

1. Przedmiot i podstawa opracowania

Przedmiotem opracowania jest rozbudowa układu technologii uzdatniania wody ujmowanej na potrzeby Stacji Uzdatniania Wody Kosowo. Istniejący układ technologiczny oparty jest o przestarzałe urządzenia, wymagające napraw i modernizacji oraz o orurowanie i armaturę odcinającą w złym stanie technicznym, nadającym się do bezwzględnej wymiany.

Celem modernizacji jest wymiana urządzeń, orurowania i armatury, a także systemów pompowych, prowadząca do odnowienia stanu technicznego i technologicznego budynku.

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Gostyniu Sp. z o.o. na opracowanie projektu rozbudowy układu technologii SUW Kosowo,
- 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 29 marca 2007 roku, wraz z nowelizacją z 2010 roku,
- „Instrukcja obsługi i eksploatacji Stacji Wodociągowej dla wiejskiego wodociągu grupowego w Kosowie” opracowana przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji z Poznania z 24 kwietnia 1975 roku,
- „Ocena stanu technicznego Stacji Wodociągowej w miejscowości Kosowo” opracowana przez BIPROWODMEL Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska z Poznania z lutego 1998 roku,
- Operat wodno – prawny na pobór wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych – mioceńskich (studnia nr 2a), utworów czwartorzędowych – plejstocieńskich (studnia nr 1) oraz odprowadzenie wód popłucznych ze Stacji Uzdatniania Wody do ziemi” opracowany przez Pracownię Dokumentacji Hydrogeologicznych z Leszna z kwietnia 2004 roku,
- pozwolenie wodno – prawne na pobór wód podziemnych z ujęcia w Kosowie gm. Gostyń oraz odprowadzanie ścieków technologicznych (wód popłucznych) po sklarowaniu w odстойniku do ziemi z 5 maja 2004 roku,
- wyniki badań wody,
- zestawienie produkcji wody,
- wizje lokalne,
- aktualna literatura przedmiotu.

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. Ujęcie wody

2.1. Charakterystyka ujęcia

Ujęcie zlokalizowane jest w okolicy wsi Kosowo, gmina Gostyń na działce o numerze ewidencyjnym 428/1, której właścicielem jest ZWiK Sp. z o.o. w Gostyniu. Natomiast Stacja Uzdatniania Wody zlokalizowana jest na działkach o numerach ewidencyjnych 425/1, 426/1 i 427/1.

W skład ujęcia wchodzi dwie studnie głębinowe, które eksploatowane są naprzemiennie:

- studnia nr 1: utwory czwartorzędowe – plejstoceńskie, wykonana w 1974 roku,
- studnia nr 2a: utwory trzeciorzędowe – mioceńskie, wykonana w 2004 roku.

Zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym z 5 maja 2004 roku na pobór wód podziemnych:

- ze studni nr 1 o zasobach eksploatacyjnych w ilości $Q = 60,3 \text{ m}^3/\text{h}$ i depresji $S = 14,4 \text{ m}$ wynosi:

$$Q_{d \text{ sr}} = 504 \text{ m}^3/\text{d},$$

- ze studni nr 2a o zasobach eksploatacyjnych w ilości $Q = 19,5 \text{ m}^3/\text{h}$ i depresji $S = 16,1 \text{ m}$ wynosi:

$$Q_{d \text{ sr}} = 468 \text{ m}^3/\text{d}.$$

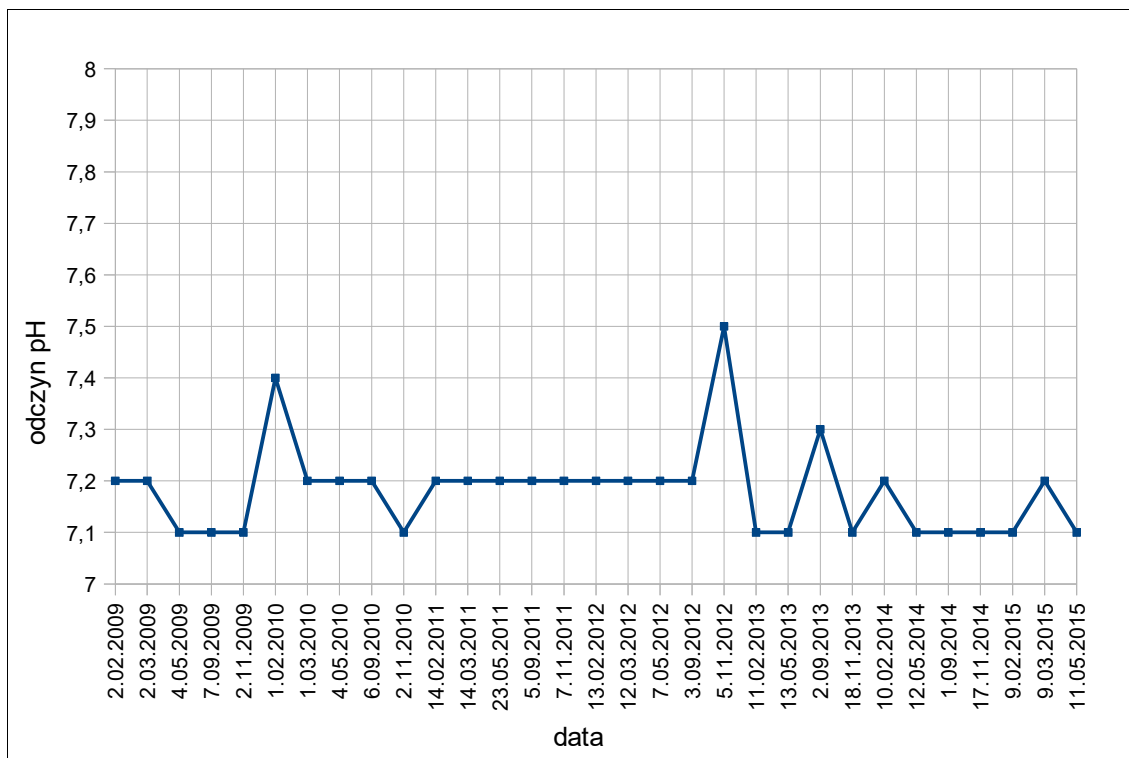
Łącznie ze studni nr 1 i 2a:

$$\begin{aligned} Q_{d \text{ sr}} &= 972 \text{ m}^3/\text{d}, \\ Q_{\text{roczne}} &= 354.780 \text{ m}^3/\text{rok}. \end{aligned}$$

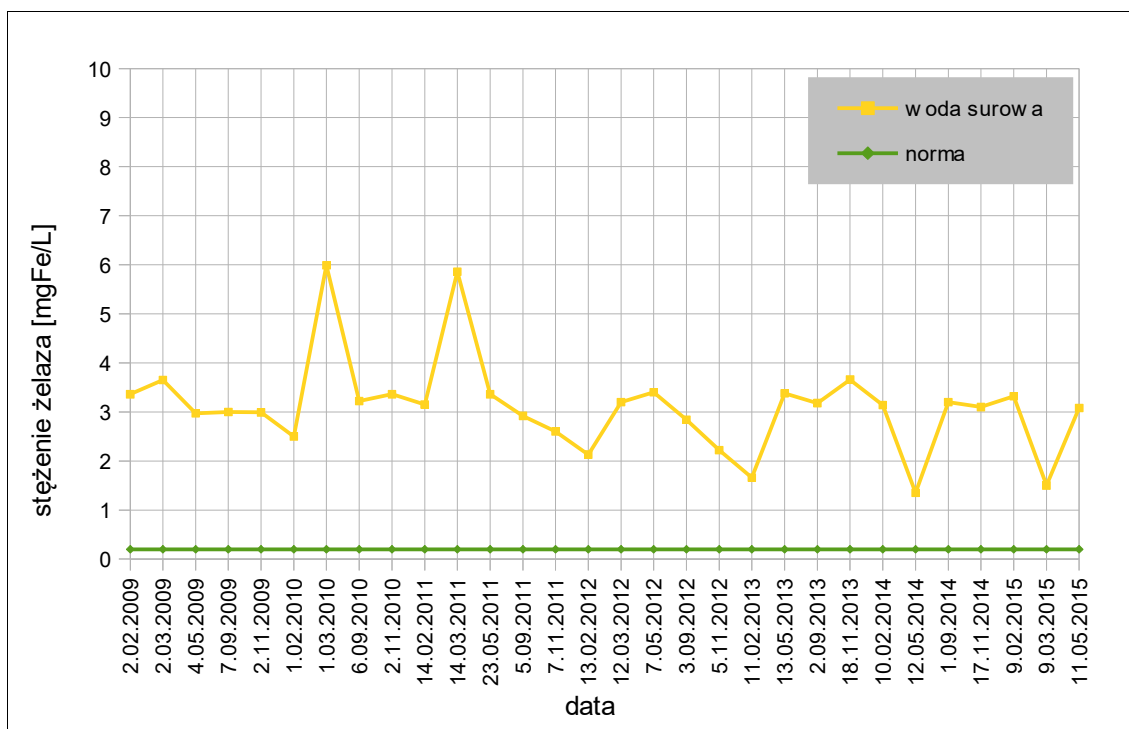
Do obliczeń technologicznych i wymiarowania układu uzdatniania przyjęto wydajność na poziomie $42,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Analizę jakości wody surowej przeprowadzono w oparciu o wyniki badań z lat 2009 ÷ 2014 i przedstawiono na poniższych wykresach.

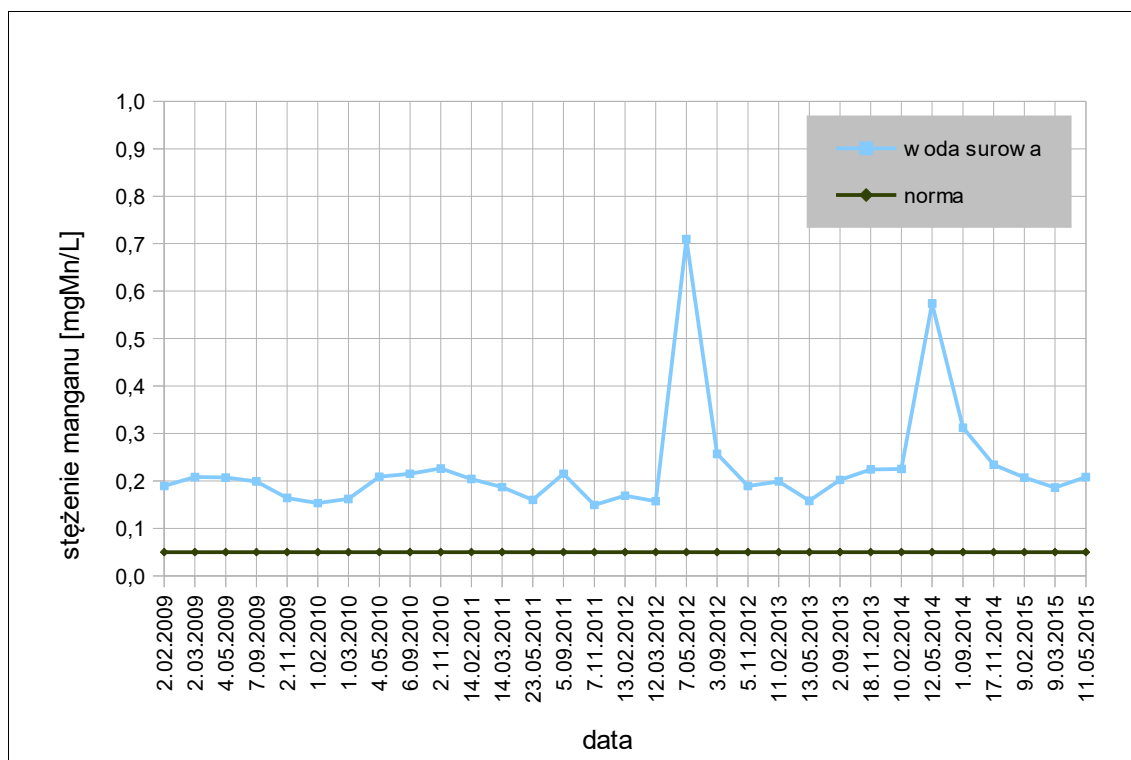
Wykres 1. Odczyn pH wody surowej ujmowanej na SUW Kosowo



