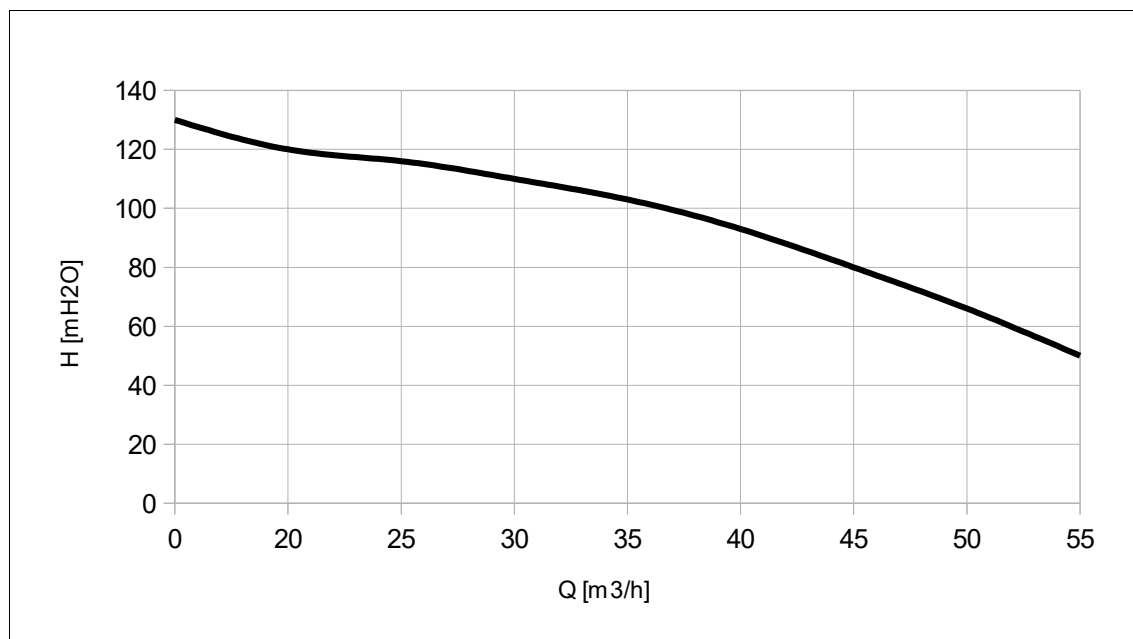
Tabela 2. Profil geologiczny studni nr 1

Głębokość [m]	Opis warstwy
0,0 ÷ 0,2	gleba
0,2 ÷ 12,0	glina zwałowa z otoczkami
12,0 ÷ 13,0	pospółka zagliniona
13,0 ÷ 25,0	glina zwałowa szara z otoczkami
25,0 ÷ 34,5	piasek średnioziarnisty szary
34,5 ÷ 38,5	ił pstry

W studni zamontowana jest następująca pompa głębinowa:

- producent: Hydro – Vacuum,
- typ: GC.3.06,
- moc: 13,2 kW.

Wykres 1. Charakterystyka pompy głębinowej w studni nr 1



Obudowa studni wykonana jest z kręgów betonowych o średnicy DN 1500 i przykrytych płytą betonową o średnicy DN 1750 o grubości 150 mm. Głębokość studni wynosi ok. 1,8 m. W pokrywie zamontowany jest właz o średnicy \varnothing 600 mm, metalowym, szczelnym i zamykanym na kłódkę. Obudowa posiada także drabinkę i kominiek wentylacyjny o średnicy \varnothing 50 mm.

Rurociąg tłoczny o średnicy DN 100, wewnątrz obudowy, wyposażony jest w następującą armaturę:

- zawór czerpalny o średnicy DN 15 mm,
- zasuwa płaska o średnicy DN 100,
- zawór zwrotny o średnicy DN 100.

Dodatkowo w głowicy studni wykonany jest otwór umożliwiający pomiar zwierciadła wody w studni.

Obudowa studni wyniesiona jest powyżej terenu o ok. 25 cm i zabezpieczona płytami betonowymi o długości 1 m ze spadkiem.

Studnia nr 2

Profil geologiczny studni przedstawiono w poniższej tabeli.

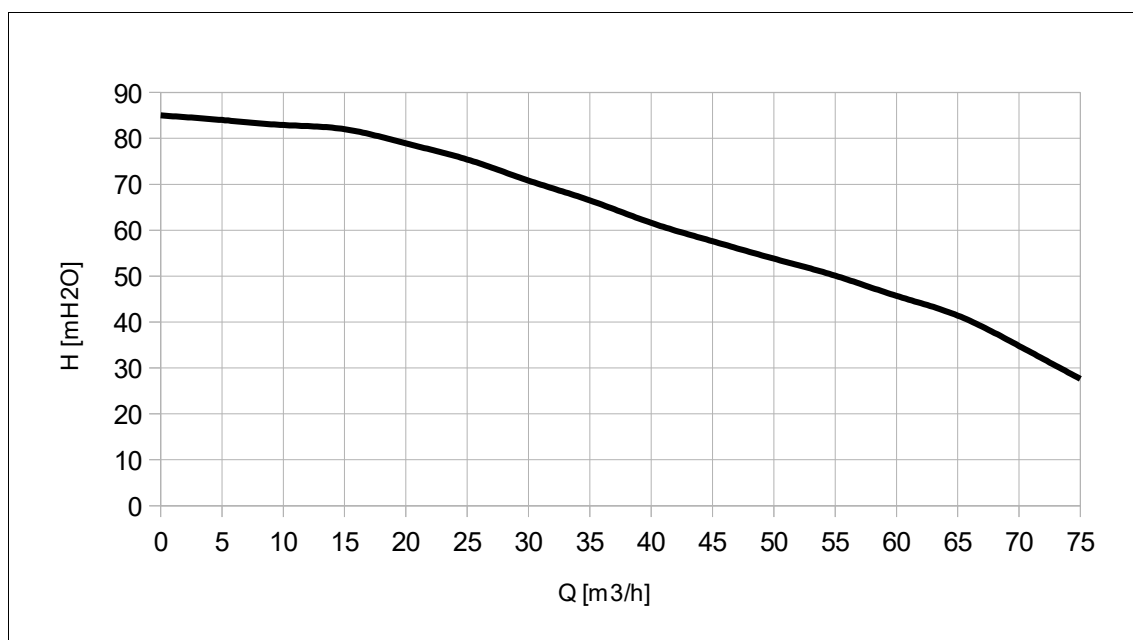
Tabela 3. Profil geologiczny studni nr 2

Głębokość [m]	Opis warstwy
0,0 ÷ 0,7	gleba
0,7 ÷ 4,2	Gлина piaszczysta żółta
4,2 ÷ 10,7	Gлина zwałowa z otoczkami szara
10,7 ÷ 12,6	Piasek gruboziarnisty ze żwirem i otoczkami
12,6 ÷ 16,4	Gлина zwałowa, piaszczysta z pojedynczymi otoczkami, szara
16,4 ÷ 20,5	Gлина zwałowa szara
20,5 ÷ 22,5	Piasek drobnoziarnisty pylasty, jasno szary
22,5 ÷ 29,0	Piasek drobnoziarnisty, szary
29,0 ÷ 30,0	Piasek średnioziarnisty, szary
30,0 ÷ 32,5	Piasek średnioziarnisty z pojedynczymi ziarnami żwiru, szary
32,5 ÷ 40,0	Piasek średnioziarnisty, szary

W studni zamontowana jest następująca pompa głębinowa:

- producent: Grundfos,
- typ: SP60 – 6,
- moc: 11 kW.

Wykres 2. Charakterystyka pompy głębinowej w studni nr 2



Studnia posiada obudowę typu Lange, otwieraną i montowaną na podłożu betonowym. Podstawa obudowy wykonana jest z konstrukcji stalowej ażurowej, obudowanej szczelną powłoką z laminatu poliestrowo – szklanego, w całości wypełniona pianką poliuretanową

stanowiącą ocieplenie podstawy. Wymiary wewnętrzne obudowy są następujące:

- długość: 1,34 m,
- szerokość: 0,8 m,
- wysokość: 1,3 m.

Pokrywa składa się z dwóch elementów (wewnętrznego i zewnętrznego), wykonanych z laminatu poliestrowo – szklanego. Przestrzeń pomiędzy elementami wypełniona jest warstwą ocieplającą z pianki o grubości 50 mm. Pokrywa otwiera się na zawiasach wewnętrznych wieloelementowych unosząc pokrywę obudowy ponad podstawę w momencie jej otwierania. Pokrywa spoczywa na podstawie opierając się na uszczelce zamontowanej wewnątrz pokrywy.

Rurociąg tłoczny o średnicy DN 100, wewnątrz obudowy, wyposażony jest w następującą armaturę:

- manometr o zakresie pomiarowym 0,0 ÷ 1,6 MPa,
- wodomierz prosty o średnicy DN 100,
- zawór zwrotny bezkołnierzowy o średnicy DN 100,
- zawór odcinający o średnicy DN 100.

Dodatkowo w głowicy studni wykonany jest otwór umożliwiający pomiar zwierciadła wody w studni.

3.2. Analiza jakości wody surowej

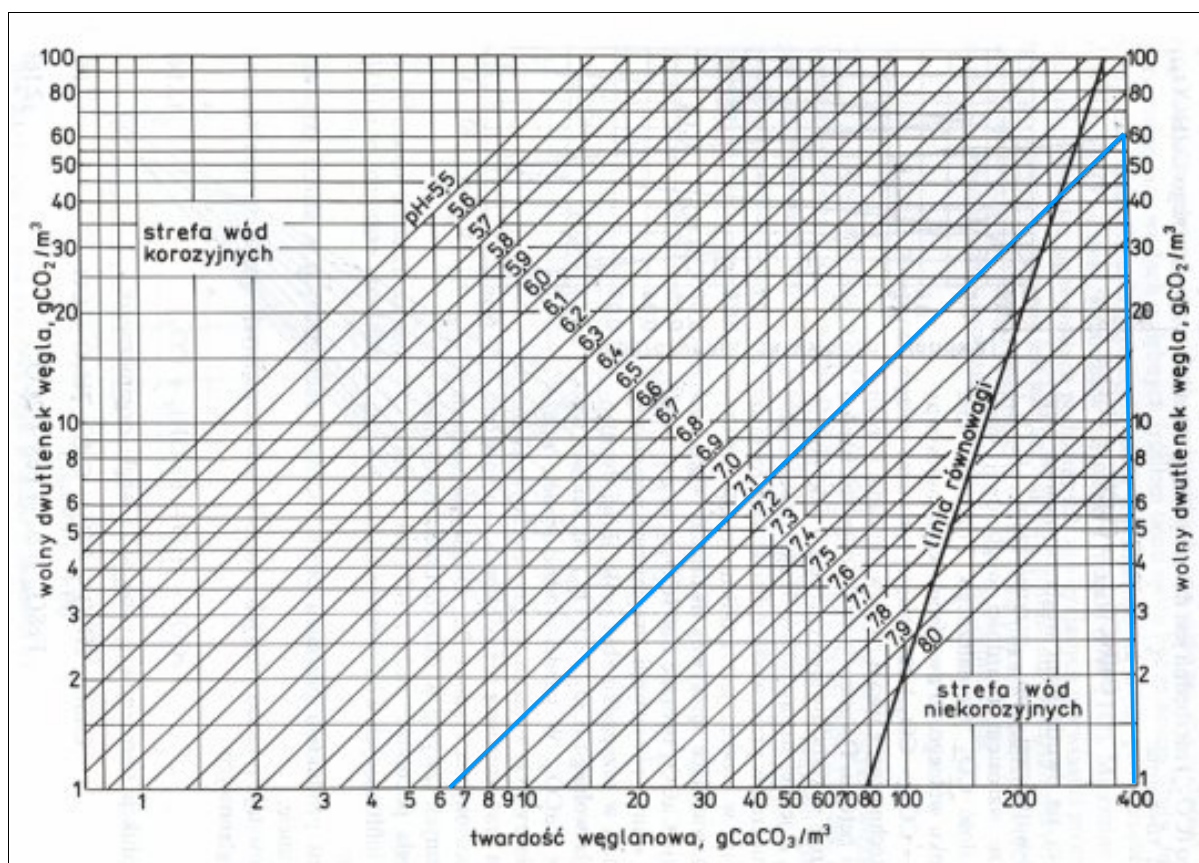
Na podstawie przeprowadzonych badań jakości wody surowej można stwierdzić:

- zawartość żelaza mieści się na stałym poziomie w obu studniach głębinowych, tj. 3,6 ÷ 3,9 mgFe/L,
- poziom żelaza w wodzie surowej należy ocenić jako średni, możliwy do usunięcia w toku filtracji ciśnieniowej 1 – stopniowej,
- podstawowa technologia usuwania żelaza (eksploatowana również na SUW Wietrzychowice) opiera się o utlenienie żelaza (II) do (III) i odfiltrowywanie wytrąconych wodorotlenków na złożu filtracyjnym,
- zawartość manganu w wodzie surowej ujmowanej ze studni nr 1 i 2 mieści się na poziomie średnim i wynosi ok. 0,21 ÷ 0,32 mgMn/L,
- mangan na SUW Wietrzychowice jest usuwany w toku technologii klasycznej, polegającej na sorpcji na wytrąconych tlenkach manganu na złożach filtracyjnych i utlenianiu tlenem, technologia tego typu wymaga wcześniejszej aktywacji złóż filtracyjnych poprzez filtrację wody zawierającej mangan (czasami przyspiesza się ten proces poprzez zastosowanie np. nadmanganianu potasu, aktywującego złoża filtracyjne w określonych warunkach technologicznych), faktem jest, że stężenie manganu występujące w Wietrzychowicach w wodzie surowej nie sprzyja aktywacji naturalnej złóż filtracyjnych – zgodnie z badaniami i doświadczeniami z licznych wodociągów z kraju, im wyższe stężenie manganu w wodzie surowej tym szybsza aktywacja, dlatego też wskazane jest zastosowanie złóż katalitycznych zbudowanych z tlenków manganu,
- jon amonowy w wodzie surowej jest praktycznie poniżej wartości dopuszczalnej, wynosi ok. 0,1 ÷ 0,3 mgNH₄⁺/L, jednorazowo badania wykazały stężenie jonu na poziomie 1,0 mgNH₄⁺/L,
- barwa i mętność w wodzie surowej na SUW Wietrzychowice mają swoje podłoże prawdopodobnie w wytrąconych wodorotlenkach żelazowych, stąd ich usunięcie odbywa się niejako przy okazji filtracji (usunięcia żelaza) z wody surowej,

potwierdzeniem tego faktu jest zawartość tych związków w wodzie uzdatnionej; jeśli w wodzie uzdatnionej poziom barwy i mętności są poniżej przyjętych norm, to jest to wystarczający dowód na powyższe (że przekroczenia barwy i mętności w wodzie surowej mają swoje podłoże w wodorotlenkach żelaza i manganu), w przeciwnym razie barwa przechodząca przez układ filtracji ma swoje źródło w związkach humusowych, których usuwanie jest możliwe w toku bardziej zaawansowanych metod technologicznych (np. koagulacji lub sorpcji z wykorzystaniem węgla aktywnego), zaś mętność przechodząca przez układ uzdatniania (przy jednocześnie niskim poziomie żelaza i manganu) informuje o obecności drobnych cząstek pochodzenia mineralnego (np. frakcji pylastych lub ilastych) mogących występować w studniach głębinowych,

- odczyn pH wody wynosi ok. $7,1 \div 7,4$, odczyn na tym poziomie jest zasadniczo korzystny dla przebiegu procesów utleniania żelaza i manganu,
- z odczynem wody wiąże się ściśle równowaga węglanowo – wapniowa,
- badania z budowy studni nr 1 wykazały, że twardość węglanowa wynosi ok. $390 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ przy pH na poziomie 7,1, wzajemne powiązanie zasadowości oraz odczynu przedstawiono na wykresie 3,

Wykres 3. Równowaga węglanowo – wapniowa dla wody surowej



- zgodnie z przybliżoną metodą pozwalającą określić stan równowagi węglanowo – wapniowej ujmowany surowiec jest przesycony węglanem wapnia, co oznacza, że ma tendencje do wytrącania węglanów przede wszystkim u odbiorców,

- zjawisko wytrącania będzie potęgowane w sytuacji stosowania systemów napowietrzania otwartego i desorpcji gazów z wody podczas uzdatniania oraz w sytuacji usuwania z wody związków organicznych – substancje organiczne ograniczają krystalizację węglanu wapnia, przez co proces wytrącania „kamienia” jest mniej intensywny,
- użytkowa warstwa wodonośna posiada znaczny nakład utworów słabo przepuszczalnych, co charakteryzuje się niską podatnością na skażenie bakteriologiczne.

Tym samym, na podstawie przeprowadzonej powyżej analizy można stwierdzić, że woda ujmowana na potrzeby SUW Wietrzychowice jest zasadniczo stabilna i wymaga:

- usunięcia ponadnormatywnych stężeń żelaza,
- usunięcia ponadnormatywnych stężeń manganu,
- wariantowe usunięcie jonu amonowego
- dezynfekcji awaryjnej.

Wszystkie te elementy są obecnie realizowane przez funkcjonujący układ technologicznych i pracujące na nim urządzenia, co będzie przedmiotem dalszej analizy technologicznej.

3.3. Analiza jakości wody uzdatnionej

Efekty procesu uzdatniania wody na SUW Wietrzychowice w układzie uzdatniania wody opisanym wstępnie powyżej i analizowanym szczegółowo w dalszej części opracowania zostały zestawione w postaci wykresów obrazujących jakość wody uzdatnionej w zakresie stężenia podstawowych wskaźników z ostatnich trzech lat.

Tabela 4. Jakość wody uzdatnionej na SUW Wietrzychowice

Parametr	Jednostka	Norma	16.04.2013	8.05.2015	27.07.2015	4.12.2015	11.02.2016
Przewodność	μS/cm	2 500	635	599	677	-	613
Barwa	mgPt/L	akcept.	5	17	210	-	5
Mętność	NTU	1	0,26	<0,5	22	-	0,37
Zapach	-	akcept.	akcept.	akcept.	akcept.	-	akcept.
Smak	-	akcept.	akcept.	akcept.	akcept.	-	akcept.
Odczyn pH	-	6,5 ÷ 9,5	7,3	7,3	7,9	-	7,1
Jon amonowy	mgNH ₄ ⁺ /L	0,5	<0,26	0,15	0,04	-	<0,05
Żelazo	mgFe/L	0,2	-	-	1,6	0,04	-
Mangan	mgMn/L	0,05	-	-	0,3	0,17	-

Na podstawie zestawionych wyników badań jakości wody uzdatnionej można wyciągnąć następujące wnioski:

- stężenie żelaza w wodzie uzdatnionej przy większych rozbiórach (lipiec) przekraczało wartość dopuszczalną, natomiast, gdy rozbiory w sieci były niższe, żelazo wynosiło 0,04 mgFe/L,
- stężenie manganu w wodzie uzdatnionej przekracza wartość normowaną i jest na takim samym poziomie jak w wodzie surowej, co oznacza, że proces

- odmanganiania praktycznie nie zachodzi,
- stężenie amoniaku w wodzie uzdatnionej znajdowało się znacznie poniżej poziomu określonego w obowiązujących przepisach,
 - odczyn wody znajduje się w przedziale 7,1 ÷ 7,3 pH (oprócz jednorazowego badania, kiedy wyniósł 7,9) – zachowywał stabilność, co w kontekście równowagi węglanowo – wapniowej jest bardzo ważne.

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że proces uzdatniania wody w układzie technologicznym opisanym w opracowaniu nie daje pozytywnych efektów – występują przekroczenia wartości dopuszczalnych żelaza i przede wszystkim manganu. Jest to podstawowa informacja technologiczna stanowiąca istotny czynnik współdecydujący o ewentualnym wyborze nowej technologii uzdatniania wody na SUW Wietrzychowice. Nowy układ technologiczny, stanowiący technologiczne odwzorowanie układu istniejącego, należy zmodyfikować technicznie i dopasować do najnowszych standardów technologicznych.

Biorąc pod uwagę wymienione powyżej aspekty, poparte badaniami technologicznymi oraz analizą układu istniejącego, realizacja uzdatniania wody powinna być realizowana z wykorzystaniem następujących procesów jednostkowych:

- dostarczenie utleniacza (doprowadzenie tlenu w procesie natleniania),
- reakcja żelaza w celu rozpoczęcia procesu jego utleniania,
- filtracja wody na złożu filtracyjnym nieaktywnym (usunięcie utlenionego i nieutlenionego żelaza),
- filtracja wody na złożu filtracyjnym katalitycznym w celu usunięcia manganu dwuwartościowego zawartego w wodzie surowej,
- dezynfekcja wody prowadzona w sposób doraźny.

Szczegóły każdego z przedstawionych powyżej procesów technologicznych zostaną przeanalizowane w dalszej części opracowania.

Podstawę do wstępnej oceny założonej skuteczności stanowić będzie analiza technologiczna istniejącego układu uzdatniania wody – będącego swego rodzaju odniesieniem pilotowym dla przedstawianej koncepcji technologii uzdatniania wody.

3.4. Układ napowietrzania wody

Rodzaj eksploatowanego systemu ściśle zależy od zasadowości wody. Literatura dokładnie podaje, jaka zasadowość jest wskazaniem do doboru określonego systemu napowietrzania wody. Wysoka zasadowość wody na SUW Wietrzychowice wymusza konieczność zastosowania systemu napowietrzania ciśnieniowego.

Zastosowanie napowietrzania otwartego mogłoby jeszcze przesunąć równowagę węglanową w kierunku większego wytrącania węglanów, czego następstwem mógłby być wzrost mętności wody.

Z uwagi na fakt, że tlen jest doprowadzany z powietrza, na jego zawartość w wodzie po napowietrzeniu wpływ będzie miała ilość powietrza wprowadzona do mieszacza – aeratora oraz sprawność tego urządzenia.

Teoretyczna zawartość tlenu w każdym 1 m³ powietrza wtłaczanego do aeratora wynosi 210 gO₂ (co wynika z zawartości tlenu w powietrzu – 21 %). Wiedza ta jest niezbędna dla określenia sprawności napowietrzania wody w mieszaczu (efektywności mieszania wody z powietrzem).

Na ilość tlenu rozpuszczonego w układzie technicznym uzdatniania wody składają się następujące elementy:

- ilość powietrza doprowadzonego do mieszacza,
- temperatura wody,
- zawartość tlenu w powietrzu,
- sprawność mieszania wody z powietrzem.

Teoretycznie przyjmuje się, że sprawność mieszacza winna być taka, by 2 % ilości powietrza w stosunku do ilości uzdatnianej wody winno zapewnić wymagany poziom natlenienia – w przypadku SUW Wietrzychowice 8,14 mgO₂/L. Biorąc zatem pod uwagę maksymalną wydajność godzinową ujęcia wody wynoszącą zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym 92 m³/h, ilość powietrza winna wynosić ok 1,8 m³/h, co odpowiada ok. 378 g tlenu, zapewniającym przy 100 % sprawności aeracji ok. 4,1 mg/L tlenu w wodzie.

Wprowadzenie tlenu do wody jest warunkiem prawidłowego przebiegu procesów uzdatniania (usuwania żelaza i manganu w toku chemicznego utleniania tych wskaźników oraz usuwania jonu amonowego w toku biologicznej nitryfikacji).

Brak tlenu powoduje natychmiastowe (zazwyczaj ok. 12 godzin) zachwianie procesów uzdatniania objawiające się:

- w pierwszej kolejności wzrostem stężenia jonu amonowego w wodzie po filtracji,
- następnie wzrostem stężenia manganu w wodzie po filtracji,
- na końcu wzrostem żelaza w wodzie po filtracji (a wraz z żelazem mętności).

Niestety, procesy te obudowują się znacznie dłużej niż następuje ich zatrzymanie. Wynika to z faktu, że:

- zakłócenia w usuwaniu jonu amonowego spowodowane brakiem tlenu są następstwem obumierania bakterii nitryfikacyjnych,
- zakłócenia w usuwaniu manganu wynikają z ekranizacji powłok katalitycznych złoża filtracyjnego tlenkami żelaza i brakiem dostępu manganu do powłok katalitycznych,
- zakłócenia w usuwaniu żelaza są spowodowane zatrzymaniem reakcji utleniania tego wskaźnika tlenem.

Stąd wynika kluczowa rola procesu napowietrzania w uzdatnianiu wody podziemnej, w której obserwuje się przekroczenia wymienionych wskaźników jakości wody surowej.

Na SUW Wietrzychowice woda surowa z każdej studni głębinowej jest doprowadzana do budynku oddzielnym rurociągiem, każdy o średnicy DN 100. Wewnątrz SUW na rurociągu tłocznym pompy głębinowej nr 1 zamontowany jest wodomierz do pomiaru ilości wody surowej, dyfuzor DN 150/100, zawór zwrotny oraz zasuwa z kółkiem ręcznym, natomiast na rurociągu tłocznym pompy głębinowej nr 2 zamontowana jest zasuwa z kółkiem ręcznym. Następnie następuje spięcie rurociągów w jeden i doprowadzenie wody surowej do aeratora o następujących parametrach technicznych:

- producent: Kotlembud,
- typ: mieszacz wodno – powietrzny, dynamiczny,
- średnica: DN 600,
- pojemność: 0,46 m³,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- ciśnienie obliczeniowe: 0,6 MPa,
- temperatura obliczeniowa: 20 stop. C,
- parametry z katalogu:
 - wysokość całkowita: 2350 mm,
 - wysokość płaszczka: 1350 mm,
 - wysokość strefy mieszania: 750 mm,

- orientacyjna ilość pierścieni Białeckiego: 0,25 m³,
- zalecana wydajność: 50 ÷ 90 m³/h,
- masa: 261 kg.