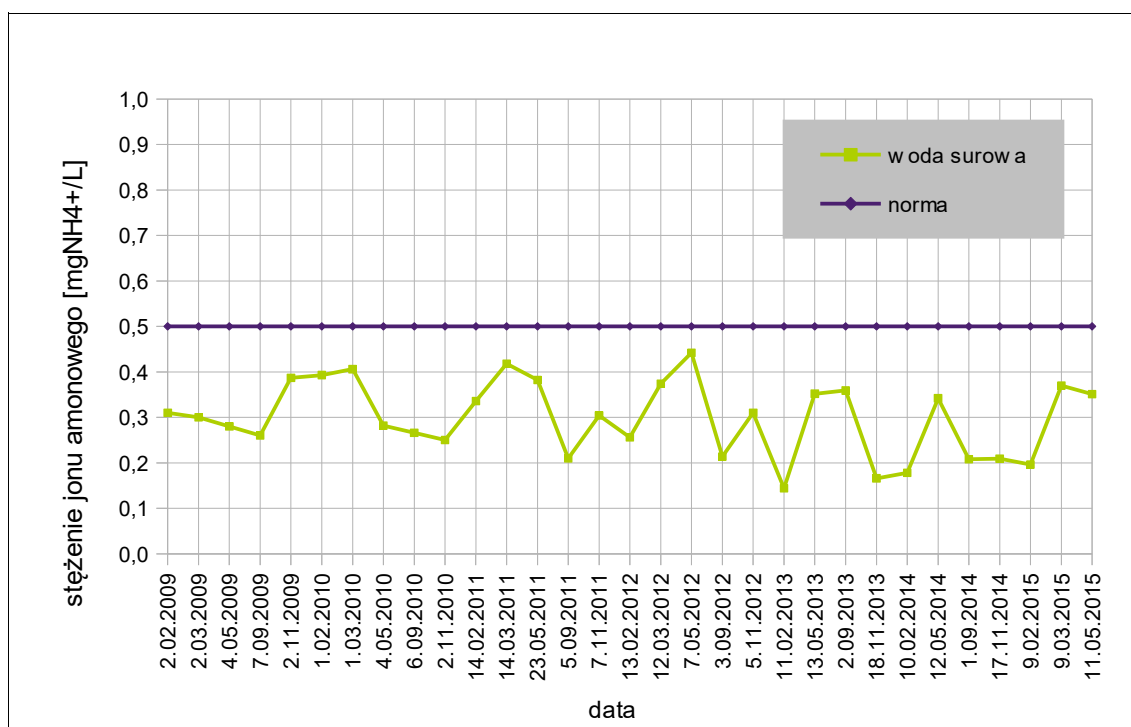
Wykres 2. Stężenie żelaza w wodzie surowej ujmowanej na SUW Kosowo



Wykres 3. Stężenie manganu w wodzie surowej na SUW Kosowo



Wykres 4. Stężenie jonu amonowego w wodzie surowej na SUW Kosowo



Pozostałe parametry jakości wody surowej w ujęciu minimalnym i maksymalnym przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Jakość wody surowej ujmowanej na SUW Kosowo

Parametr	Jednostka	Norma	Min.	Max.
Barwa	mgPt/L	akcept.	10	50
Mętność	NTU	1	2,2	50,0
Przewodność	μS/cm	2 500	765	895
Zapach	-	akcept.	akcept.	
Chlorki	mgCl ⁻ /L	250	16,0	23,2
Twardość	mgCaCO ₃ /L	60 ÷ 500	418	432
Azotany	mgNO ₃ ⁻ /L	50	< 1,0	
Azotyny	mgNO ₂ ⁻ /L	0,5	< 0,09	
Siarczany	mgSO ₄ ²⁻ /L	250	< 40	68

Zgodnie z przedstawioną charakterystyką jakościową surowca można stwierdzić, że woda wymaga usunięcia:

- średnich ilości żelaza,
- średnich ilości manganu.

Należy również zwrócić uwagę, że podwyższona mętność oraz barwa są najprawdopodobniej spowodowane ponadnormatywną zawartością żelaza w wodzie surowej. Usuwając z wody żelazo, obniżona zostanie również jej mętność, jak i barwa. Stężenie żelaza w wodzie surowej waha się w granicach 1,35 ÷ 5,99 mgFe/L.

Ujmowany surowiec charakteryzuje się ilością manganu na poziomie średnim, co utrudnia naturalne wpracowanie filtrów do usuwania tego wskaźnika i dlatego konieczne jest zastosowanie złoża katalitycznego.

Jednym z ważnych czynników jest stężenie jonu amonowego poniżej dopuszczalnej wartości. Jest to istotne dla eksploataatorów SUW ze względu na efektywność procesów napowietrzania wody pod kątem wymaganego jej natlenienia.

Warunki usuwania wymienionych wskaźników (żelaza i manganu) zostały sprecyzowane poniżej.

Teoretyczne warunki usuwania poszczególnych wskaźników z wody

Żelazo

Jest to najczęstszy pierwiastek występujący w wodach podziemnych. Wody powierzchniowe z reguły nie zawierają żelaza bądź znajduje się ono w małych ilościach.

Obowiązujące przepisy określają, że zawartość żelaza w wodzie przeznaczonej do spożycia **nie może być większa niż 0,2 mgFe/L**.

Jest to stężenie żelaza na wyjściu ze Stacji Uzdatniania Wody i u odbiorców. Często bowiem się zdarza, że woda po filtrach (zbiornikach retencyjnych) przekracza wartość określoną w normie, a do konsumentów trafia odżelaziona. Jest to sprzeczne z przepisami i jednocześnie świadczy, jak łatwo żelazo odkłada się w rurach – tworząc twarde lub maziste

osady, które odrywają się od ścianek rurociągów w trakcie awarii, zwiększonego przepływu, powodując efekt brudnej wody u odbiorców, zaraz po załączeniu odcinka rurociągu do ponownej pracy.

Żelazo w przekroczonych stężeniach ma bardzo duże znaczenie techniczne i organoleptyczne.

Duża ilość żelaza w wodzie do picia nadaje jej specyficzny zapach, posmak. Żelazo bardzo brudzi armaturę (wannы, umywalki itp.), pranie.

Osadza się w rurach, zmniejszając ich światło i powodując duże straty energii pomp tłoczących wodę przez takie zażelazone rury. Ponadto w odłożonych osadach w sieci rozwijają się najróżniejsze bakterie, które mogą wtórnie zanieczyszczać wodę (woda na wyjściu ze Stacji może spełniać normy bakteriologiczne, a u odbiorców już nie – mimo chlorowania).

Stężenie żelaza powyżej 1,0 mgFe/L w wodzie może powodować większe lub mniejsze problemy z uzdatnianiem wody – wiążące się z częstszym płukaniem filtrów, ich mocnym zapychaniem (kolmatacją), a także pojawianiem się trudności z usunięciem manganu z wody.

Żelazo występuje w wodzie podziemnej w formie dwuwartościowej. Żeby je usunąć, konieczne jest przeprowadzenie do formy nierozpuszczonej – utlenienie. 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 odcedzane na złożu filtracyjnym w górnej jej części (bardzo płytko, nawet w wysokości nie przekraczającej 0,1 ÷ 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 złożu 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 stosowanie chemicznych utleniaczy, takich jak wymieniowy wcześniej nadmanganian potasu czy też podchloryn sodu).

Mangan

Zawartość manganu w wodzie **nie może przekraczać 0,05 mgMn/L**.

Podobnie jak w przypadku żelaza, negatywne skutki przekroczonej wartości manganu to

głównie nieprzyjemny smak oraz zapach wody.

Mangan tworzy charakterystyczne czarne osady (wg niektórych określeń – smoliste), osadzające się w rurach, armaturze itp. Osady te są jeszcze bardziej uciążliwe niż w przypadku żelaza (jeszcze trudniej je usunąć), zwłaszcza jeśli zostanie zabrudzona armatura lub pranie. W osadach manganowych bardzo intensywnie rozwijają się różne bakterie.

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).

Utlenianie 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 złożę 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 (odłożony 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 czterowartościowego). Powstałe produkty reakcji (trójwartościowy mangan) mogą być z powrotem utlenione do manganu czterowartościowego poprzez zastosowanie tlenu z powietrza. Mangan czterowartościowy sorbuje następnie ponownie mangan dwuwartościowy zawarty w wodzie surowej i proces się powtarza. Odkładający się cały czas mangan czterowartościowy 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 złożów zbudowanych już z aktywnego manganu czterowartościowego 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 złożę 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, uniemożliwiające sprawne usunięcie tego wskaźnika.

2.2. Charakterystyka terenu ujęcia (w oparciu o operat wodno – prawny)

Dokumentowany teren położony jest w obrębie Pojezierza Krzywińskiego, mezoregionu 315.82 wg podziału B. Krygowskiego. Rzędne terenu w rejonie ujęcia wody w Kosowie wynoszą ok. 84,5 m n.p.m. Jest to rejon bardzo urozmaicony morfologicznie. Deniwelacje terenu wynoszą ponad 30,0 m. Pod względem hydrograficznym rejon ujęcia należy do zlewni Kanału Obry. Sieć hydrograficzną tworzą liczne rowy i cieki oraz małe zbiorniki wodne. Cały teren jest podmokły (płytko zalegające zwierciadło wody gruntowej) i bogaty w torfowiska. Studnie wiercone ujęcia Kosowo znajdują się na skraju obniżenia pradolinowego, przebiegającego równoleżnikowo od miejscowości Piaski, dalej w linii Gostyń, Gostyń Stary i Kosowo, które dalej skręca na północ w kierunku wsi Stankowo i łączy się ze współczesną doliną Kościańskiego Kanału Obry.

Utwory czwartorzędowe w partii spągowej budują osady piaszczyste o miąższości ok. 9,0 m (pospółki, piaski średnie i pylaste, przelot 12,0 ÷ 21,0 m), wyżej mułki ilaste warwowe (przelot 10,0 ÷ 11,0 m) i ponownie osady piaszczyste o miąższości 7,0 m (piaski drobne, przelot 4,0 ÷ 11,0 m). Osady te pochodzą z okresu zlodowacenia południowopolskiego, interglacjału wielkiego i fazy transgresji zlodowacenia środkowopolskiego. Partię stropową tworzy podkład torfu o miąższości 3,0 m i gliny (1,0 m) z okresu zlodowacenia północnopolskiego i holocenu.

Na terenie ujęcia w Kosowie wody podziemne tworzą poziom międzyglinowy górny oraz międzyglinowy dolny. Pierwszy z nich występuje w rzecznych osadach piaszczystych, które w otworze 2a zalegają w strefie głębokości 4,0 ÷ 11,0 m, na mułkach ilastych, warwowych, a w otworze 1 na glinach zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego. Podczas wiercenia subartezyjskie zwierciadło wody występowało tuż pod powierzchnią terenu.

Poziom międzyglinowy dolny podobnie występuje w rzecznych osadach piaszczysto – żwirowych zalegających w strefie głębokości 12,0 ÷ 21,0 m. Artezyjskie zwierciadło wody w okresie budowy otworów nr 1 i 2 pomierzono na głębokości 0,1 m n.p.t. Jest to poziom ujęty do eksploatacji w otworze nr 1.

Utwory trzeciorzędowe w partii stropowej nawiercono na głębokości 21,0 m (otwór nr 2a).

Budują je osady mułkowo – ilaste (frakcja pstrych iłów poznańskich) oraz dwie warstwy piaszczyste. Użytkowe poziomy warstw wodonośnych występują w przelotach 26,0 ÷ 29,0 m oraz 38,0 ÷ 43,0 m. Z dotychczasowego rozpoznania budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych wynika, że występują one w strefie głębokości ok. 21/22 – 45 – 50 m i najprawdopodobniej tylko w pasie przebiegu rowu tektonicznego Gostynia. Ze względu na rozprzestrzenianie stanowią one poziom wodonośny, który nazwano międzyiłowym poziomem wodonośnym iłów poznańskich górnego miocenu. W otworze 2a warstwy wodonośne budują piaski pylaste i drobne o łącznej miąższości 8,0 m. Subartezyjskie zwierciadło wody stabilizuje się na głębokości 0,7 m. Zasilanie poziomu następuje na drodze infiltracji z poziomów czwartorzędowych, a drenaż zachodzi w kierunku doliny Kościańskiego Kanału Obry.

Studnia nr 1

Została wykonana przez PZRW „Wodrol” z Poznania w 1974 roku.

Lokalizacja (współrzędne geograficzne): 51°53'54" N i 16°54'45" E.

Charakterystyka studni:

- rura podfiltrowa: \varnothing 11 $\frac{3}{4}$ " (298 mm), długość 3,0 m,
- filtr właściwy: \varnothing 11 $\frac{3}{4}$ ", długość 6,0 m,
- rura nadfiltrowa: \varnothing 11 $\frac{3}{4}$ ", długość 15,5 m,
- całkowita głębokość: 24,5 m.

W studni zamontowana jest pompa głębinowa typu G 80 III B dwustopniowa, zawieszona na głębokości 12,0 m p.p.t. Zasuwy pompy zostały tak ustawione, aby jej wydajność nie przekraczała 42,0 m³/h.

Rzędna terenu wokół studni 84,5 m n.p.m.

Studnia nr 2a

Oddalona jest o ok. 10,0 m od studni nr 1. Została wykonana w 2004 roku.

Lokalizacja (współrzędne geograficzne): 51°53'45" N i 16°55'48" E.

Charakterystyka studni:

- rura podfiltrowa: 43,0 ÷ 45,5 m, średnica 280 mm PVC,
- rura międzyfiltrowa: 29,0 ÷ 38,0 m, średnica 280 mm PVC,
- część robocza: 26,0 ÷ 29,0 m, 38,0 ÷ 43,0 m, średnica 280 mm PVC,
- rura nadfiltrowa: 0,0 ÷ 26,0 m, średnica 280 mm PVC,
- głębokość: 51,0 m.

W studni zamontowana jest pompa głębinowa typu GC.3.03, zawieszona na głębokości 24,0 m p.p.t.

Rzędna terenu wokół studni 84,45 m n.p.m.

Ujęcie posiada ustanowioną strefę ochrony bezpośredniej o powierzchni 520 m² oraz teren ochrony pośredniej – zewnętrzny, o powierzchni ok. 1,5 m².

Studnie nr 1 i 2a posiadają obudowy z kręgów żelbetowych o średnicy \varnothing 2000 mm, wyniesione ponad teren o ok. 1,5 m.

Przykryte są płytą stropową z włazem stalowym o średnicy \varnothing 600 mm z kominkami wywiewnymi o średnicy \varnothing 100 mm.

Dno studni i ściany są zabezpieczone przed napływem wód infiltracyjnych (wybetonowane dno i uszczelnione ściany). Wnętrze studni jest suche. W obudowie na rurach osłonowych założona jest:

- głowica,
- rura doprowadzająca wodę do Stacji Wodociągowej,
- zawór zwrotny kołnierzowy,
- zasuwa klinowa kołnierzowa,
- rurka odpowietrzająca i kontrolna,
- pozostała armatura.

Obudowa studni wierconej ma na celu zabezpieczenie studni przed uszkodzeniem, zanieczyszczeniami oraz wpływami atmosferycznymi.

3. Charakterystyka stanu istniejącego

Obecnie układ uzdatniania wody na SUW Kosowo opiera się o następujące procesy technologiczne:

- tłoczenie wody surowej ze studni do budynku SUW za pomocą pomp głębinowych:
 - studnia nr 1: pompa typu GC 3.03,
 - studnia nr 2a: pompa typu G 80 III B,
- napowietrzanie ciśnieniowe w aeratorach przyfiltrowych:
 - ilość: 3 szt.,
 - średnica: DN 500,
- filtracja ciśnieniowa na filtrach pospiesznych:
 - ilość: 3 szt.,
 - średnica: DN 1500,
 - powierzchnia filtracyjna: 4 x 1,77 m²,
 - sterowanie zasuwami z napędami ręcznymi,
- retencja wody w zbiornikach żelbetowych:
 - ilość: 3 szt.,
 - pojemność: 100 m³ każdy,
- zasilanie sieci wodociągowej zestawem sieciowym:
 - ilość pomp: 4 szt.,
 - typ pomp: pionowe,
- okresowa dezynfekcja wody:
 - ilość chloratorów: 2 szt.,
 - dezynfektant: podchloryn sodu,
 - typ urządzenia: chlorator C – 52,
- zbiorniki hydroforowe:
 - ilość: 1 szt.,
 - średnica: DN 1500,
- dmuchawa do płukania filtrów:
 - ilość: 1 szt.,
 - wydajność maksymalna: 236 m³/h,
- pompa do płukania filtrów wodą uzdatnioną:
 - ilość: 1 szt.,
 - typ: pozioma,
- pompa na cele przeciwpożarowe:
 - ilość: 1 szt.,
 - typ: pozioma,
- sprężarka do celów napowietrzania i zasilania hydroforów:
 - ilość: 2 szt.,
 - typ: WAN – ED i VAN – CE,
- odстойnik wód popłucznych:
 - wymiary: 7 x 4,5 m,
 - wysokość czynna: 0,65 m,
 - pojemność czynna: 20 m³.

Urządzenia pomiarowe

Pomiar wody surowej prowadzony jest wodomierzem typu MZ, producent Powogaz o średnicy \varnothing 100 mm, zlokalizowanym w Stacji Uzdatniania Wody.

Pomiar w obrębie studzien głębinowych obejmuje:

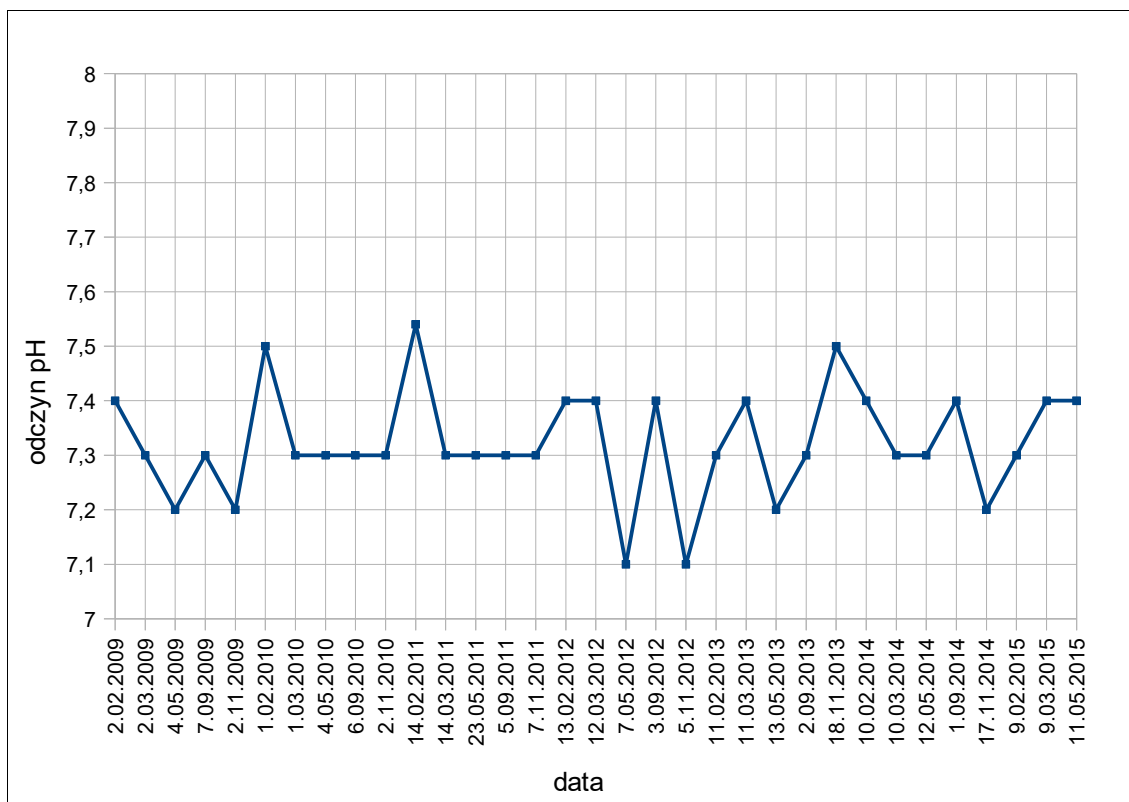
- wydajność studni,
- poziom lustra wody statyczny i dynamiczny,
- zeskok hydrauliczny.