Powietrze do aeratora jest wprowadzane króćcem wmontowanym w króciec doprowadzający wodę surową do urządzenia i jest doprowadzane przez sprężarkę opisaną w dalszej części opracowania.

Widok ogólny aeratora przedstawiono na zdjęciu nr 1.

Zdjęcie 1. Aerator do napowietrzania ciśnieniowego



Podstawowe parametry pozwalające zweryfikować poprawność doboru aeratora to:

- minimalny czas przetrzymania,
- stopień utlenienia żelaza przed filtracją,
- wymagany stopień natlenienia,
- ilość powietrza pozwalająca uzyskać odpowiedni stopień natlenienia wody.

Czas przetrzymania wody przed filtracją w aeratorze ciśnieniowym na SUW Wietrzychowice przedstawia się następująco:

$$t_k = 18 \text{ s.}$$

Wyznaczony czas przetrzymania wody jest zdecydowanie za krótki od zalecanego, który powinien wynosić 30 ÷ 180 s. Czas przetrzymania wody ma bezpośredni wpływ

na efektywność mieszania wody z powietrzem (rozpuszczania tlenu) oraz na drugi istotny parametr charakteryzujący pracę aeratora – tj. stopień utlenienia żelaza.

Z uwagi na niski czas kontaktu stopień utlenienia żelaza wynikający z przetrzymania wody w aeratorze będzie niewielki. Ocena tego faktu jest istotna z punktu widzenia określenia wysokości strefy odżelaziania, co zostanie przeprowadzone w kolejnym punkcie.

Kolejny parametr to zapotrzebowanie wody na tlen, które zostało określone powyżej. Obliczenia zapotrzebowania wody na tlen do realizacji procesu przeprowadzono przy założeniu, że w toku filtracji usuwane są następujące wskaźniki:

- żelazo,
- mangan,
- jon amonowy.

Do obliczeń maksymalnego zapotrzebowania na tlen przyjęto jakość wody surowej na następującym poziomie:

- żelazo: 3,94 mgFe/L,
- mangan: 0,32 mgMn/L,
- jon amonowy: 1,0 mgNH₄⁺/L.

$$Z_{O_2} = 0,14 * 3,94 + 0,29 * 0,32 + 4,50 * 1,00 = 5,14 \text{ mgO}_2/\text{L}.$$

Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami technologicznymi zapotrzebowanie wody na tlen znajduje się na poziomie wynoszącym 5,14 mgO₂/L. Dodatkowo należy założyć naddatek powietrza – który zwyczajowo przyjmuje się na poziomie ok. 3,0 mgO₂/L, choć nie jest to bezwzględnie wymagany parametr.

Dużo istotniejsze od faktycznego zapotrzebowania wody na tlen jest efektywność pracy mieszacza. Niestety z uwagi na brak urządzeń do pomiaru ilości powietrza wtłaczanego do wody (rotometrów lub przepływomierzy na powietrzu) nie ma możliwości ustalenia tej charakterystyki technologicznej na omawianym obiekcie.

Powietrze do napowietrzania jest tłoczone ze sprężarki o następujących parametrach technicznych:

- producent: WAN – Gdynia,
- typ: sprężarka tłokowa WAN – K, S1P – 36,
- ilość: 1 szt.,
- max. ciśnienie robocze: 0,8 MPa,
- wydajność: 20 m³/h,
- ilość stopni: 1,
- ilość cylindrów: 2,
- średnica cylindra: 75 mm,
- skok tłoka: 90 mm,
- prędkość obrotowa sprężarki: 650 obr./min.,
- zasilanie: 50 Hz,
- prędkość obrotowa silnika: 1430 obr./min.,
- moc: 3 kW,
- masa: 192 kg.

Widok sprężarki i węzła sprężonego powietrza przedstawiono na poniższych zdjęciach.

Zdjęcie 2. Sprężarka



Zdjęcie 3. Węzeł sprężonego powietrza



Wnioski dot. układu napowietrzania i przygotowania powietrza:

- istniejący system napowietrzania jest właściwie dobrany do jakości wody surowej,
- objętość aeratora jest za mała w stosunku do wydajności ujęcia,
- wydajność sprężarki do napowietrzania jest prawidłowa,
- brak spustu wody z aeratora,
- brak odpowietrzenia na aeratorze,
- nieefektywny sposób mieszania wody z powietrzem, uniemożliwiający uzyskanie odpowiednio wysokiego stężenia tlenu w wodzie na filtry oraz tym samym w wodzie po aeracji
- brak sterowania ilością powietrza względem ilości wody podawanej do uzdatniania,
- stary typ armatury zabezpieczającej, odcinającej i sterowniczej – wymagający

- wymiany,
- brak pomiarów ilości powietrza do układu tłoczenia.

Wszystkie wymienione powyżej czynniki nakazują podjąć działania modernizacyjne, które w odniesieniu do tego systemu obejmować będą:

- spięcie układu zasilania w wodę surową w jeden rurociąg (poza budynkiem SUW) i wprowadzenie na obiekt wody surowej jednym przewodem (średnicy DN 150),
- zastosowanie nowych, wysokosprawnych mieszaczy statycznych wraz ze zbiornikami reakcji z odpowietrzeniem, zapewniającymi odpowiedni czas przetrzymania,
- mieszacze powinny posiadać układ pomiaru oporów, umożliwiający ocenę postępu procesu zanieczyszczania mieszacza,
- montaż spustu wody surowej do odstoju,
- montaż układu pomiaru ciśnienia i przepływu wody surowej,
- wymianę orurowania,
- wymianę armatury odcinającej,
- wymianę układu orurowania wężła przygotowania powietrza wraz z wymianą armatury bezpieczeństwa, redukcyjnej, odcinającej,
- montaż układu pomiarowego ilości powietrza i ciśnienia powietrza wtłaczanego do wody,
- montaż układu regulacyjnego ilości powietrza od przepływu wody surowej,
- montaż nowej sprężarki,
- montaż systemu filtracji powietrza.

3.5. Układ filtracji

Woda napowietrzona w układzie aeracji przepływa na proces filtracji. Na SUW Wietrzychowice znajdują się 4 filtry ciśnieniowe o następujących danych technicznych:

- średnica: DN 1500,
- wysokość płaszczka: 1500 mm,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- spust z filtra,
- manometry tarczowe na wejściu i wyjściu z filtra,
- odpowietrzenie ręczne i automatyczne,
- armatura odcinająca: zasuwy z kółkiem ręcznym.

Na zdjęciu nr 4 przedstawiono wygląd ogólny filtrów wraz z orurowaniem i armaturą.

Zdjęcie 4. Filtry ciśnieniowe



Filtry zasypane są złożem piaskowo – żwirowym z wkładką katalityczną, którego zadaniem jest usuwanie żelaza oraz manganu, a także po zaszczepleniu bakterii nitryfikacyjnych usuwanie jonu amonowego z wody natlenionej.

Zadaniem filtrów jest usunięcie na złożach filtracyjnych:

- żelaza (utlenionego tlenem oraz pozostałego żelaza nieutlenionego) w procesie cedzenia zawiesiny żelazowej oraz procesie katalitycznego usuwania żelaza,
- manganu (w procesie katalitycznego usuwania manganu na powierzchni powłok wykształconych na piasku kwarcowym bądź stanowiących budulec złoża katalitycznego),
- jonu amonowego (w procesie utleniania jonu amonowego przez bakterie nitryfikacyjne wykształcone w postaci błony biologicznej na powierzchni złoża filtracyjnego).

Wskutek zatrzymywania zawiesin żelazowych filtry ulegają kolmatacji, w efekcie czego konieczne jest ich okresowe płukanie.

Filtry na SUW Wietrzychowice płukane są w okresie letnim – 2 razy w tygodniu, natomiast w okresie zimowym – 1 raz w tygodniu. Do płukania filtrów wykorzystywana jest sprężarka (pukanie powietrzem) oraz woda surowa ze studni bądź też woda uzdatniona z hydroforów (podczas minimalnych rozbiorów wody). Sam proces płukania odbywa się ręcznie.

W zakresie procesu filtracji zostaną przeanalizowane następujące parametry technologiczne:

- prędkość filtracji,
- wysokość strefy odżelaziania,
- pojemność masowa złoża filtracyjnego,
- intensywność płukania złoża wodą oraz powietrzem.

Prędkość filtracji

Prędkość filtracji ustalono przy założeniu następujących wartości wskaźników:

- ilość filtrów: 4 szt.,
- średnica filtra: DN 1500 mm,
- powierzchnia pojedynczego filtra: 1,77 m²,
- wydajność SUW:
 - zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym: 92 m³/h,
 - wydajność godzinowa rzeczywista (maksymalna): 40 m³/h,
 - wydajność godzinowa rzeczywista (średnia): 16 m³/h,

Wartość tego parametry wynosi:

$$\begin{aligned}v_f &= 13,0 \text{ m/h,} \\v_{f \text{ rz-maxs}} &= 5,7 \text{ m/h,} \\v_{f \text{ rz-śr}} &= 2,3 \text{ m/h.}\end{aligned}$$

Oceniając nominalnie prędkości filtracji wody w układzie uzdatniania jednoznacznie należy stwierdzić, że przy rzeczywistej produkcji wody poziom prędkości filtracji jest prawidłowy. Przy wartościach zbliżających się do poziomu określonego w pozwoleniu wodno – prawnym, poziom prędkości filtracji należy uznać za przekroczony (maksymalne obserwowane i dopuszczalne w uzdatnianiu wody w podobnych układach prędkości filtracji mieszczą się w granicach 5 ÷ 10 m/h) – przy czym należy podkreślić, że im niższa prędkość filtracji, tym korzystniejsze efekty procesu uzdatniania wody.

Niestety w związku z faktem, iż eksploatowany układ jest jednostopniowy (jednostopniowe pompowanie) rozbiory szczytowe w okresie letnim podchodzą pod wartości maksymalne, co przekłada się na bardzo wysoką prędkość, z jaką woda jest filtrowana przez złoża.

Prędkość filtracji przekłada się bezpośrednio na ważniejszy parametr – tj. wysokość strefy odżelaziania.

Wysokość strefy odżelaziania wody w istniejącym układzie technologicznym

Wysokość strefy odżelaziania ustalono w oparciu o następujące parametry:

- prędkość filtracji maksymalną i rzeczywistą dla układu: 2,3 ÷ 13,0 m/h,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 3,94 mgFe/L,
- stopień utlenienia żelaza przed filtracją: 100%, 75%, 50% i 25%.

Wartość tego parametry wynosi:

- dla 100% udziału Fe(II): $H_{Fe} = 0,75 \div 2,15 \text{ mm}$,
- dla 75% udziału Fe(II): $H_{Fe} = 0,65 \div 1,87 \text{ mm}$,
- dla 50% udziału Fe(II): $H_{Fe} = 0,56 \div 1,61 \text{ mm}$,
- dla 25% udziału Fe(II): $H_{Fe} = 0,48 \div 1,36 \text{ mm}$.

Biorąc pod uwagę nieprawidłowy dobór procesu napowietrzania do jakości ujmowanej wody surowej, wysokość strefy odżelaziania wynosi przy wydajności maksymalnej zgodnej z pozwoleniem wodno – prawnym ok. 2,0 m, natomiast przy wydajności rzeczywistej ok. 0,7 m. Mając na uwadze powyższe obliczenia zastosowana wysokość złoża wynikająca z wysokości płaszcza (1500 mm) nie pozwala na usunięcie z wody napowietrzanej żelaza, manganu i jonu amonowego, co ma swoje odzwierciedlenie w wynikach jakości wody uzdatnionej.

Pojemność masowa

Pojemność masową, informującą o ilości odfiltrowanego żelaza na złożach filtracyjnych, wyznaczono dla następujących danych:

- produkcja dobową SUW:
 - zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym: 770 m³/d,
 - wydajność rzeczywista (średnia w okresie zimowym): 194 m³/d,
 - wydajność rzeczywista (średnia w okresie letnim): 376 m³/d,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 3,94 mgFe/L,
- długość cyklu filtracyjnego:
 - 3 ÷ 4 dni w okresie letnim,
 - 7 dni w okresie zimowym.

Zgodnie z przedstawionymi danymi pojemność masowa filtrów wyniesie odpowiednio:

- dla stanów średnich rozbiorów (zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym):
 - w okresie letnim: PM = 2446 ÷ 3262 g/m²,
 - w okresie zimowym: PM = 5708 g/m²,
- dla stanów średnich rozbiorów w okresie zimowym (zgodnie z rzeczywistą wydajnością SUW): PM = 1438 g/m²,
- dla stanów średnich rozbiorów w okresie letnim (zgodnie z rzeczywistą wydajnością SUW): PM = 1195 ÷ 1593 g/m².

Przy średnich rozbiorach możliwych do uzyskania zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym uzyskuje się przekroczenie pojemności masowej na filtrach w stosunku do rekomendowanej (podawanej w literaturze) wynoszącej ok. 2200 g/m² dla warunków technologicznych jednoczesnego odżelaziania i odmanganiania wody na SUW Wietrzychowice.

Dla zanotowanych rozbiorach na danej SUW pojemność masowa mieści się w zalecanym literaturowo przedziale. Natomiast z uwagi na fakt, że w okresie niskich i średnich rozbiorów pojemność masowa uzyskiwana w układzie filtracji jest zdecydowanie niższa, możliwe jest wydłużenie cyklu filtracyjnego, wpływające korzystnie na koszty eksploatacji SUW oraz potencjalne straty wody na proces płukania filtrów.

Częstotliwość płukania filtrów powinna być zatem odniesiona do objętości wody uzdatnionej na filtrach. Tym samym z tego samego wzoru, który służy do oceny pojemności masowej w aktualnie eksploatowanym układzie, można ocenić – wyznaczyć ilość wody, którą należy przepuścić przez układ technologiczny uzdatniania. Wyznacza się to na podstawie:

- zawartości żelaza w wodzie surowej,
- przyjmowanej pojemności masowej filtrów: dla układów jednoczesnego odżelaziania i odmanganiania ok. 1500 ÷ 2000 g/m² powierzchni filtracji.

Długość cyklu filtracyjnego jest odniesiona do ilości m³ przefiltrowanych przez cały układ. Zakłada się, że filtry powinny być płukane jeden za drugim po przefiltrowaniu przez cały układ filtracji wyznaczonej ilości m³ uzdatnionej wody.

Dla przyjętej pojemności masowej filtrów na poziomie 2200 g/m² oraz stężenia żelaza w wodzie w wysokości ok. 3,94 mgFe/L, ilość przefiltrowanej wody wyniesie:

$$V = (2200 * 4 * 1,77)/(3,94 * 1,9) = 2077 \text{ m}^3 \text{ na wszystkie filtry.}$$

Intensywność płukania filtrów

Intensywność płukania powietrzem i wodą wyznaczono w oparciu o wydajność płukania sprężarką (wydajność na podstawie parametrów technicznych urządzenia) oraz na podstawie danych zawartych w operacie wodno – prawnym.

Intensywności wynoszą zatem:

- dla powietrza: ok. 3,14 L/s*m²,
- dla wody: ok. 6,0 L/s*m² (zgodnie z operatem wodno – prawnym).

Zarówno w przypadku płukania powietrzem jak i wodą intensywność płukania jest zbyt mała w stosunku do wymagań technologicznych. Zalecane wartości przy płukaniu powietrzem wynoszą ok. 13 ÷ 17 L/s*m² i przy płukaniu wodą ok. 12 ÷ 15 L/s*m².

Wnioski dot. układu filtracji i płukania filtrów:

- technologia odżelaziania i odmanganiania wody na SUW Wietrzychowice nie przebiega skutecznie,
- wyniki usuwania żelaza i manganu przekraczają dopuszczalne normy, również jon amonowy nie jest usuwany w procesie filtracji,
- dobrane prędkości filtracji przy rzeczywistej wydajności SUW są prawidłowo dobrane,
- rodzaj złożeń filtracyjnych jest dobrze dobrany, jednak jego wysokość jest niewystarczająca do usunięcia z uzdatnianej wody żelaza, manganu i jonu amonowego,
- stan techniczny filtrów nie jest zadowalający,
- orurowanie i armatura nadają się również do wymiany,
- brak pomiarów przepływu po każdym filtrze,
- płukanie filtrów odbywa się ze zbyt niską intensywnością,
- brak dmuchawy do płukania filtrów, a wykorzystywana w tym celu sprężarka służy także do napowietrzania wody surowej i uzupełniania poduszki powietrznej w hydroforach,
- brak pompy do płukania filtrów, istniejący system nie pozwala na prawidłowe odpłukanie zawiesiny.

Wszystkie wymienione powyżej czynniki nakazują podjąć działania modernizacyjne, które w odniesieniu do tego systemu obejmować będą:

- wymianę filtrów ciśnieniowych o średnicy i wysokości płaszcza dostosowanej do oczekiwanej wydajności SUW,
- wymianę złożeń filtracyjnych,
- wymianę orurowania na nowe,
- wymianę armatury z zastosowaniem nowych napędów:
 - na przepustnice z napędami pneumatycznymi, dwustronnego działania,
 - wykonanie odpowiedniego układu przygotowania powietrza (oddzielnego w stosunku do układu przygotowania powietrza dla aeracji wody),
- zastosowanie urządzeń pomiarowych w układzie filtracji i płukania filtrów:
 - przepływomierz do płukania filtrów wodą,
 - przepływomierz do płukania filtrów powietrzem,
 - przepływomierze na wodzie uzdatnionej po każdym z filtrów, wraz z regulacją przepływu (wyrównywanie przepływu),
 - czujniki ciśnienia wody przed i po filtracji (różnica ciśnienia na złożach filtracyjnych),

- montaż dmuchawy do płukania filtrów powietrzem wraz z orurowaniem i armaturą,
- montaż pomp do płukania filtrów wodą wraz z orurowaniem i armaturą.

3.6. Układ dezynfekcji wody

Dezynfekcja wody na SUW Wietrzychowice odbywa się z wykorzystaniem podchlorynu sodu, tłoczonego w postaci roztworu do rurociągu wody uzdatnionej po filtrach, na wyjściu z budynku do sieci.

Podchloryn sodu dozowany jest w sposób doraźny, w zależności od potrzeb. Do dezynfekcji wykorzystuje się chlorator o następujących parametrach technicznych:

- producent: Powogaz Poznań,
- typ: C – 53,
- ilość: 1 szt.
- zbiornik NaOCl: PE, 60 L.

Roztwór podchlorynu sodu rozcieńczony jest do stężenia 1% wolnego chloru.

Sterowanie pracą układu dezynfekcji odbywa się poprzez jego sprzężenie z pracą pomp głębinowych.

Podchloryn sodu dodawany do wody wchodzi w reakcję z substancjami zredukowanymi prowadząc do ich utlenienia, a samemu zużywając się. Jednocześnie następuje uszkodzenie komórek mikroorganizmów, co skutkuje ich dezaktywacją.

Pozostały po procesie dezynfekcji i utleniania zredukowanych substancji dezynfekcyjnych podchloryn sodu występuje w postaci chloru wolnego.

Podchloryn sodu w temperaturze pokojowej jest ciałem stałym o bladożółtej barwie. Jest to substancja wyjątkowo niestabilna.

Ze względu na minimalną trwałość podchlorynu sodu zawartość chloru wolnego w jego roztworze maleje wraz z czasem. Rozkład podchlorynu przyspieszają m.in.:

- temperatura,
- światło słoneczne,
- śladowe ilości metali ciężkich.

Wnioski dot. układu dezynfekcji:

- stosowany sposób dezynfekcji wody oparty o podchloryn sodu jest skuteczny i dobrany prawidłowo pod względem uwarunkowań wydajnościowych i technologicznych,
- dezynfekcja nie jest prowadzona w sposób ciągły, nie wymaga zatem wydzielenia oddzielnego pomieszczenia chlorowni,
- zaleca się wprowadzenie dozowania podchlorynu w kilka miejsc (woda surowa, po filtracji i przed zbiorniki),
- zaleca się wprowadzenie ciągłej (stałej) bariery bakteriologicznej w postaci lampy UV.

Nie przewiduje się zmian dotyczących sposobu dezynfekcji. Działania modernizacyjne obejmować będą wymianę urządzenia dozującego wraz z armaturą i orurowaniem.

3.7. Zbiorniki hydroforowe

Woda uzdatniona po filtrach ciśnieniowych podawana jest bezpośrednio do sieci wodociągowej. Na układzie tłoczenia wody znajdują się zbiorniki hydroforowe:

- ilość: 2 szt.,
- pojemność: 2 x 3,5 m³,
- zakres pracy hydroforów:
 - ciśnienie minimalne: 3 bary,
 - ciśnienie maksymalne: 4,5 bara.

Dodatkowo na wyposażenie zbiorników składają się:

- manometry tarczowe,
- szkła wodowskazowe,
- zawór bezpieczeństwa,
- zawory czerpalne,
- armatura odcinająca.

Zadaniem hydroforów jest tłumienie potencjalnych uderzeń hydraulicznych.

Zdjęcie 5. Zestaw hydroforów



Działania modernizacyjne w odniesieniu do tego systemu obejmować będą:

- demontaż hydroforów, armatury i orurowania,
- montaż zestawu pomp sieciowych,
- montaż nowej armatury i orurowania,
- montaż urządzeń pomiarowych,
- przejście na układ falownikowego sterowania pracą SUW.
- montaż nowych zbiorników retencyjnych wody uzdatnionej.

3.8. Gospodarka popłuczynami

Popłuczyny z płukania filtra odprowadzane są do odстойnika wykonanego w formie trzech studni żelbetowych o następujących parametrach technicznych:

- średnica studni: 1500 mm,
- głębokość całkowita: 3,0 m,
- głębokość użytkowa: 1,95 m,
- głębokość części osadowej: 0,6 m,
- pojemność całkowita: $3 * 5,3 = 15,9 \text{ m}^3$,
- pojemność użytkowa: $3 * 3,44 = 10,3 \text{ m}^3$,
- pojemność części osadowej: $0,88 \text{ m}^3$.

Po odpowiednim czasie przetrzymania popłuczyn w odstojniku wody nadosadowe odprowadzane są z komory odstojnika nr 3 na rzędnej 116,00 m n.p.m. poprzez przykanalik o średnicy DN 200 o długości ok. 20 m do przydrożnego rowu drogi gminnej Naczachowo – Wietrzychowice – Błenna na rzędnej 115,85 m n.p.m. Wylot jest żelbetowy, typowy, w kształcie litery L, o wysokości 66 cm.

Rów położony jest na dz. geod. nr 94/1, obręb Wietrzychowice, gmina Izbica Kujawska. Właścicielem drogi i rowu jest Gmina i Miasto Izbica Kujawska.

Rów ma przekrój trapezu, o szerokości podstawy dolnej ok. 0,5 m, podstawy górnej ok. 1,2 m, głębokości ok. 0,6 m.

Działania modernizacyjne w odniesieniu systemu odprowadzania popłuczyn i ich przetrzymania obejmować będą:

- likwidację odstojnika,
- montaż opomiarowania,
- wymianę orurowania i armatury spustowej wód popłucznych wewnątrz budynku SUW,
- montaż nowego układu odstojnika wód popłucznych.

4. KONCEPCJA PRZEBUDOWY SUW WIETRZYCHOWICE

Na podstawie przeprowadzonej analizy technologicznej i technicznej oraz na podstawie przeprowadzonych przez Zleceniobiorcę badań pilotowych przyjęto następujący układ technologiczny:

- ujęcie wody złożone z obecnie eksploatowanych studni głębinowych,
- napowietrzanie ciśnieniowe w mieszaczach statycznych,
- filtracja: proces usuwania żelaza i manganu podczas filtracji ciśnieniowej,
- retencja wody uzdatnionej w zbiornikach wody czystej,
- dezynfekcja wody podchlorynem sodu,
- pompowanie wody do sieci wodociągowej,
- płukanie filtrów wodą uzdatnioną ze zbiorników retencyjnych i powietrzem,
- popłuczyny z płukania filtrów do odstojnika i dalej do odbiornika.

Dla całości zadania przyjęto wymianę wszystkich rurociągów na rurociągi ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 316/316L. Przyjęto wstępne założenie (do weryfikacji na etapie opracowania projektowego), że rurociągi będą wykonane ze stali o grubości ścianek nie mniejszej niż 0,01 średnicy rurociągu! Założenie takie poczyniono z uwagi na niejednokrotnie pojawiające się przykłady modernizacji z kraju, w których stosowane są zbyt cienkościennie rurociągi, co może skutkować np. odkształceniami rurociągów w warunkach podciśnienia.

Założono również, że wszystkie elementy orurowania (kołnierze, śruby, podkładki itd.) będą wykonane ze stali w tym samym gatunku co rurociągi. Jedynie podpory pod rurociągi mogą być wykonane ze stali w gatunku AISI 304/304L.

Do obliczeń technologicznych i wymiarowania układu uzdatniania przyjęto wydajność na poziomie 1000 m³/d, tj. ok. 65 m³/h (maksymalnie 92 m³/h zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym). Wydajność ta została uzgodniona z Inwestorem i przez niego zatwierdzona.