Jakość wody uzdatnionej

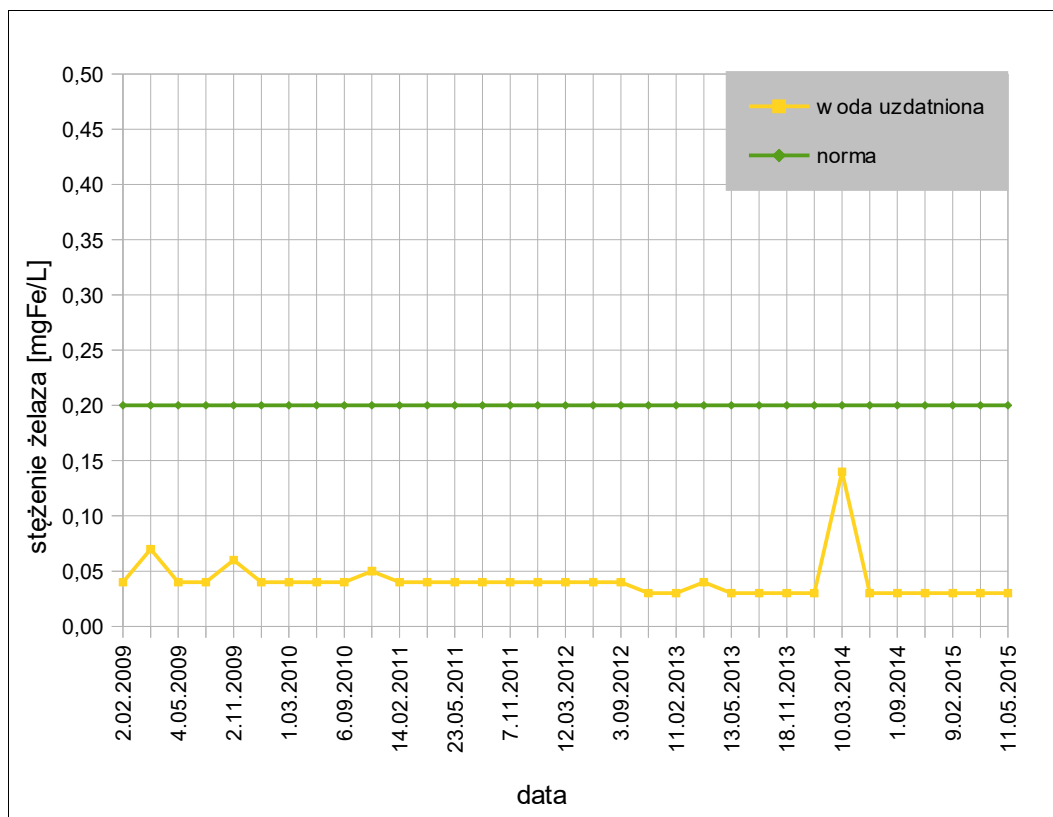
Efektywność uzdatniania wody na omawianym układzie technologicznym jest zadowalająca, a wyniki badań zestawiono poniżej.

Jak wynika z zamieszczonych danych dobrany układ uzdatniania w istniejącej konfiguracji jest właściwy dla uzyskania jakości zgodnej z obowiązującymi normami. Jednak z uwagi na stan techniczny poszczególnych urządzeń oraz zastosowane przestarzałe rozwiązania techniczno – technologiczne, konieczna jest modernizacja układu uzdatniania wody, co będzie przedmiotem dalszej części opracowania.

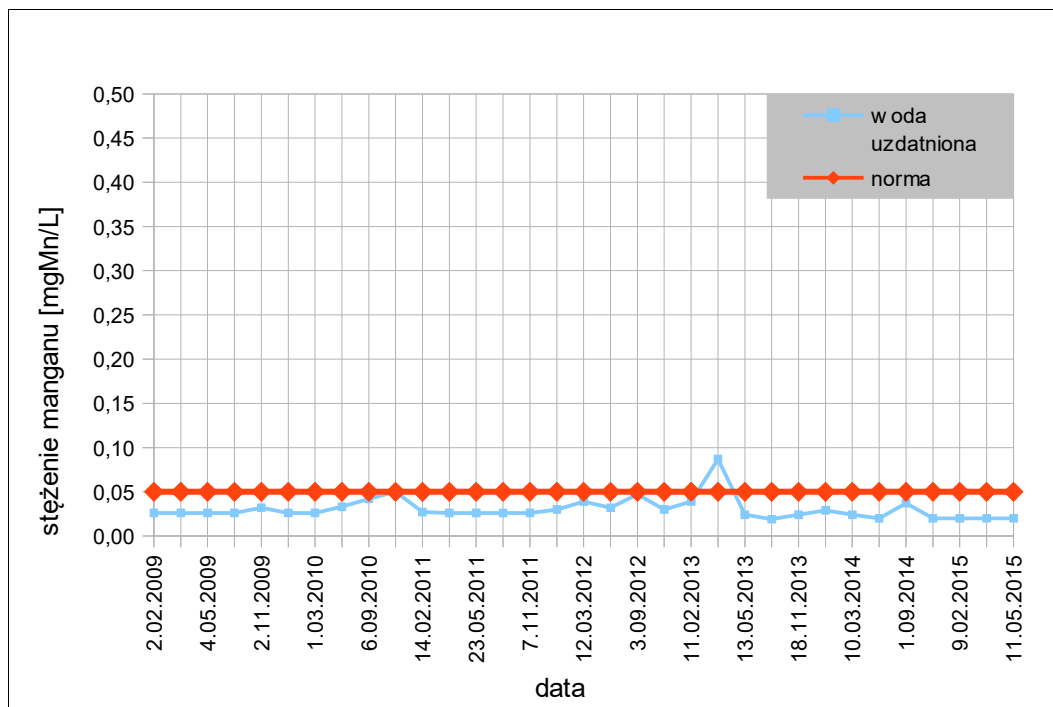
Wykres 5. Odczyn pH wody uzdatnionej na SUW Kosowo



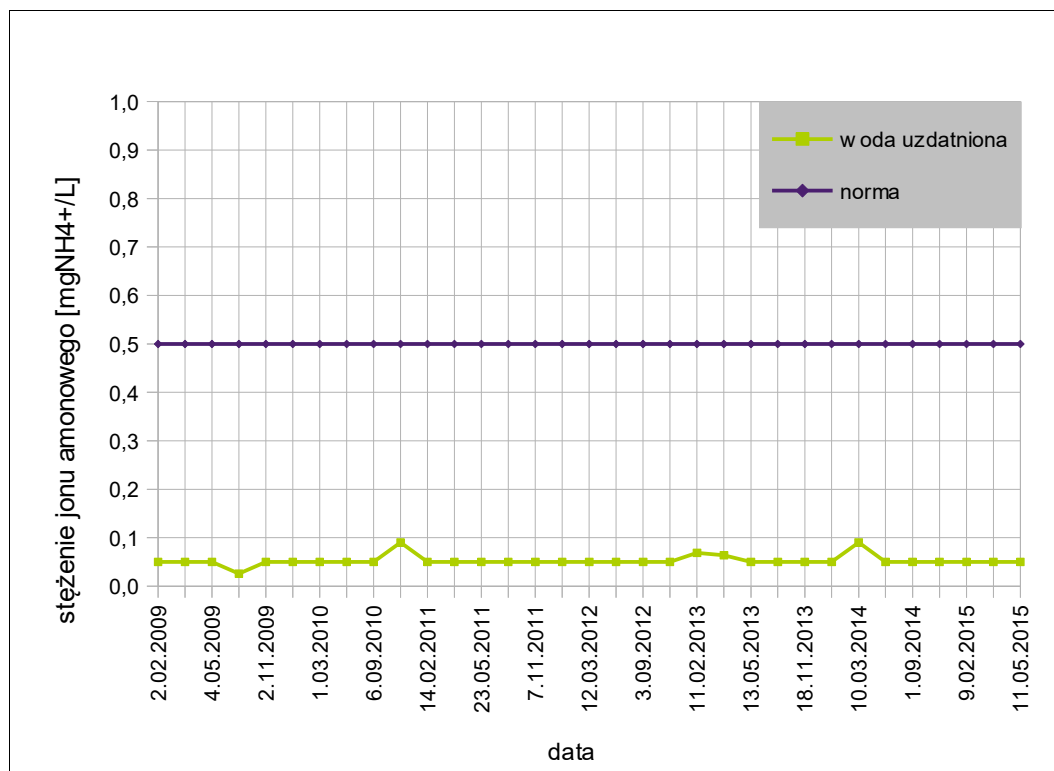
Wykres 6. Stężenie żelaza w wodzie uzdatnionej na SUW Kosowo



Wykres 7. Stężenie manganu w wodzie uzdatnionej na SUW Kosowo



Wykres 8. Stężenie jonu amonowego w wodzie uzdatnionej na SUW Kosowo



Pozostałe parametry jakości wody uzdatnionej w ujęciu minimalnym i maksymalnym przedstawiono w tabeli nr 2.

Tabela 2. Jakość wody uzdatnionej na SUW Kosowo

Parametr	Jednostka	Norma	Min.	Max.
Barwa	mgPt/L	akcept.	5	
Mętność	NTU	1	0,14	1,10
Przewodność	µS/cm	2 500	752	889
Zapach	-	akcept.	akcept.	
Chlorki	mgCl ⁻ /L	250	20	27
Twardość	mgCaCO ₃ /L	60 ÷ 500	408	500
Azotany	mgNO ₃ ⁻ /L	50	1,00	1,75
Azotyny	mgNO ₂ ⁻ /L	0,5	0,09	
Siarczany	mgSO ₄ ²⁻ /L	250	47	72

Produkcja wody

W poniższej tabeli zestawiono produkcję wody w latach 2008 ÷ 2015.

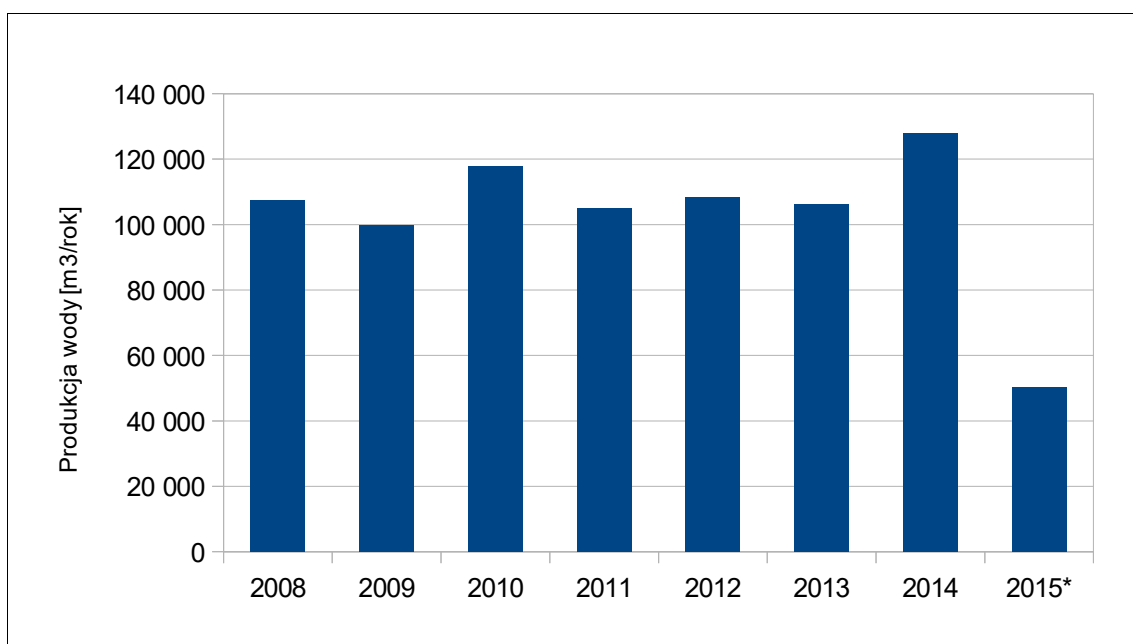
Tabela 3. Produkcja wody na SUW Kosowo w latach 2008 ÷ 2015

Rok	Q_{roczne}	$Q_{\text{d śr}}$	$Q_{\text{d max}}$	$Q_{\text{h śr}}$	$Q_{\text{h max}}$
	m ³ /rok	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /h	m ³ /h
2008	107 433	294	440	18	46
2009	99 867	274	410	17	43
2010	117 751	323	484	20	50
2011	105 081	288	432	18	45
2012	108 323	296	444	18	46
2013	106 305	291	437	18	46
2014	128 042	351	526	22	55
2015*	50 373	334	500	21	52

*produkcja z 5 miesięcy

Graficznie produkcję roczną z ostatnich lat przedstawiono na wykresie 9.