4.1. Ujęcie wody surowej

Ujęcie wody zostanie oparte o studnie głębinowe nr 1, 2 i 3. W studniach głębinowych pozostawia się istniejące pompy oraz dla studni nr 2 i 3 pozostawia się istniejące obudowy typu lange. Dla studni nr 1 projektuje się nową obudowę wraz z armaturą i orurowaniem.

Studnia nr 1 – dobrana armatura:

- rurociągi wznosne: DN 100, stal nierdzewna,
- obudowa: typu lange,
- armatura:
 - wodomierz prosty z nadajnikiem impulsów: DN 100,
 - przepustnica zwrotna bezkołnierzowa: DN 100,
 - przepustnica zaporowa bezkołnierzowa: DN 100.

Sterowanie pracą studni nr 1, 2 i 3:

- zdalne załączanie na podstawie poziomów wody w zbiornikach retencyjnych,
- ręcznie z SUW (szafy rozdzielczej): praca w trzech trybach 1 – praca, 0 – postój, A – praca w automacie (wg określonego algorytmu).

Parametry mierzone:

- ciśnienie tłoczenia,
- wydajność tłoczenia (wodomierz z nadajnikiem impulsów),
- prąd pobierany przez pompę,
- licznik czasu pracy,
- pomiar zwierciadła statycznego i dynamicznego,
- zabezpieczenie przed suchobiegiem typu cluwo,
- czujnik temperatury w obudowie,
- alarm otwarcia obudowy.

Woda surowa doprowadzana jest do budynku SUW trzema rurociągami – ze studni nr 1 rurociągiem o średnicy DN 150, ze studni nr 2 rurociągiem o średnicy DN 100 i ze studni nr 3 rurociągiem o średnicy DN 100.

Projektuje się spięcie rurociągów doprowadzających wodę surową z każdej studni w jeden rurociąg zbiorczy tuż przed wejściem do budynku. Wejście na SUW przyjęto DN 150.

Średnice rurociągów należy poddać ponownej weryfikacji na etapie opracowania dokumentacji projektowej.

W dokumentacji projektowej należy również dobrać odpowiednie materiały na rurociągi (stal nierdzewna/PE), w tym w szczególności ich grubości, z uwzględnieniem ciśnień eksploatacyjnych.

4.2. Napowietrzanie ciśnieniowe

W ramach wymiany układu napowietrzania przewiduje się:

- wymianę rurociągów na rurociągi wykonane ze stali nierdzewnej wraz z podporami,
- montaż mieszacza statycznego rurowego,
- montaż mieszaczy wodno – powietrznych.

Wymagany zakres opomiarowania:

- przepływ wody surowej kierowanej do uzdatniania (cały strumień wody trafiającej na SUW): przepływomierz elektromagnetyczny,
- ciśnienie wody surowej: przetwornik ciśnienia,
- analizy fizykochemiczne jakości wody (on line): pomiar pH i przewodności oraz opcjonalnie żelaza i manganu,
- pobór próbek wody surowej (ręczny) trafiającej na SUW.

Na podstawie przeprowadzonych badań pilotowych dobrano sposób napowietrzania wody surowej, natomiast na podstawie obliczeń pojemność aeratora.

Na przewodzie wody surowej należy zamontować mieszacz statyczny wspomagający napowietrzanie wody. Parametry techniczne dobranego urządzenia są następujące:

- średnica: DN 150,
- przybliżona długość mieszacza: 1150 mm,

- zalecany przepływ: 100 m³/h.

Mieszacz należy zamontować na by'passie.

Mikser statyczny jest przeznaczony przede wszystkim do mieszania wody z powietrzem, a jego główne zastosowanie to napowietrzanie wody w pierwszym etapie procesu jej uzdatniania.

Mikser statyczny całkowicie miesza, rozprasza i umożliwia reakcję wody z powietrzem na krótkim odcinku rurociągu. Aby uzyskać taki rezultat, w mieszaczu wykorzystywana jest zasada radialnego przenoszenia pędu, rozdziału strumieni i odwrócenie płaszczyzny przesunięcia. Jednoczesne zastosowanie tych zjawisk przenoszenia pozwoliło uniknąć skokowych zmian stężenia, szybkości i temperatury. Jego kształt został zoptymalizowany w celu zwiększenia efektywności i szybkości mieszania.

Zalety mieszacza statycznego:

- 100% bezawaryjny – brak ruchomych elementów,
- praca ciągła,
- niskie koszty inwestycyjne,
- efektywne wykorzystanie dozowanego środka,
- brak zasilania elektrycznego – brak kosztów eksploatacyjnych,
- wysoki stopień zmieszania powietrza z uzdatnianą wodą,
- skrócenie czasu kontaktu powietrza z wodą – zmniejszenie objętości zbiorników kontaktowych,
- łatwa kontrola techniczna procesu,
- wykonanie ze stali kwasoodpornej 304L lub 316L,
- łatwy montaż i demontaż urządzenia,
- urządzenie kompaktowe z minimalną długością rury miksera,
- ciśnienie nominalne do 10 bar,
- spadek ciśnienia do 0,3 bar,
- współczynnik mieszania C.o.V. 0,1.

Powietrze do mieszacza statycznego doprowadzić z tej samej instalacji co do aeratorów statycznych, z wykorzystaniem przewodów stalowych skręcanych na gwint. Na nitce doprowadzającej powietrze do mieszacza znajduje się rotametr do pomiaru ilości powietrza.

Właściwe napowietrzanie wody surowej odbywać się będzie w aeratorach ciśnieniowych o takiej konstrukcji, która zapewni możliwie największą powierzchnię kontaktu powietrza z wodą oraz optymalne warunki jednoczesnego mieszania napowietrzanej wody.

Aeratory do napowietrzania ciśnieniowego są zbiornikami ciśnieniowymi, w których odkwaszana woda kontaktuje się ze sprężonym powietrzem.

Ciśnienie powietrza powinno być o 0,1 MPa większe od ciśnienia wody. Czas kontaktu wody z powietrzem wewnątrz aeratorów jest równy $t = 30 \div 180$ s. Objętość mieszaczy wynosi zatem:

$$V = [65 * (30 \div 180)]/3600 = 0,5 \div 3,3 \text{ m}^3.$$

Dla wyznaczonej wartości objętości $V = 0,5 \div 3,3 \text{ m}^3$ dobrano urządzenie o następujących parametrach technicznych:

- typ: mieszacz wodno – powietrzny, statyczny,
- ilość: 2 szt.,

- średnica nominalna: DN 1000,
- pojemność: 1,5 m³,
- wysokość całkowita: H = 2650 mm,
- wysokość od podstawy do przyłgi kołnierza króćca „B”: h = 400 mm,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 100,
- średnica króćca sprężonego powietrza: G 1”.
- ilość dysz w układzie napowietrzania: 6 szt.,
- masa: 345 kg,
- zalecana wydajność: 30 ÷ 45 m³.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o przepływ wody surowej na poziomie 32,5 m³/h. Prędkość przepływu wody nie powinna przekraczać 1,5 m/s, stąd średnica króćców wynosi:

$$D = [(4 * 32,5)/(\pi * 1,0 * 3600)]^{0,5} = 107,2 \text{ mm.}$$

Dobrano średnice króćców wlotowych i wylotowych o średnicy DN 100 (114,3 x 2 mm, wewn. 110,3 mm).

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody surowej i napowietrzonej:

- dla Q = 32,5 m³/h:

$$v = (4 * 32,5)/(\pi * 0,1103^2 * 3600) = 0,9 \text{ m/s,}$$

- dla Q = 46 m³/h:

$$v = (4 * 46)/(\pi * 0,1103^2 * 3600) = 1,3 \text{ m/s.}$$

Sprawdzenie wymaganego czasu kontaktu wody z powietrzem:

- dla Q = 32,5 m³/h:

$$t = (1,5 * 3600)/32,5 = 166 \text{ s,}$$

- dla Q = 46 m³/h:

$$t = (1,5 * 3600)/46 = 114 \text{ s.}$$

Dobre aeratory ciśnieniowe zapewniają wymagany czas kontaktu wody z powietrzem.

Mieszacz wodno – powietrzny służy do napowietrzania wody uzdatnianej w celu ułatwienia wytrącenia związków żelaza. Mieszacz jest niezbędnym elementem instalacji uzdatniania wody. Przeznaczony jest do współpracy z zespołem filtrów w instalacjach wody zimnej przy maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniu PS = 6 bar oraz maksymalnej temperaturze dopuszczalnej TS = 50 stop. C.

Wszystkie podstawowe elementy mieszacza wodno – powietrznego (płaszcz, dno elipsoidalne, włazy, króćce, sito itp.) wykonane są ze stali niskowęglowych – atestowanych. Ciśnienie PS = 6 bar nie może być przekroczone podczas eksploatacji mieszacza.

Mieszacz wodno – powietrzny jest aeratorem statycznym, w którym struga wody przeciwnieprądowo miesza się podawanym przez układ dysz sprężonym powietrzem. Element sitowy, na którym zamontowana jest głowica napowietrzająca, podwyższa efektywność procesu aeracji.

Zbiornik jest zabezpieczony antykorozyjnie od wewnątrz farbą z atestem PZH na kontakt z wodą pitną.

Zbiornik malowany jest zewnętrznie farbą chlorokauczukową lub poliwinylową w kolorze niebieskim. Mieszacze wykonywane są również w wersji ocynkowanej.

Mieszacz podlega dyrektywie 97/23/WE (PED). Zgodnie z nią oraz wytyczną 2/8 do PED mieszacze zalicza się do urządzeń z obszaru art. 3 ust. 3, Tablica 4 (uznana praktyka inżynierska). Z tego względu mieszacze nie posiadają oznaczenia CE.

Ilość doprowadzonego sprężonego powietrza zależy od stężenia żelaza dwuwartościowego w oczyszczanej wodzie. Niezbędna ilość powietrza według danych literaturowych (Kowal, Świdzka – Bróź) w stosunku do objętości uzdatnianej wody powinna wynosić 2 % dla stężenia żelaza ≤ 5 mgFe/L, praktycznie natomiast przyjmuje się ok. 10 %. Zatem dla wydajności SUW na poziomie 65 m³/h wyniesie:

$$Q_p = 65 * 0,1 = 6,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do celów napowietrzania wody zostanie wykorzystana sprężarka o następujących parametrach technicznych:

- typ: śrubowa,
- ilość: 1 szt.,
- nadciśnienie robocze: 10 bar,
- wydajność przy nadciśnieniu roboczym: 0,26 m³/min. = 15,6 m³/h,
- najwyższe nadciśnienie: 11 bar,
- moc znamionowa silnika: 2,2 kW,
- zbiornik sprężonego powietrza: 215 L,
- poziom hałasu: 65 dB(A),
- ciężar: 285 kg,
- przyłącze: G 3/4",
- sterowanie autonomiczne względem ciśnienia,
- **sprężarka z obudową dźwiękochłonną,**
- **na wyposażeniu filtr oleju zapewniający doczyszczanie powietrza do wymaganego poziomu, jak dla wody pitnej.**

Powietrze będzie doprowadzane przewodami stalowymi, skręcanymi na gwint o średnicy 1". Na przewodzie doprowadzającym powietrze do aeratorów i mieszacza zostanie zamontowany reduktor ciśnienia, rotometr oraz zawory kulowe do regulacji strumienia powietrza do aeracji, ponadto należy zamontować dodatkowy filtr oleju zapewniający utrzymanie odpowiedniej jakości powietrza oraz odwadniacz.

Dobrano następujący rotometr:

- dla mieszacza rurowego:
 - ciśnienie pracy: 3 bary,
 - wydajność: 1,0 ÷ 10,5 Nm³/h,
 - średnica: G 3/4",
 - długość: 165 mm,

- ilość: 1 szt.,
- dla mieszacza statycznego:
 - ciśnienie pracy: 3 bary,
 - wydajność: $0,8 \div 7,0 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
 - średnica: G $\frac{3}{4}$ "
 - długość: 165 mm,
 - ilość: 2 szt.

Na rurociągach doprowadzających powietrze do aeratorów i mieszacza zostaną zamontowane elektrozawory, otwierające się podczas pracy pomp głębinowych.

Aeratory należy dodatkowo wyposażyć w spust wody do rurociągu popłuczyn realizowany przy użyciu przewodu o średnicy min. DN 40 w dolnej części urządzenia.

Aeratory wyposażone będą także w odpowietrzenie ręczne (zawory kulowe). Przewody odpowietrzające wykonane ze stali nierdzewnej.

Armatura:

- przepustnica z napędem ręcznym na rurociągu wody surowej przed przepływomierzem o średnicy DN 150,
- przepustnice z napędem ręcznym na odcięciu mieszacza rurowego o średnicy DN 150,
- przepustnica z napędem ręcznym na by'passie o średnicy DN 150,
- przepustnice z napędem ręcznym na doprowadzeniu wody surowej do każdego aeratora i na odprowadzeniu wody napowietrzonej z każdego aeratora o średnicy DN 100.

Na układzie należy utrzymywać ciśnienie powietrza min. 1 atm. wyższe niż ciśnienie wody. Wstępnie zakłada się, że ciśnienie powietrza będzie wynosiło za reduktorem 3 atm.

Średnica rurociągu zbiorczego wody napowietrzonej na filtry wynosi DN 150 (168,3 x 2 mm, wewn. 164,3 mm).

4.3. Filtracja ciśnieniowa

Przy ustalaniu **wysokości złóż filtracyjnych** należy brać pod uwagę wysokość niezbędną do odżelaziania.

Parametry projektowe systemu:

- zawartość żelaza w wodzie,
- prędkość filtracji,
- wysokość strefy odżelaziania,
- maksymalna wysokość złoża filtracyjnego,

pozwolą ustalić optimum w zakresie ilości filtrów i wysokości złoża przy następujących założeniach:

- średnie stężenie żelaza wynosi ok. 3,94 mgFe/L,
- prędkości filtracji wynoszą od 2 do 12 m/h przy produkcji wody na poziomie 65 m³/h (maks. 92 m³/h),
- filtr zasypany będzie złożem chalcedonitowym o średnicy efektywnej ziaren równej $d_e = 1,1 \text{ mm}$,
- stopień utlenienia żelaza: dla wstępnej analizy założono 100 %, 75 %, 50 % i 25 %, do dalszych interpretacji przyjęto 50 %.

Dla powyższych założeń sporządzono zależność wysokości strefy odżelaziania od prędkości filtracji.

Wykres 4. Zależność strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla piasku chalcedonitowego

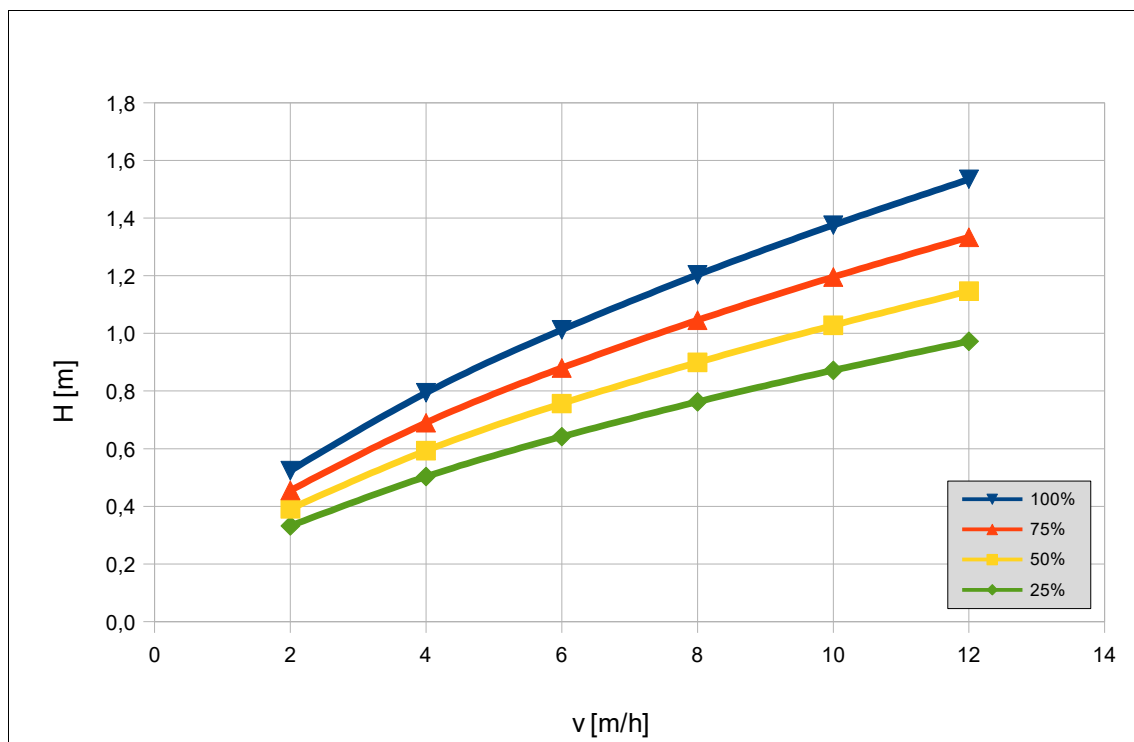


Tabela 5. Zestawienie wysokości złoża do odżelaziania

Prędkość filtracji [m/h]	Wysokość warstwy odżelaziania		Wysokość warstwy podtrzymującej [m]	Wysokość materiału filtracyjnego		Wysokość płaszczka	
	kwarc [m]	chalcedonit [m]		kwarc [m]	chalcedonit [m]	kwarc [mm]	chalcedonit [mm]
2	0,52	0,39	0,20	0,72	0,59	1 500	1 500
4	0,79	0,59	0,20	0,99	0,79	1 500	1 500
6	1,01	0,76	0,20	1,21	0,96	1 500	1 500
8	1,20	0,90	0,20	1,40	1,10	1 500	1 500
10	1,37	1,03	0,20	1,57	1,23	2 000	1 500
12	1,53	1,15	0,20	1,73	1,35	2 000	1 500

Dla wydajności SUW Wietrzychowice na poziomie 92 m³/h oraz prędkości filtracji 5 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 92/5 = 18,4 \text{ m}^2.$$

Przy zastosowaniu jednostek filtracyjnych o średnicy DN 1800 ilość filtrów wyniesie:

$$i_f = 18,4/2,54 = 7,2 \text{ szt.}$$

Rzeczywista powierzchnia filtracji przy zastosowaniu 8 sztuk filtrów wyniesie:

$$A_{f-rz} = 2,54 * 8 = 20,3 \text{ m}^2.$$

Prędkość filtracji dla wydajności SUW wynoszącej 92 m³/h wyniesie:

$$v_{f-rz} = 92/20,3 = 4,5 \text{ m/h.}$$

Dla wyznaczonej prędkości filtracji wysokość strefy odżelaziania wyniesie:

$$H_{Fe} = 0,63 \text{ m.}$$

Skorygowana (o wartość wysokości warstwy podtrzymującej i warstwy katalitycznej) wysokość złoża wyniesie 0,75 + 0,2 + 0,3 = 1,25 m. Natomiast po uwzględnieniu ekspansji złoża podczas procesu płukania wysokość płaszczka filtra wyniesie 1,5 m.

Dane techniczne dobranych filtrów ciśnieniowych:

- średnica: 1800 mm,
- ilość: 8 szt.,
- jednostkowa powierzchnia filtracji: $A_f = 2,54 \text{ m}^2$,
- wykonanie: filtry ciśnieniowe pionowe,
- wysokość części płaszczowej: $H = 1500 \text{ mm}$,
- całkowita wysokość filtra: 3105 mm,
- włazy rewizyjne:
 - zasypowy, górny: 320/420 mm,
 - boczny: DN 400 – na windzie,
 - dolny: DN 400 – na zawiasach,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- indywidualny króciec doprowadzający powietrze do płukania: DN 65,
- dno drenażowe: płaskie, grzybkowe – grzybki z długą nóżką, ze szczeliną podłużną, pozwalającą równomiernie rozprowadzić medium płuczące po całym dnie drenażowym; nie dopuszcza się zmian na inny typ konstrukcji dna drenażowego (optymalnie – wzmacniane).

Na etapie opracowania dokumentacji projektowej należy zweryfikować dobór filtra – wysokość płaszczka i średnicę.

Dodatkowo projektuje się wzierniki umożliwiające kontrolę poziomu złoża filtracyjnego, umieszczone na wysokości złoża filtracyjnego.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o wymagania płukania filtrów. Przepływ wody płuczącej dla dobranych jednostek wynosi 12 L/s*m², co odpowiada przepływowi wody równemu:

$$Q_p = 12 * 2,54 * 3,6 = 109,7 \text{ m}^3/\text{h.}$$

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

$$D = [(4 * 109,7)/(\pi * 1,5 * 3600)]^{0,5} = 160,8 \text{ mm.}$$

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy DN 150 (168,3 x 2,0, wewn. 164,3 mm).

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody płuczającej:

$$v = (4 * 109,7)/(\pi * 0,1643^2 * 3600) = 1,4 \text{ m/s.}$$

Wstępnie zakłada się filtrację jednostopniową, natomiast dodatkowo projektuje się przepinkę pomiędzy filtrami (pomiędzy czterema filtrami), która pozwoli prowadzić filtrację w układzie dwustopniowym. Złoża na ten moment proponuje się dobrać jak dla układu jednostopniowego, natomiast w sytuacji pogorszenia parametrów jakości bądź uzasadnionych wskazań dla filtracji dwustopniowej sugeruje się weryfikację doboru złoża i prowadzenie filtracji w układzie dwustopniowym.

Filtry wypełnione będą następującym złożem filtracyjnym (od dołu)

- warstwa podtrzymująca I (złoża kwarcowe): o uziarnieniu 4,0 ÷ 8,0 mm i wysokości 0,1 m,
- warstwa podtrzymująca II (złoża kwarcowe): o uziarnieniu 2,0 ÷ 4,0 mm i wysokości 0,1 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoża katalityczne): o uziarnieniu 1,0 ÷ 3,0 mm i wysokości 0,3 m
- właściwa warstwa filtracyjna (złoża chalcedonitowe): o uziarnieniu 0,8 ÷ 2,0 mm i wysokości 0,75 m.

Rodzaj złoża został dobrany na podstawie przeprowadzonych badań pilotowych wykonanych przez autora koncepcji, natomiast jego wysokość wyznaczono w oparciu o obliczenia.

Do wyznaczenia ilości m³ wody, jaką można przefiltrować przez jeden filtr w jednym cyklu, wykorzystano następujące dane:

- pojemność masowa chalcedonitu: 2200 g/m²,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 3,94 mgFe/L.

Ilości m³ wody wyniesie zatem:

$$V = (PM * A_f)/(c_{Fe} * 1,9) [\text{m}^3],$$
$$V = (2200 * 20,3)/(3,94 * 1,9) = \text{ok. } 6000 \text{ m}^3.$$

Wyznaczona objętość wody jest bezpośrednią wytyczną inicjującą lub wspomagającą inicjację ręczną procesu płukania filtra. Objętość ta będzie stanowiła podstawę do decyzji o płukaniu filtrów.

To czy będą płukane jednocześnie jeden czy trzy filtry będzie przedmiotem odpowiednich prac rozruchowych.

Orurowanie pojedynczego filtra stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną o średnicy DN 65 (76,1 x 2,0, wewn. 72,1 mm), PN 16,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy DN 65 (76,1 x 2,0, wewn. 72,1

- mm), PN 16,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy DN 150 (168,3 x 2,0, wewn. 164,3 mm), PN 16,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy DN 65 (76,1 x 2,0, wewn. 72,1 mm), PN 16,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy DN 150 (168,3 x 2,0, wewn. 164,3 mm), PN 16,
- spust pierwszego filtratu o średnicy DN 65 (76,1 x 2,0, wewn. 72,1 mm), PN 16,
- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy G1", PN 16,
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy DN 40 (48,3 x 2,0, wewn. 44,3 mm), PN 16.

Poszczególne odcinki orurowania międzyfiltrowego z rurociągów ze stali nierdzewnej AISI 316/316L wody napowietrzanej i uzdatnionej należy wykonać o średnicy DN 150 (168,3 x 2,0 mm, wewn. 164,3 mm). Natomiast rurociąg zbiorczy popłuczyn o średnicy DN 200 (219,1 x 2,0 mm, wewn. 215,1 mm).

Filtry sterowane będą automatycznie, natomiast armaturę na poszczególnych rurociągach orurowania filtrów stanowiąc będą:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną na każdy filtr: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica z napędem pneumatycznym, regulacyjnym dwustronnego działania, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg spustu pierwszego filtratu (połączony z rurociągiem odprowadzającym popłuczyny): przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym dwustronnego działania – zamknij/otwórz, z czasem zamykania i otwierania ok. 2 ÷ 5 sek., montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65.

Dodatkowo wprowadza się następujące przepustnice z napędem ręcznym:

- przepustnica na rurociągu spustu pierwszego filtratu z przekładnią ślimakową: DN 65,
- przepustnica na rurociągu odprowadzającym wodę uzdatnioną z przekładnią ślimakową: DN 65,
- zawór kulowy na rurociągu spustu zerowego: DN 40.