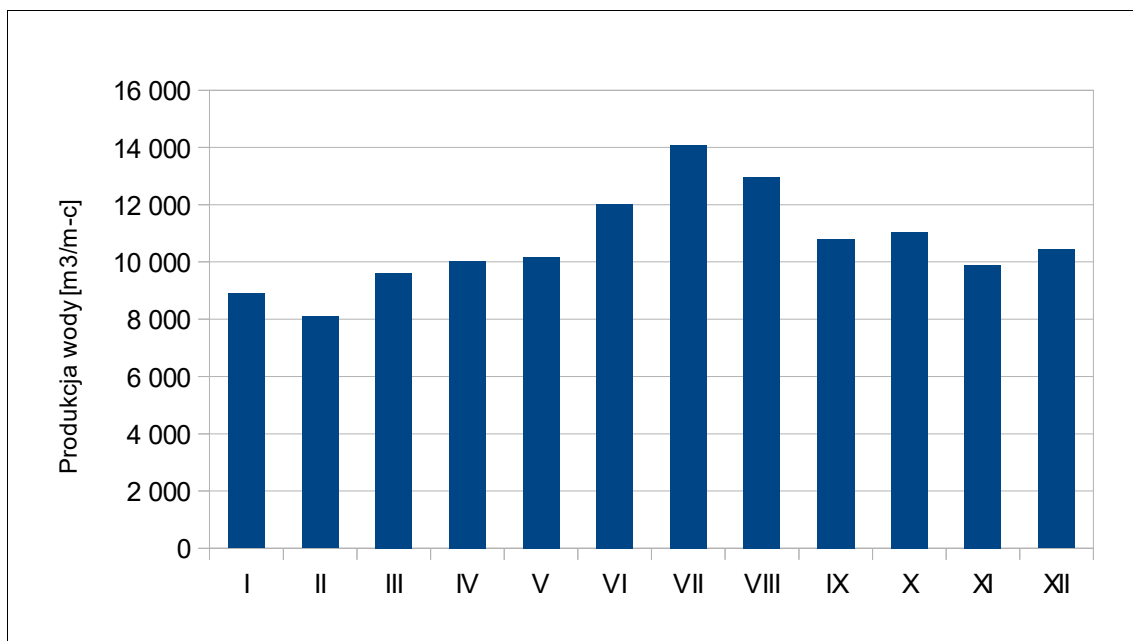
Wykres 9. Produkcja roczna na SUW Kosowo w latach 2008 ÷ 2015



Jak wynika z zamieszczonego wykresu, obserwuje się, że ilość produkowanej wody oscyluje na stałym poziomie ok. 100 ÷ 110 tys. m³/rok, przy czym w 2014 roku nastąpił wzrost, który był spowodowany warunkami pogodowymi.

Dodatkowo dla wybranego 2014 roku na kolejnym wykresie przedstawiono miesięczny rozkład produkcji wody z SUW Kosowo.

Wykres 10. Produkcja miesięczna na SUW Kosowo w 2014 roku



Jak wynika z przedstawionego wykresu, widać znaczące wahania miesięcznych produkcji wody w ciągu roku. W okresie letnim (czerwiec ÷ sierpień) nastąpił zdecydowany wzrost produkowanej wody i wynosił miesięcznie ok. 12 ÷ 14 tys. m³. Natomiast w pozostałe miesiące miesięczna produkcja wody mieściła się w zakresie 8 ÷ 10 tys. m³.

4. Projekt technologii SUW Kosowo

Nową technologię uzdatniania wody na SUW Kosowo osadzono w podstawach naukowo – technicznych, uwzględniając doświadczenia praktyczne stosowania jej na podobnych obiektach wodociągowych. Na podstawie przeprowadzonych analiz technologicznych i technicznych przyjęto następujący układ technologiczny:

- ujęcie wody złożone z obecnie eksploatowanych studni głębinowych,
- napowietrzanie ciśnieniowe w mieszaczach statycznych,
- filtracja: proces usuwania żelaza i manganu na jednostopniowej 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 istniejącego systemu ich zagospodarowania.

Remont (w ujęciu ogólnym) obejmuje:

- wymianę orurowania na rurociągi z PVC, klejone,
- wymianę armatury odcinającej i napędów na armaturze,
- wymianę aeratorów oraz filtrów wraz z doborem złożeń filtracyjnych,
- wymianę istniejącego zestawu pompowego,
- wymianę pompy odprowadzającej popłuczyny na nową,
- demontaż zbiorników hydroforowych wraz z orurowaniem,
- wymianę zestawu dozującego podchloryn sodu,
- wymianę urządzeń do płukania filtrów,
- wymianę węzła sprężonego powietrza (sprężarki, rotametry, orurowanie).

Zrealizowane zostaną również prace ogólnobudowlane obejmujące płytkowanie oraz malowanie powierzchni w budynku SUW.

UWAGI OGÓLNE – technologiczne

Orurowanie SUW wewnątrz hali filtrów (zgodnie z życzeniem Inwestora) należy wykonać w oparciu o materiał PVC, z wykorzystaniem kształtek klejonych. Materiał: PVC – uH (nieplastifikowany polichlorek winylu), materiał z wartością MRS (minimalną wymaganą wytrzymałością) przynajmniej 25,0 MPa (zgodnie z ISO 1167 – ISO DIS 9080).

W miejscach połączeń kołnierzowych – również kołnierze z PVC – u. Pomiędzy kołnierzami uszczelki EPDM (guma etylenowo – propylenowa).

Instalacja (kształtki) zgodnie z rysunkami technicznymi zamieszczonymi w końcowej części opracowania.

Do połączeń klejonych wykorzystać klej TANGIT SPECJAL lub równoważny. Tangit jest klejem zawierającym rozpuszczalnik na bazie tetrahydrofuranu. TANGIT nadaje się do wykonywania wytrzymałych na rozciąganie połączeń rur ciśnieniowych (gazowych i wodociągowych) wykonanych za pomocą złączek rurowych z PVC – u według zaleceń producentów rur z tworzyw.

Właściwości:

- spełnia wymagania normy DIN 16970, jak też odpowiada wytycznym R 1, 1.7 Zrzeszenia Producentów Rur z Tworzyw Sztucznych, spełnia zasady budowy i kontroli przewodów odwadniających,
- odpowiada m.in. normom dotyczącym klejów BS 4346 część 3 i ASTM D2564, NEN 7106,

- klejem można pokryć tolerancję do + 0,6 mm.

Wytrzymałość:

- klejenie jest wodoodporne, wytrzymałość chemiczna klejenia, szczególnie przy kwasach nieorganicznych jest zależna od tolerancji rur, czasów wiązania, obciążeń ciśnieniowych, temperatur, typu kwasów i ich koncentracji,
- przed sklejeniem orurowania należy przeczyszczyć miejsca klejone przy wykorzystaniu środka do czyszczenia połączeń klejonych z tworzyw sztucznych posiadającego odpowiednie atesty potwierdzające możliwość stosowania w układach mających kontakt z wodą przeznaczoną do picia.

Rurociągi należy wyposażyć w podpory – obejmę pełną. Umieścić na podporach systemowych w odpowiednich miejscach zabezpieczających przed przemieszczaniem się rurociągów. Podpory systemowe adekwatne do typu stosowanych rurociągów – PVC.

Całe orurowanie oraz armaturę należy wykonywać dla ciśnienia min. PN 10. Również owiercenie armatury winno być jednolite, dostosowane do powyższego ciśnienia.

Armatura – przepustnice

Należy stosować przepustnice odpowiadające następującej charakterystyce:

- przyłącza do montażu międzykołnierzowego zgodnie z PN-EN 1092-2:1999 PN 10 lub PN 16,
- długość zabudowy wg PN-EN 558-1:2001 szereg 20,
- kołnierz do montażu siłownika zgodny z ISO 5211,
- korpus wykonany z żeliwa sferoidalnego EN-GJS-400-15,
- kłapa umieszczona centrycznie wykonana z żeliwa sferoidalnego EN-GJS-400-15 lub ze stali nierdzewnej X5CrNi18-10,
- wkładka elastomerowa wymienna, zabezpieczona przed przesuwaniem osiowym: EPDM, NBR lub FKM,
- wał pełny, niekołkowany – połączenie wielokarbowe (DN50-DN600), w części dolnej osadzony w korpusie w otworze ślepych – nieprzelotowym, wykonany ze stali nierdzewnej X20Cr13 PN-EN 10088-1:2007,
- 3 łożyska ślizgowe: PTFE lub brąz,
- przejście wału przez manszetę uszczelnioną poprzez odpowiednio ukształtowaną wykładzinę,
- dodatkowe uszczelnienie wału poprzez pierścienie typu o-ring z EPDM, NBR lub FKM,
- ochrona antykorozyjna – powłoka na bazie żywicy epoksydowej, minimum 250,0 μm wg normy DIN 30677,
- pakiet przepustnic w ramach jednego producenta,
- przepustnice produkcji Jafar nr kat. 4497 lub równoważne.

Wymagane dokumenty:

- atest PZH,
- deklaracja zgodności z PN,
- karta katalogowa,
- ubezpieczenie OC za produkt,
- certyfikat ISO.

Armatura – zasuwy

Należy stosować zasuwy odpowiadające następującej charakterystyce:

- połączenia kołnierzowe i owiercenie PN-EN 1092-2:1999 (DIN 2501), ciśnienie PN 10 lub PN 16,
- długość zabudowy krótka wg PN-EN 558-1:2001, F4 (DIN 3202),
- korpus, pokrywa i klin wykonane z żeliwa szarego EN-GJL-250 lub z żeliwa sferoidalnego GGG40 EN-GJS-400-15,
- prosty przełot zasuwy, bez przewężeń i bez gniazda w miejscu zamknięcia,
- klin zawulkanizowany na całej powierzchni, tj. na zewnątrz i wewnątrz gumą EPDM – atest PZH lub NBR,
- wymienna nakrętka klina wykonana z mosiądzu prasowanego,
- trzpień ze stali nierdzewnej z walcowanym gwintem i scalonym kołnierzykiem trzpienia, stanowiący nierozłączną całość,
- wrzeciono łożyskowane za pomocą nisko tarcowych podkładek tworzywowych,
- uszczelnienie trzpienia o-ringowe (minimum 4 o-ringi), strefa o-ringowa odseparowana od medium,
- możliwa wymiana o-ringowego uszczelnienia trzpienia pod ciśnieniem, bez konieczności demontażu pokrywy,
- uszczelka czyszcząca zabezpieczająca korek górny uszczelnienia trzpienia przed kontaktem z ziemią, korek zabezpieczony przed wykręceniem,
- ochrona antykorozyjna powłoką na bazie żywicy epoksydowej, minimum 250 mikronów wg normy DIN 30677,
- śruby łączące pokrywę z korpusem ocynkowane lub ze stali nierdzewnej, wpuszczone i zabezpieczone masą zalewową,
- pakiet zasuw w ramach jednego producenta,
- zasuwy produkcji Jafar nr kat. 2111 lub równoważne.

4.1. Ujęcie wody surowej

Ujęcie wody zostanie oparte o istniejące, czynne studnie głębinowe oraz zamontowane w nich pompy głębinowe, pracujące naprzemiennie. Zgodnie z przedmiotem zamierzenia budowlanego nie przewiduje się zmian na tym etapie procesu technologicznego.

Woda surowa jest doprowadzona do budynku SUW Kosowo rurociągiem o średnicy DN 150. Projektuje się wymianę rurociągu wspólnego na rurociąg z PVC o średnicy, która pozwoli spełnić następujące warunki:

- prędkość przepływu przy maksymalnej produkcji godzinowej: powyżej prędkości osadzania, tj. $> 0,3$ m/s,
- prędkość maksymalna: ok. 1,2 m/s.

Bazując na powyższym dobrano rurociąg o średnicy PVC 140 x 5,4 (wewn. 129,2), DN 125, PN 10, w którym prędkość przepływu wynosi 0,9 m/s. Po wejściu do budynku nastąpi redukcja średnicy z DN 150 na DN 125.

Wymianie podlegać będzie rurociąg wewnątrz SUW. Do istniejącego kołnierza na rurociągu wody surowej zostanie przykręcony kołnierz specjalny do rur z PVC średnicy DN 150, PN 10.

Na wymienionym rurociągu wody surowej należy zamontować:

- przepustnicę z napędem ręcznym DN 80 (przed przepływomierzem),
- przepływomierz elektromagnetyczny DN 80.

Pomiar przepływu wizualizowany miejscowo.

Dodatkowo pomiar ciśnienia na rurociągu wody surowej (mierzony manometrem tarczowym – z wypełnieniem glicerynowym).

4.2. Napowietrzanie ciśnieniowe

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 aeratora jest równy $t = 30 \div 180$ s. Objętość mieszacza wynosi zatem:

$$V = [42 * (30 \div 180)] / 3600 = 0,4 \div 2,1 \text{ m}^3.$$

Dla wyznaczonej wartości objętości $V = 0,4 \div 2,1 \text{ m}^3$ dobrano urządzenie o następujących parametrach technicznych:

- typ: mieszacz wodno – powietrzny, statyczny,
- ilość: 1 szt.,
- średnica nominalna: DN 800,
- pojemność: $0,9 \text{ m}^3$,
- wysokość całkowita: $H = 2498 \text{ mm}$,
- wysokość od podstawy do przyłgi kołnierza króćca „B”: $h = 350 \text{ mm}$,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 125,
- średnica króćca sprężonego powietrza: G 1”.
- ilość dysz w układzie napowietrzania: 4 szt.,
- masa: 266 kg.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o maksymalny godzinowy przepływ wody surowej $Q = 42,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Prędkość przepływu wody nie powinna przekraczać $1,5 \text{ m/s}$, stąd średnica króćców wynosi:

$$D = [(4 * 42,0) / (\pi * 1,5 * 3600)]^{0,5} = 121,9 \text{ mm}.$$

Dobrano średnice króćców wlotowych i wylotowych o średnicy DN 125.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody surowej i napowietrzanej:

$$v = (4 * 42,0) / (\pi * 0,125^2 * 3600) = 0,9 \text{ m/s}.$$

Sprawdzenie wymaganego czasu kontaktu wody z powietrzem:

$$t = (0,9 * 3600) / 42,0 = 77 \text{ s}.$$

Dobry aerator ciśnieniowy zapewnia wymagany czas kontaktu wody z powietrzem.

Mieszacze wodno – powietrzne służą do napowietrzania wody uzdatnionej w celu ułatwienia wytrącenia związków żelaza. Mieszacze są niezbędnym elementem instalacji uzdatniania wody. Przeznaczone są do współpracy z zespołem filtrów w instalacjach wody zimnej przy maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniu PS = 6 bar oraz maksymalnej temperaturze dopuszczalnej TS = 20 stop. C.

Wszystkie 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 przeciwpądowo 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 o nazwie handlowej „Brantho – korruX” 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 ARC 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.

Na przewodzie wody surowej doprowadzanej do aeratora należy zamontować mieszacz statyczny wspomagający napowietrzanie wody. Parametry techniczne dobrego urządzenia są następujące:

- średnica: DN 125,
- przybliżona długość mieszacza: 770 mm.

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, rozdzielenia 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 aeratora statycznego, z wykorzystaniem przewodów stalowych skręcanych na gwint. Na nitce doprowadzającej powietrze do mieszacza znajduje się rotametr do pomiaru ilości powietrza.

Za mieszaczem statycznym projektuje się spięcie wody surowej i wody napowietrzonej wraz z przepustnicą z napędem ręcznym.

Ilość doprowadzonego sprężonego powietrza zależy od stężenia żelaza dwuwartościowego w oczyszczanej wodzie. Niezbędna ilość powietrza według danych literaturowych (Kowal, Świdorska – Bróż) w stosunku do objętości uzdatnianej wody powinna wynosić 2,0 % dla stężenia żelaza w przedziale $\leq 5,0 \text{ mgFe/L}$, praktycznie natomiast przyjmuje się ok. 10,0 %. Zatem dla maksymalnej wydajności SUW wyniesie:

$$Q_p = 42,0 \cdot 0,1 = 4,2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

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

- typ: śrubowa,
- ilość: 1 szt.,
- nadciśnienie robocze: 10 bar,
- wydajność przy nadciśnieniu roboczym: $0,26 \text{ m}^3/\text{min.} = 15,6 \text{ m}^3/\text{h}$,
- 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 $\frac{3}{4}$ ".

Sprężarka wyposażona zostanie dodatkowo w przyłącze elastyczne, filtr przeciwolejuowy i filtr węglowy oraz w separator kondensatu.

Powietrze będzie doprowadzane przewodami stalowymi, skręcanymi na gwint o średnicy 1". Na przewodzie doprowadzającym powietrze do aeratora zostanie zamontowany reduktor ciśnienia, rotametr oraz zawory kulowe do regulacji strumienia powietrza do aeracji.

Dobrano następujący rotametr:

- ciśnienie pracy: 3 bary,
- wydajność: $0,8 \div 7,0 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
- średnica: DN 10,
- długość: 165 mm,
- ilość: 2 szt.

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

Aerator należy dodatkowo wyposażyć w spust wody do kanalizacji (kanału

odprowadzającego popłuczyny) realizowany przy użyciu przewodu o średnicy min. DN 40 w dolnej części urządzenia.

Aerator wyposażony będzie także w odpowietrzenie ręczne oraz automatyczne (zawory kulowe). Przewody odpowietrzające wykonane z PVC klejonego należy odprowadzić do rurociągu spustowego.

Na rurociągu doprowadzającym wodę surową do aeratora oraz odprowadzającym wodę napowietrzoną należy zamontować przepustnice z napędem ręcznym o średnicy DN 125.

Na układzie należy utrzymywać ciśnienie powietrza min. 1,0 atm. wyższe niż ciśnienie wody. Wstępnie zakłada się, że ciśnienie powietrza będzie wynosiło za reduktorem 3,0 atm.

Ze względu na maksymalną wysokość podnoszenia pompy głębinowej nr 2a należy zamontować na rurociągu wody surowej zawór bezpieczeństwa.

Dobrano zawór bezpieczeństwa opierając się o następujące dane:

- ciśnienie początku otwarcia: $p_{po} = 6$ bar,
- temperatura zrzutowa: $t = 10$ stop. C,
- współczynnik przyrostu ciśnienia: $b_1 = 10$ %,
- współczynnik wypływu: $K_{dr} = 0,5$,
- przeciwcisnienie: $p_b = 1$ bar,
- gęstość czynnika przy parametrach zrzutowych: $\rho = 1000$ kg/m³,
- wydajność: 4,7 m³/h,
- wymagana przepustowość zaworu: 4700 kg/h,
- objętość właściwa cieczy przy parametrach zrzutowych: $v = 0,001$ m³/kg,
- współczynnik korekcyjny lepkości: $K_v = 1$,
- lepkość dynamiczna: $\mu = 0,00089$ Pa*s,
- ciśnienie zrzutowe: $p_o = 7,613$ bar.

Obliczeniowy przekrój kanału dopływowego wynosi:

$$A_0 = 71,8 \text{ mm}^2.$$

Przyjęto zawór bezpieczeństwa pełnoskokowy, sprężynowy, z dzwonem wspomagającym, kątowy, kołnierzowy, z membraną i uszczelnieniem miękkim o przekroju kanału dopływowego $A_d = 201$ mm², średnicy montażowej DN 20, średnicy wylotowej DN 32 i przelocie siedliska $d_o = 16$ mm. Owiercenie zaworu PN 16/10.

Zawór bezpieczeństwa należy zamontować w miejscu wskazanym na rysunkach – na rurociągu wody surowej, doprowadzającym wodę do napowietrzania. Natomiast odprowadzenie wody z zaworu wprowadzić do kanału wód popłucznych i spustowych.

4.3. Filtracja ciśnieniowa

Przy ustalaniu **wysokości złóż filtracyjnych** należy brać pod uwagę wysokość niezbędną do odżelaziania. Optymalna wysokość strefy odżelaziania powinna wystarczyć do usunięcia żelaza z wartości ok. 3,1 mgFe/L.