Opomiarowanie filtrów:

- przepływ na rurociągu wody uzdatnionej,
- ciśnienie napływającej wody na filtry i wody przefiltrowanej (przed filtrami)

Dodatkowe wyposażenie filtra stanowić będzie odpowietrzenie ręczne, które będzie uchylane w razie konieczności oraz kontrolnie w celu sprawdzenia stopnia zapowietrzenia filtrów. Odpowietrzenie ręczne stanowić będzie rurociąg ze stali nierdzewnej o średnicy G 1" z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy G 1". Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do rurociągu popłuczyn.

Niezależnie od odpowietrzenia ręcznego należy zamontować odpowietrzniki automatyczne – w postaci zaworów odpowietrzających – napowietrzających (umożliwiających zasysanie powietrza przy spuszczeniu wody z dna złoża w pierwszej fazie płukania filtra).

Dodatkowo na odpowietrzeniu ręcznym należy zamontować elektrozawór, który będzie upuszczał powietrze w pierwszym etapie procesu płukania, celem całkowitego usunięcia gazów z filtra przed procesem płukania – co zostanie dookreślone w części poświęconej proponowanemu algorytmowi płukania filtrów.

Na rurociągu odpowietrzającym filtry (wprowadzonym do rurociągu wody popłucznej) należy wykonać przerwę powietrzną, stanowiącą zabezpieczenie (rozdzielnik) pomiędzy wodą czystą a wodą brudną.

Na rurociągach projektuje się kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy 1/2" należy podłączyć na rurociągach:

- wody surowej,
- wody napowietrzonej,
- wody po każdym filtrze technicznym (przefiltrowanej),
- wody uzdatnionej, kierowanej do sieci wodociągowej,
- wody popłucznej po każdym filtrze technicznym.

Dodatkowo projektuje się przepinkę wody napowietrzonej i uzdatnionej (za filtrem nr 4) umożliwiającą przełączenie układu z filtracji jednostopniowej na filtrację dwustopniową.

Płukanie filtrów

Płukanie filtrów będzie odbywać się automatycznie, przy czym sterownik musi posiadać możliwość ręcznej inicjalizacji płukania przez Operatora.

Decyzja o płukaniu filtra będzie podejmowana przez Operatora na podstawie danych technologicznych, opracowanych na etapie rozruchu SUW. Wspomagające odczyty, pozwalające podjąć decyzję o płukaniu filtra:

- czas pracy od ostatniego płukania (wizualizowany w centralnej sterowni),
- ilość m³ przefiltrowanej wody przez poszczególne filtry: zgodnie z odczytem na podstawie zamontowanych przepływomierzy po poszczególnych filtrach, ustalony szczegółowo na etapie rozruchu technologicznego Stacji Uzdatniania Wody,
- strata ciśnienia liczona jako różnica pomiędzy odczytem ciśnienia na rurociągu wody uzdatnionej oraz rurociągu wody surowej.

Po analizie wszystkich wymienionych wyżej parametrów procesowych zostanie podjęta decyzja o płukaniu filtrów. Parametry decydujące zostaną dokładnie określone na rozruchu Stacji Uzdatniania Wody oraz w czasie trwania wstępnej eksploatacji.

Parametrem technologicznym limitującym długość cyklu filtracyjnego będzie:

- pojemność masowa złoża na zawiesinę żelazową,
- stężenie żelaza w wodzie uzdatnionej oraz zawartość zawiesiny w wodzie uzdatnionej po filtrach – mierzona mętnościomierzem.

Filtry będą płukane kolejno – na podstawie opracowanego harmonogramu.

Złoże filtracyjne **płukane** będzie rozdzielnie wodą i powietrzem. Skuteczne płukanie złoża filtracyjnego uzyskuje się przy **intensywności płukania powietrzem** w granicach $13 \div 17$ L/m²*s. Odpowiada to wydajności urządzenia do płukania powietrzem na poziomie:

$$Q_p = (13 \div 17) * 2,54 * 3,6 = 118,9 \div 155,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania dobrano dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- ilość: 1 szt.,
- wydajność maksymalna: 129 m³/h,
- częstotliwość: 50 Hz,
- ciśnienie powietrza: 1 bar,
- moc: 7,8 kW,
- poziom dźwięku: 82 dB(A),
- waga: 140 kg,
- średnica przyłącza: G 1½",
- dmuchawa z falownikiem i wewnętrznym zaworem bezpieczeństwa.

Dobrano 1 urządzenie, ponieważ w razie awarii dmuchawa może być chwilowo zastąpiona poprzez samo płukanie wodą, nie dłużej jednak niż przez trzy kolejne cykle.

Przy wydajności 129 m³/h rzeczywista intensywność płukania powietrzem wynosi:

$$i_{rz} = 129 / (2,54 * 3,6) = 14,1 \text{ L/m}^2\text{s}.$$

Średnica rurociągu do płukania filtrów powietrzem została dobrana przy uwzględnieniu prędkości przepływu powietrza na poziomie 10 m/s, stąd średnica ta wyniesie:

$$D = [(4 * 129) / (\pi * 10 * 3600)]^{0,5} = 67,5 \text{ mm}.$$

Rurociąg do płukania powietrzem należy wykonać ze stali nierdzewnej o średnicy DN 65 (76,1 x 2,0 mm, wewn. 72,1 mm) o gatunku AISI 316/316L. Będzie on wpięty do każdego filtra indywidualnie i odcięty przepustnicą z napędem ręcznym, montowaną międzykołnierzowo.

Rurociąg powietrza do płukania filtrów zostanie wykonany z przewyższeniem (zgodnie z rysunkami technicznymi), zabezpieczającym przed zalaniem dmuchawy wodą z filtrów. Rurociąg zostanie włączony do filtra dodatkowym króćcem, w dennicy filtra.

Dodatkowe zabezpieczenie stanowić będzie:

- zawór zwrotny zamontowany na rurociągu powietrza, dobrano zawór zwrotny o następujących parametrach technicznych:
 - średnica: DN 65,
 - zawór do wody czystej oraz powietrza (gazu),
- przepustnica na doprowadzeniu powietrza do filtrów,
- na wprowadzeniu powietrza do każdego filtra dodatkowy zawór zwrotny.

Na rurociągu tłocznym dmuchawy płuczającej projektuje się rotametr do oceny:

- faktycznej ilości tłoczonego powietrza do płukania filtrów,
- stopnia zużycia technicznego dmuchawy, ocenianego przez spadek wydajności dmuchawy do płukania filtrów,
- kolmatacji złoża filtracyjnego, ocenianego poprzez spadek wydajności dmuchawy do płukania filtrów.

Dobrano rotametr o następujących parametrach technicznych:

- ciśnienie pracy: 1 bar,
- wydajność: 15 ÷ 140 m³/h,
- średnica: DN 40,
- ilość: 1 szt.

Na etapie dokumentacji projektowej należy przeanalizować możliwość pomiaru przepływu z wykorzystaniem innej metody pomiarowej (z uwagi na zawodność pomiaru rotametrem).

Automatyzacja pracy dmuchawy obejmować będzie następujące elementy:

- pracę dmuchawy w następujących stanach: postój, praca „na sztywno”,
- miękki rozruch,
- pomiar stanu pracy dmuchawy, czasu pracy (licznik motogodzin) oraz pobieranego prądu podczas pracy.

Skuteczne płukanie złoża filtracyjnego wodą uzyskuje się przy **intensywności płukania** w granicach 12 ÷ 15 L/m²s. Odpowiada to wydajności pompy płuczającej na poziomie:

$$Q_w = (12 \div 15) * 2,54 * 3,6 = 109,7 \div 137,2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania wodą wykorzystana będzie woda uzdatniona zgromadzona w zbiornikach retencyjnych.

Do płukania dobrano pompę o następujących parametrach technicznych:

- wydajność pompy: 130 m³/h,
- wysokość podnoszenia pompy: ok. 14,5 mH₂O (płukanie ze zbiorników retencyjnych),
- ilość: 2 szt.,
- moc pompy: 7,5 kW,
- króciec ssawny: DN 125,
- króciec tłoczny: DN 100.

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczającej (rurociąg tłoczny) nie powinna przekraczać 2,0 m/s. Sprawdzenie prędkości przepływu:

$$v = (4 * 130) / (\pi * 0,1643^2 * 3600) = 1,7 \text{ m/s}.$$

Pompa będzie uruchamiana z zastosowaniem falownika celem maksymalnego ograniczenia do minimum uderzenia hydraulicznego wody w trakcie wstępnej fazy płukania filtrów. Rurociąg tłoczny wody do płukania filtrów DN 150 (168,3 x 2,0 mm, wewn. 164,3 mm) – wykonany ze stali nierdzewnej AISI 316/316L.

Dodatkowa armatura pompy płuczącej:

- na rurociągu ssawnym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 200, łącznik amortyzacyjny o średnicy DN 200,
- na rurociągu tłocznym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 150, łącznik amortyzacyjny o średnicy DN 150 oraz zawór zwrotny kołnierzowy o średnicy DN 150 – montowane w kolejności od pompy: zawór, łącznik amortyzacyjny, przepustnica.

Dodatkowy osprzęt pompy płuczącej (układ płukania filtrów wodą):

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

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: $V = 130 \text{ m}^3/\text{h} * (10/60) = 21,7 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość wody równą ok. 40 cm, co daje objętość $V = 0,4 * 2,54 = 1,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu pierwszego filtratu: przyjęto na poziomie jednej objętości właściwego złoża filtracyjnego, czyli ok. $V = 1,25 * 2,54 = 3,2 \text{ m}^3$.

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

$$V_c = 21,7 + 1,0 + 3,2 = 25,9 \text{ m}^3.$$

Natomiast ilość popłuczyn z płukania ośmiu filtrów wyniesie ok.:

$$V = 206,9 \text{ m}^3.$$

Sposób zagospodarowania popłuczyn zostanie przedstawiony w dalszej części opracowania.

Woda uzdatniona będzie trafiała do projektowanych zbiorników wody czystej.

4.4. Odstojnik, gospodarka popłuczynami

Wody popłuczne i spustowe będą odprowadzane do nowego odstojnika i dalej do odbiornika – do rowu, jak obecnie.

Z płukania jednego filtra powstaje ok. 26 m^3 popłuczyn. Na SUW Wietrzychowice projektuje się jeden zbiornik o pojemności zapewniającej przetrzymanie popłuczyn z płukania dwóch filtrów:

- ilość: 1 szt.,
- pojemność: 60 m^3 ,
- materiał: PE,
- długość: 8,79 m,
- średnica: 3,0 m,
- doprowadzenie popłuczyn: DN 200,

- odprowadzenie wód nadosadowych: DN 200.

Po napełnieniu zbiornika wód popłucznych popłuczynami rozpocznie się czas sedymentacji, po którym pompa zatapialna będzie odprowadzała wody nadosadowe do odbiornika (do rowu).

Z odstoju wody popłuczne po sklarowaniu odprowadzane będą nową pompą do rowu przydrożnego. Dobrano następującą pompę:

- ilość: 1 szt.,
- moc silnika: 0,25 kW,
- maksymalna wysokość podnoszenia: 7 mH₂O,
- maksymalny przepływ: 145 L/min. = 8,7 m³/h,
- zasilanie: 1 faza – napięcie 230 V,
- przyłącze: 1¼",
- wyłączenie pompy: automatyczne (pływak),
- załączenie do pracy ręczne, po wyznaczonym przez Operatora czasie sedymentacji.

Pompa powinna odprowadzać wody nadosadowe z wykorzystaniem przewodu ssawnego na pływaku, obniżającym się wraz z odprowadzaniem wody z odstoju.

Dodatkowe wyposażenie odstoju stanowić będzie czujnik typu cluwo, informujący o napełnieniu odstoju (osiągnięciu maksymalnego poziomu napełnienia).

4.5. Dezynfekcja wody

Produkt handlowy występuje w dwóch rodzajach A i B, które różnią się zawartością NaOH. Zawartość chlorku aktywnego w gatunkach A i B wynosi min. 145 gCl₂/L, natomiast zawartość NaOH wynosi 20 ÷ 30 g/L dla rodzaju A i 70 ÷ 90 g/L dla rodzaju B. Obecność NaOH zwiększa trwałość wodnego roztworu NaOCl. Do zastosowania wybrano produkt handlowy rodzaju B.

W wodzie chlorowanej powinno zostać 0,3 ÷ 0,5 gCl₂/m³ w postaci wolnego chloru. Przyjmując, że zużycie na utlenienie substancji pozostałych nie będzie większe niż 0,5 mg/L (z uwagi na charakter jakościowy ujmowanego surowca) dawka chloru dla SUW Wietrzychowice wynosi zatem:

$$D = 92 * (0,8 \div 1,0) = 73,6 \div 92,0 \text{ gCl}_2/\text{h}.$$

Ilość zużytego podchlorynu sodu w ciągu godziny wyniesie odpowiednio:

$$V = (73,6 \div 92,0)/145 = 0,51 \div 0,63 \text{ L/h}.$$

Maksymalne dobowe zużycie chloru (ilość litrów) wyniesie w tej sytuacji ok. 10 L. Przy założeniu, że roztwór podchlorynu sodu nie powinien być przechowywany dłużej niż 30 dni, projektuje się dwie beczki na podchloryn sodu (do bezpośredniego chlorowania) o pojemności ok. 200 L każda.