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. 3,1 mgFe/L,
- prędkości filtracji wynoszą od 2 do 12 m/h przy produkcji wody na poziomie $Q = 42,0 \text{ m}^3/\text{h}$,
- filtr zasypany będzie złożem chalcedonitowym o średnicy efektywnej ziaren równej $d_e = 1,6 \text{ mm}$,
- 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 11. Zależność strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla piasku chalcedonitowego

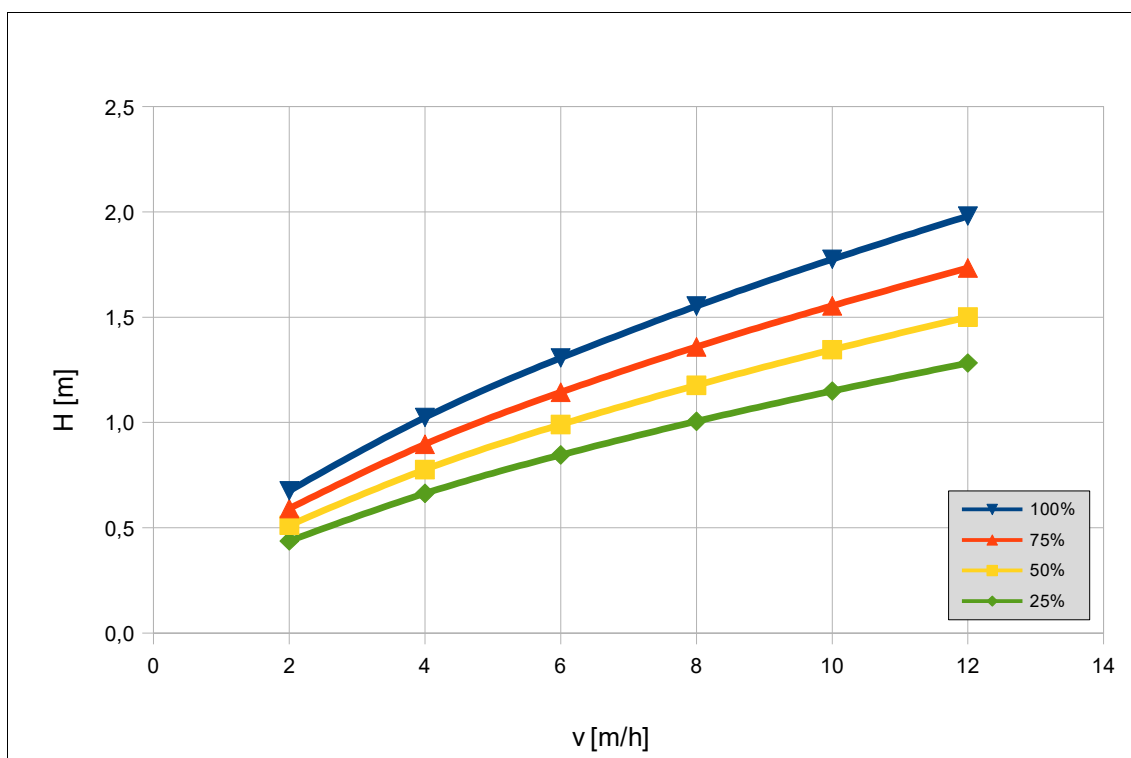


Tabela 4. Zestawienie wysokości złoża do odżelaziania

Prędkość filtracji	Wysokość warstwy odżelaziania	Wysokość warstwy podtrzymującej	Wysokość warstwy odmanganiącej	Wysokość materiału filtracyjnego	Wysokość płaszcza
[m/h]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]
2	0,51	0,20	0,30	1,01	1 500
4	0,78	0,20	0,30	1,28	1 500
6	0,99	0,20	0,30	1,49	1 500
8	1,18	0,20	0,30	1,68	2 000
10	1,35	0,20	0,30	1,85	2 000
12	1,50	0,20	0,30	2,00	2 000

Chalcedonit jest wydobywany w jedynym udokumentowanym nagromadzeniu tej kopaliny w Polsce – złożu „Teofilów” w rejonie Inowłódza. Chalcedonity stanowią surowiec mineralny, którego skład chemiczny i fazowy, a także własności fizyczne stwarzają perspektywę różnorodnego i wielostronnego wykorzystania. Na charakterystykę chalcedonitów wpływają formy budujących je minerałów z grupy SiO_2 , a także typ i rodzaj transformacji fazowych, zachodzących w ich obrębie pod wpływem oddziaływania wysokich temperatur.

Są to skały krzemionkowe powstałe syngenetycznie, wieku kelowejskiego. Charakteryzują się skomplikowaną, porowatą wewnętrzną budową oraz występowaniem w niej pustych przestrzeni po wylugowanych szczątkach organizmów. Jednocześnie struktura ta jest uznawana za czynnik decydujący o wysokiej przydatności złoża w inżynierii budowlanej czy środowiskowej (uzdatnianie wody).

Analiza składu chemicznego wskazuje na znaczną zawartość krzemionki (w granicach 95,0 %) oraz pewne ilości tlenków wapnia, magnezu, glinu, żelaza oraz manganu. Chalcedonity charakteryzuje również dość znaczna powierzchnia właściwa oraz duża objętość makroporów (wyższa niż w przypadku węgla antracytowego). Ponadto, budująca je krzemionka ma charakter reaktywny. Podstawowe parametry fizyko – chemiczne są następujące:

- gęstość właściwa: 2600 kg/m³,
- gęstość nasypowa: 850 ÷ 1000 kg/m³,
- porowatość ziaren: do 30,0 %,
- porowatość złoża: do 60,0 %,
- sferyczność: 0,4 ÷ 0,6,
- ścieralność w bębnie Devala: 6,0 ÷ 15,0 %,
- nasiąkliwość: 4,0 ÷ 10,0 %,
- liczba olejowa: 26/100 g/g mączki,
- wytrzymałość na ściskanie: 60 ÷ 120 MPa,
- podstawowy związek tworzący złożo: SiO_2 (bezpостaciowa),
- procentowa zawartość podstawowego związku: 94,0 ÷ 99,0 %,
- pozostałe składniki:
 - Al_2O_3 : 0,4 ÷ 3,6 %,
 - Fe_2O_3 : 0,1 ÷ 0,8 %,
 - CaO : 0,1 ÷ 1,2 %,
 - MgO : 0,0 ÷ 0,3 %,
 - Na_2O : 0,04 ÷ 0,20 %,
 - K_2O : 0,1 ÷ 0,5 %.

Wysoka porowatość wewnętrzna z technologicznego punktu widzenia pozwala:

- zasiedlać bakterie, wspomagające proces uzdatniania wody:
 - bakterie manganowe: decydujące o skutecznym wpracowaniu złoża do usuwania związków tego pierwiastka,
 - bakterie nitryfikacyjne: pozwalające skutecznie realizować proces usuwania jonu amonowego z wody,
 - bakterie utleniające siarczki do siarczanów: mające swój udział w usuwaniu zredukowanych związków siarki,
 - bakterie utleniające substancje organiczne: poprawiające tym samym stabilność biologiczną wody w sieci,
- wbudowywać w strukturę złoża wytrącone tlenki manganu i tlenki żelaza (katalizujące usuwanie tych związków z wody), dzięki czemu strącony dwutlenek manganu jest podatny na odpłukiwanie tylko do pewnego bezpiecznego stopnia,
- ograniczać odpłukiwanie bakterii uczestniczących w procesie uzdatniania, podczas płukania powietrzem i wodą, jak i zrywanie ich w toku normalnej filtracji.

Jednocześnie materiał cechuje wysoka wytrzymałość mechaniczna, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia zastosowania złoża jako wypełnienia filtrów pospiesznych płukanych wodą oraz powietrzem.

Wysoka przydatność złoża chalcedonitowego w technologii usuwania żelaza oraz manganu z wody wiąże się z:

- niską strefą odżelaziania wody (niższą niż w przypadku złoża antracytowego czy kwarcowego),
- krótkim czasem wpracowania złoża do usuwania manganu czy jonu amonowego (zdecydowanie krótszym niż dla złoża kwarcowego oraz antracytowo – kwarcowego), przede wszystkim dzięki wysokiej porowatości ziaren złoża filtracyjnego,
- korzystnymi własnościami hydraulicznymi, pozwalającymi uzyskać wysoką pojemność masową filtra przy niskich stratach ciśnienia, co wydatnie wpływa na długość cyklu filtracyjnego.

Złoże katalityczne to wysokosprawny naturalny materiał filtracyjny o ziarnistej strukturze. Nadaje się do procesu filtracji wody pitnej o dużej zawartości żelaza i manganu zarówno w pospiesznych filtrach ciśnieniowych, jak i otwartych czy zamkniętych filtrach grawitacyjnych. Ziarna złoża posiadają nieregularny kształt, chropowatą powierzchnię i ostre krawędzie.

Złoże katalityczne działa jako nierozpuszczalny katalizator, przyspieszający reakcję utleniania związków manganu podnosząc jego stopień utlenienia, co ułatwia wydzielenie go z wody w postaci nierozpuszczalnego dwutlenku manganu. Dzięki zwiększonej porowatości złożo posiada większą powierzchnię właściwą, co skutkuje bardzo dobrym usuwaniem struktur koloidalnych powodujących mętność medium i wydłuża filtrocycl przynosząc korzyści ekonomiczne.

Złoże nie zużywa się, a jego regeneracji dokonuje się poprzez przeciwprądowe płukanie wodno – powietrzne usuwając w ten sposób zawiesiny wytrącone na powierzchni ziaren złoża. Podczas właściwie prowadzonego płukania przeciwprądowego złożo katalityczne nie zostaje wymieszane z innym materiałem filtracyjnym z uwagi na różnice granulacji i gęstości.

Parametry złoża katalitycznego:

- wygląd: brunatno – czarny granulat,
- granulacja: $0,8 \div 2,5$ oraz $1,0 \div 3,0$ mm,
- ciężar nasypowy: $2,1 \text{ t/m}^3$,
- zawartość Mn: min. 55,0 %,

- zawartość MnO_2 : min. 82,0 %,
- zawartość Fe_2O_3 : max. 3,2 %,
- zawartość SiO_2 : max. 3,1 %,
- zawartość Al_2O_3 : max. 3,1 %,
- wilgotność: max. 2,0 %,
- zalecane prędkości filtracji: $5,0 \div 15,0$ m/h,
- prędkość płukania wodą: $40,0 \div 60,0$ m/h,
- prędkość płukania powietrzem: 60,0 m/h,
- zakres odczynu pH: $6,5 \div 9,0$.