Do dozowania wodnego roztworu NaOCl dobrano pompę dozującą o następujących parametrach technicznych:

- ilość: 2 szt.,

- max. wydajność: 2,5 L/h,
- ciśnienie maksymalne: 11 bar,
- max. częstotliwość skoku: 180 skok/min.

Przyłącze pompy wykonane z przewodu elastycznego o średnicy wewn./zewn.: 4/6 mm z PP.

Podchloryn będzie dozowany wariantowo w następujące miejsca:

- przed zbiorniki wody czystej (sterowanie względem przepływu wody surowej ze studni głębinowej),
- (wariantowo) do rurociągu wody uzdatnionej (sterowanie względem przepływu wody uzdatnionej),
- (wariantowo) do wody surowej (awaryjnie, sterowanie względem przepływu wody surowej).

Zmiana miejsca stosowania NaOCl – ręcznie: przesterowanie zaworu na nitce doprowadzającej podchloryn oraz zmiana miejsca dozowania na panelu sterowniczym.

Zestaw dozujący załączany będzie w przypadku przekroczenia poziomów bakteriologicznych. Miejsce lokalizacji zestawu dezynfekcji – hala technologiczna.

Dodatkowym elementem procesu dezynfekcji jest montaż lampy UV. Wstępnie dobrano urządzenie o następujących parametrach:

- przepływ maksymalny: ok. 100 m³/h,
- lampa niskociśnieniowa,
- kalkulowana dawka promieniowania: 400 J/m²,
- lampa z pomiarem dawki.

Lampę należy zamontować na wyjściu z SUW (na rurociągu wody uzdatnionej włączanej do sieci wodociągowej).

4.6. Zbiornik wody czystej, zestaw sieciowy

Woda uzdatniona kierowana będzie rurociągiem ze stali nierdzewnej AISI 316/316L (wewnątrz budynku), a na zewnątrz o średnicy DN 150 do zbiorników wody czystej. Dobrano dwa zbiorniki wody czystej o pojemności ok. 150 m³ każdy.

Pionowe, jednokomorowe zbiorniki retencyjne służą do magazynowania wody pitnej, co pozwala na wyrównanie okresowych deficytów wody, spowodowanych najczęściej zbyt małą wydajnością studni na ujęciu w stosunku do zapotrzebowania. Zbiorniki retencyjne stanowią jednocześnie dodatkowe zabezpieczenie źródła wody z przeznaczeniem do celów przeciwpożarowych zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Parametry techniczne zbiorników retencyjnych:

- typ: zbiornik pionowy, stalowy,
- ilość: 2 szt.,
- pojemność: 150 m³,
- średnica nominalna: 4500 mm,
- średnica zewnętrzna z izolacją: 4740 mm,

- wysokość całkowita: 10500 mm,
- wysokość (przelew): 9300 mm,
- wysokość (tłoczenie): 9400 mm,
- wysokość płaszcz: 9500 mm,
- orientacyjna masa zbiornika z izolacją: 9600 kg,
- króciec tłoczny: DN 150,
- króciec spustowy: DN 200,
- króciec przelewowy: DN 200,
- króciec ssący: DN 200,
- króciec sondy pomiarowej: 1½",
- właz rewizyjny w dachu: 500/600 mm,
- właz rewizyjny w płaszczu: 600 mm.

Wszystkie rurociągi (za wyjątkiem przelewowego), wyposażone w zasuwę.
Rurociąg wody spustowej i przelewowej prowadzić do odstoju wody popłucznych i dalej do odbiornika.

Woda uzdatniona ze zbiorników wody czystej na sieć będzie pompowana przez pompy sieciowe. Parametry techniczne pojedynczej pompy:

- przepływ obliczeniowy: 25 m³/h,
- obliczeniowa wysokość podnoszenia: 42 mH₂O,
- liczba pomp: 5 szt. (4 pompy czynne + 1 rezerwa czynna),
- średnica przyłącza rurowego: DN 65,
- moc pompy głównej: 5,5 kW.

Pompy sieciowe połączone zostaną w zestaw o średnicach rurociągu ssawnego i tłoczego zgodnie z poniższymi obliczeniami.

Dobór średnicy rurociągu ssawnego oraz tłoczego zestawu sieciowego

Dane do doboru średnicy rurociągów:

- przepływ obliczeniowy dla rurociągu ssawnego: 130 m³/h (płukanie filtrów),
- przepływ obliczeniowy dla rurociągu tłoczego: 64 m³/h,
- prędkość przepływu dla rurociągu ssawnego: 0,8 m/s,
- prędkość przepływu dla rurociągu tłoczego: 1,2 m/s.

Średnica rurociągu ssawnego wspólnego dla zestawu i pomp do płukania filtrów (uwzględniając płukanie filtrów poza okresem szczytowych rozbiórów wody) wynosi:

$$D = (4 * 130) / (\pi * 3600 * 0,8)^{0,5} = 239,7 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg wykonany ze stali nierdzewnej typu AISI 316/316L o średnicy DN 250 (273,0 x 3,0 mm, wewn. 267,0 mm).

Średnica rurociągu tłoczego wynosi:

$$D = (4 * 100) / (\pi * 3600 * 1,2)^{0,5} = 171,7 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg wykonany ze stali nierdzewnej o średnicy DN 200 (219,1 x 2,0 mm, wewn. 215,1 mm).

Przepływ wody uzdatnionej podawanej do sieci mierzony będzie za pomocą przepływomierza o następujących parametrach technicznych:

- typ: czujnik ze złączem kołnierzowym,
- średnica: DN 125,
- zasilanie: 230 VAC, 50 Hz,
- poziom ochrony przed porażeniem: ABS kl. II, AK11 kl. I,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: 0,1 ÷ 10,0 m/s,
- pobór mocy: < 19 W,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

5. WYTYCZNE ELEKTRYCZNE I AKPIA

W odniesieniu do opisanego powyżej układu wyszczególniono następujące wytyczne do opracowania projektu elektrycznego i AKPIA.

Studnie głębinowe:

- elementy elektryczne:
 - zasilanie energetyczne pomp głębinowych,
 - zasilanie urządzeń pomiarowych,
 - zasilanie ogrzewania obudów studzien głębinowych,
- parametry mierzone:
 - ciśnienie tłoczenia,
 - prąd pobierany przez pompę,
 - licznik czasu pracy,
 - pomiar zwierciadła statycznego i dynamicznego,
 - czujnik temperatury w obudowie,
 - alarm otwarcia obudowy,
- algorytmy:
 - zdalne załączanie na podstawie poziomów wody w zbiornikach retencyjnych,
 - ręcznie z SUW (szafy rozdzielczej): praca w trzech trybach 1, 0, A,
- wyłączenie pomp głębinowych w przypadku:
 - przekroczonego ciśnienia na tłoczeniu,
 - otwarcia obudowy,
 - nadmiernego obniżenia zwierciadła w studni głębinowej.

Mieszacze wodno – powietrzne:

- parametry mierzone:
 - przepływ wody surowej: przepływomierz na rurociągu zbiorczym wody surowej na SUW,
 - ciśnienie wody surowej: czujniki ciśnienia na rurociągu zbiorczym wody surowej na SUW,
 - sugerowany pomiar odczynu (sonda pH),
 - sugerowany pomiar stężenia tlenu w wodzie napowietrzanej (sonda tlenu),
- urządzenia zasilane elektrycznie:
 - przepływomierz, czujniki ciśnienia,
 - sonda pH,
 - sonda tlenu,
- algorytmy:
 - załączanie układu sprężonego powietrza w zależności od przepływu wody surowej.

Układ filtracji:

- parametry mierzone:
 - przepływ wody po każdym z filtrów,
 - ciśnienie przed i po filtracji pierwszego i drugiego stopnia (różnica ciśnień),
 - czas pracy od ostatniego płukania filtrów,
 - przepływ wody do płukania,
 - prąd pobierany przez pompę,
 - ciśnienie wody do płukania,

- przepływ powietrza do płukania,
- ciśnienie powietrza do płukania,
- stan otwarcia przepustnic,
- stan pracy pomp i dmuchawy (0, 1, A),
- zasilane urządzenia:
 - przepływomierze, czujniki ciśnienia,
 - pompy do płukania,
 - dmuchawa do płukania,
 - wyspy zaworowe przepustnic pneumatycznych,
- algorytmy:
 - algorytm płukania automatycznego filtrów,
 - algorytm sterowania pracą pompy płuczącej w zależności od poziomu wody w zbiornikach retencyjnych.

Zestaw sieciowy, zbiorniki retencyjne, układ dezynfekcji:

- parametry mierzone:
 - przepływ i ciśnienie na wyjściu w SUW,
 - ciśnienie na rurociągu ssawnym pomp sieciowych,
 - poziom wody w zbiornikach retencyjnych,
 - poziom dezynfektanta w układzie magazynowym,
 - prąd pobierany przez pompy sieciowe,
 - promieniowanie lampy UV (dawka promieniowania),
 - stężenie chloru na wyjściu z SUW,
- zasilane urządzenia:
 - urządzenia pomiarowe (przepływomierze, czujniki ciśnienia, sondy hydrostatyczne),
 - urządzenie do pomiaru chloru,
 - pompki dozujące podchloryn,
 - lampa UV,
 - pompy sieciowe,
- algorytmy:
 - sterowanie pompownią sieciową w zależności od ciśnienia na wyjściu,
 - wyłączanie pompowni przy ciśnieniu min. na ssaniu (suchobiegu) i maks. na tłoczeniu (przekroczenie maksymalnego zadanego poziomu ciśnienia),
 - sterowanie dozowaniem dezynfektanta w zależności od przepływu i stężenia chloru na wyjściu,
 - sterowanie pracą lampy UV (w zależności od dawki promieniowania oraz przepływu wody przez lampę).

Odstojnik wód popłucznych:

- parametry mierzone:
 - poziom w odstojniku,
- zasilane urządzenia:
 - sonda poziomu,
 - pompa popłuczyn,
- algorytmy:
 - załączanie pompy po upływie czasu sedymentacji i wyłączanie w zależności od przyjętego poziomu.

Zasilanie elektryczne SUW:

- oświetlenie pomieszczeń, zgodnie z przepisami BHP,
- gniazda elektryczne na SUW.

Projekt winien przewidzieć montaż agregatu prądotwórczego zasilającego:

- pompy głębinowe,
- pompy sieciowe,
- układ sterowania i automatyki,
- oświetlenia, ogrzewania (w minimalnym zakresie).

Podane powyżej elementy należy zweryfikować w toku opracowania dokumentacji projektowej, zarówno w odniesieniu do parametrów mierzonych jak i realizowanych algorytmów sterowania pracą SUW.

6. WYTYCZNE BUDOWLANE

Ogólne wytyczne budowlane co do budynku SUW przedstawiono poniżej. Stanowią one jedynie punkt wyjścia do weryfikacji na etapie realizacji projektu.

Zagospodarowanie terenu obejmuje budowę:

- obudowy studni głębinowej nr 1,
- odstojnika,
- zbiorników retencyjnych,
- sieci międzyobiektowych.

Obudowy studzien głębinowych:

- wykonać fundament pod obudowę zgodnie z wytycznymi producenta zaprojektowanej obudowy studni.

Odstojnik:

- technologia żelbetowa lub prefabrykowany z tworzywa sztucznego.

Zbiorniki retencyjne:

- typowe, ze stali nierdzewnej, z atestem PZH,
- wykonać fundament pod zbiorniki zgodnie z wytycznymi producenta zaprojektowanych zbiorników.

Sieci międzyobiekto:

- spięcie rurociągów doprowadzających wodę surową z każdej studni głębinowej w jeden zbiorczy rurociąg przed wejściem do budynku SUW,
- rurociąg wody uzdatnionej przefiltrowanej do zbiorników retencyjnych,
- rurociąg wody uzdatnionej do zestawu pomp (tłoczenie wody do sieci wodociągowej i płukanie filtrów),
- przelew i spust ze zbiorników retencyjnych do odstojnika,
- rurociąg popłuczyn z budynku SUW do odstojnika,
- wody nadosadowe z odstojnika do rowu przydrożnego.

Budynek SUW:

- podniesienie stropu budynku ze względu na niezbędną przestrzeń montażową posadowienia nowych filtrów,
- adaptacja istniejących fundamentów pod projektowane filtry,
- montaż osuszacza powietrza.

Podane powyżej wytyczne stanowią jedynie sugestie projektowe, każdorazowo na etapie dokumentacji projektowej dokonać ostatecznych ustaleń z Inwestorem, kierując się obowiązującymi przepisami prawa budowlanego.