Dla maksymalnej wydajności SUW Kosowo równej $Q = 42,0$ m³/h oraz prędkości filtracji 6,0 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 42,0/6,0 = 7,0 \text{ m}^2.$$

Przy zastosowaniu jednostek filtracyjnych o średnicy DN 1600 ilość filtrów wyniesie:

$$i_f = 7,0/2,01 = 3,5 \text{ szt.}$$

Rzeczywista powierzchnia filtracji przy zastosowaniu 4 sztuk filtrów wyniesie:

$$A_{f-rz} = 2,01 \cdot 4 = 8,0 \text{ m}^2.$$

Prędkość filtracji dla maksymalnej wydajności SUW, wynoszącej 42,0 m³/h wyniesie:

$$v_{f-rz} = 42,0/8,0 = 5,2 \text{ m/h.}$$

Dla wyznaczonej maksymalnej prędkości filtracji wysokość strefy odżelaziania wyniesie:

$$H_{Fe} = 0,91 \text{ m.}$$

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

Dane techniczne dobranych filtrów ciśnieniowych:

- średnica: 1600 mm,
- ilość: 4 sztuki,
- jednostkowa powierzchnia filtracji: $A_f = 2,01$ m²,
- wykonanie: filtry ciśnieniowe pionowe,
- wysokość części płaszczonej: $H = 2000$ mm,
- całkowita wysokość filtra: 3241 mm,
- włązy rewizyjne:
 - zasypowy, górny: 320/420 mm,
 - boczny: DN 400 – na windzie,
 - dolny: DN 400 – na zawiasach,
- średnica króćców przyłączy: DN 125,
- dno drenażowe: płaskie, grzybkowe – grzybki z długą nóżką, ze szczeliną podłużną, pozwalającą równomiernie rozprowadzić medium płuczące po całym dnie

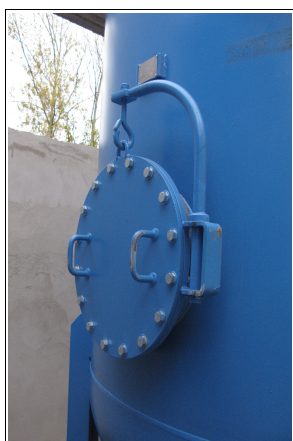
drenażowym; nie dopuszcza się zmian na inny typ konstrukcji dna drenażowego (optymalnie – wzmacniane).

Dodatkowo zaleca się, by filtry wyposażone były we wzniaki umożliwiające kontrolę poziomu złoża filtracyjnego.

Zdjęcie 1. Wzmocnienie dna drenażowego w filtrach ciśnieniowych z płaskim dnem grzybkowym



Zdjęcie 2. Winda i zawiasy umożliwiające łatwą obsługę filtra



Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o wymagania płukania filtrów. Przepływ wody płuczącej dla dobranych jednostek wynosi $12,0 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$, co odpowiada przepływowi wody równemu:

$$Q_p = 12,0 \cdot 2,01 \cdot 3,6 = 86,8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

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

$$D = [(4 \cdot 86,8)/(\pi \cdot 1,5 \cdot 3600)]^{0,5} = 143,1 \text{ mm}.$$

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy DN 125.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody płuczącej:

$$v = (4 \cdot 86,8)/(\pi \cdot 0,125^2 \cdot 3600) = 2,0 \text{ m/s}.$$

W wykonaniu standardowym wszystkie elementy filtra ciśnieniowego (płaszcz, dna wypukłe, włazy, króćce itp.) wykonane są ze stali nierdzewnych – atestowanych. Ciśnienie dopuszczalne PS = 6 bar oraz temperatura dopuszczalna TS = 50 stop. C nie może być przekroczona 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) – na specjalne życzenie klienta.

Należy dostarczyć filtry z zabezpieczeniem farbą chlorokauczkową lub poliwinylową w kolorze niebieskim. Dopuszcza się malowanie na miejscu, przy zachowaniu wszystkich zasad bezpieczeństwa oraz odpowiednich warunków technicznych dla utrzymania odpowiedniej jakości powłok malarskich.

Układ filtracyjny jest płytowy, wykonany w postaci płaskiego dna wewnętrznego, w które wkręcone są sączi (dysze) filtracyjne w układzie trójkątnym. W standardzie stosowane są dysze z tworzywa sztucznego PP ze szczeliną filtracyjną o szerokości $s = 0,2$ mm. Należy zastosować dysze z długą nóżką, umożliwiającą płukanie wodą oraz powietrzem. Filtr wyposażony jest w dodatkowy wąż, umożliwiający rewizję wewnętrzną pod płytą filtracyjną – wąż boczny, który należy wykonać na tzw. windzie (wysięgniku).

Warstwę podtrzymującą należy zasypywać ręcznie! Złoże zasypywać na mokro, zalewając wodą i wyrównując poziom złoża filtracyjnego względem podanych założeń.

Po zasypaniu każdej z warstw filtracyjnych należy je wypłukać oraz zdezynfekować, zgodnie z procedurami obowiązującymi w Zakładzie.

Filtry wypełnione będą następującym złożem filtracyjnym:

- warstwa podtrzymująca I (złoże kwarcowe): o uziarnieniu $4,0 \div 8,0$ mm i wysokości 0,1 m,
- warstwa podtrzymująca II (złoże kwarcowe): o uziarnieniu $2,0 \div 4,0$ mm i wysokości 0,1 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoże katalityczne): o uziarnieniu $1,0 \div 3,0$ mm i wysokości 0,3 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złoże chalcedonitowe): o uziarnieniu $0,8 \div 2,0$ mm i wysokości 1,0 m.

Objętość złoża niezbędna do zasypiania czterech filtrów została zestawiona w poniższej tabeli nr 5.

Tabela 5. Zestawienie ilości złoża wykorzystanego do zasypiania filtrów

Złoże filtracyjne	Uziarnienie	Gęstość właściwa	Objętość złoża na jeden filtr	Objętość złoża na cztery filtry	Przybliżona masa złoża
	[mm]	[t/m ³]	[m ³]	[m ³]	[t]
kwarc	$4,0 \div 8,0$	1,65	0,20	0,80	1,32
kwarc	$2,0 \div 4,0$	1,65	0,20	0,80	1,32
katalityczne	$1,0 \div 3,0$	2,60	0,60	2,41	6,27
chalcedonit	$0,8 \div 2,0$	1,10	2,01	8,04	8,84

Prędkości filtracji wpływać będą bezpośrednio na długość cyklu filtracyjnego i częstotliwość płukania złóż filtracyjnych. Wstępnie długości cyklu filtracyjnego wyznaczono względem ilości wody przefiltrowanej przez filtry. Parametrem bezpośrednio decydującym o długości cyklu filtracyjnego jest pojemność masowa złoża filtracyjnego. W zależności od dobranego złoża filtracyjnego możliwe jest utrzymanie określonej częstotliwości płukania filtrów.

Do wyznaczenia długości cyklu filtracyjnego wykorzystano następujące dane:

- pojemność masowa chalcedonitu: 3000 g/m²,
- maksymalna wydajność dobową SUW Kosowo: $Q_{d \max} = 1,5 \cdot 504 = 756 \text{ m}^3/\text{d}$,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 3,1 mgFe/L.

Długość cyklu filtracyjnego wyniesie zatem:

$$T_c = (PM \cdot A_f) / (Q_{d \max} \cdot c_{Fe} \cdot 1,9) [\text{d}],$$
$$T_c = (3000 \cdot 8,0) / (756 \cdot 3,1 \cdot 1,9) = 5,4 \text{ d}.$$

Wstępnie przyjęto długość cyklu filtrów nie przekraczającą 5 dób przy maksymalnej produkcji SUW na poziomie 42,0 m³/h. Dla średniego rozbioru długość ta jest szacowana na ok. 8 dni. Wartość należy zweryfikować na etapie realizacji projektu oraz po rozruchu SUW.

Wyznaczono objętość wody do procesu płukania, która jest bezpośrednią wytyczną inicjującą lub wspomagającą inicjację ręczną procesu płukania. Objętość ta będzie stanowiła podstawę do decyzji o płukaniu filtrów. Wynosi ona:

$$V = \text{ok. } 4100 \text{ m}^3.$$

Na podstawie powyższej wartości powinien być inicjowany proces płukania filtrów.

Całe orurowanie filtrów należy wykonać z PVC klejonego, zgodnie z rysunkami technicznymi oraz wytycznymi przedstawionymi w pierwszej części opracowania.

Orurowanie filtrów dobrano w oparciu o prędkość przepływu równą 1,0 ÷ 2,0 m/s – w zależności od typu rurociągu, przy zachowaniu warunku prędkości minimalnej wynoszącej 0,3 m/s.

Orurowanie pojedynczego filtra stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną o średnicy PVC 63 x 3,0 (wewn. 57,0 mm), DN 50, PN 10,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy PVC 63 x 3,0 (wewn. 57,0 mm), DN 50, PN 10,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy PVC 140 x 5,4 (wewn. 129,2 mm), DN 125, PN 10,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy DN 65, PN 10,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy PVC 140 x 5,4 (wewn. 129,2 mm), DN 125, PN 10,
- spust pierwszego filtratu o średnicy PVC 63 x 3,6 (wewn. 57,0 mm), DN 50, PN 10,
- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy PVC 32 x 1,6 (wewn. 28,8 mm), DN 25,
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy PVC 50 x 2,4 (wewn. 45,2 mm), DN 40, PN 10.

Poszczególne odcinki orurowania międzyfiltrowego z rurociągów z PVC klejonego wody surowej i uzdatnionej należy stopniować (zmieniać ich średnice) w miejscu wskazanym na rysunkach. Przewiduje się następujące średnice rurociągów pośrednich wody napowietrzonej i uzdatnionej:

- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na cztery filtry i odprowadzenie wody z czterech filtrów o średnicy PVC 140 x 5,4 (wewn. 129,2 mm), DN 125, PN 10,
- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na trzy filtry i odprowadzenie wody z trzech filtrów o średnicy PVC 125 x 4,8 (wewn. 115,4 mm), DN 100, PN 10,
- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na dwa filtry i odprowadzenie wody z dwóch filtrów o średnicy PVC 90 x 4,3 (wewn. 81,4 mm), DN 80, PN 10.

Filtry sterowane będą ręcznie, natomiast armaturę na poszczególnych rurociągach orurowania filtrów stanowić będą:

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną na każdy filtr: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 50,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 50,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 125,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 125,
- rurociąg spustu pierwszego filtratu (połączony z rurociągiem odprowadzającym popłuczyny): przepustnica montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 50,
- rurociąg spustu zerowego: przepustnica montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 40.

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 z PVC klejonego o średnicy DN 25 z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy DN 25. Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do kanału odprowadzającego wody popłuczne.

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

Rurociągi należy posadowić na podporach systemowych, stosując rozstaw zgodny z wytycznymi producenta rurociągów PVC.

Rurociąg wód popłucznych – odprowadzający popłuczyny do głównego kanału wód popłucznych – zgodnie z rysunkami technicznymi.

Na rurociągach wody uzdatnionej projektuje się kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy ½". W przypadku kurków do poboru wody należy zastosować zaworki mosiężne, z długimi wylewkami umożliwiającymi właściwy pobór wody do badań bakteriologicznych (opalenie kurka probierczego).

Wariantowo dopuszcza się również następujący sposób poboru wody do analizy:

- wszystkie miejsca, z których pobierane będą próby do analizy, można wyprowadzić przewodami o średnicy ½" do jednego wspólnego miejsca probierczego,

zlokalizowanego na ścianie filtrowni, na której zostanie w takiej sytuacji zamontowany również zlew,

- wyprowadzenie rurkami o średnicy $\frac{1}{2}$ " zakończonymi kurkami probierczymi o średnicy $\frac{1}{2}$ " do wymienionego zlewu.

W ten sposób należy podłączyć przede wszystkim:

- wodę surową,
- wodę napowietrzoną,
- wodę po każdym filtrze technicznym (przefiltrowaną),
- wodę uzdatnioną, kierowaną do sieci wodociągowej.

Lokalizacja kurków w jednym miejscu, po odpowiednim oznaczeniu każdego przewodu, umożliwia sprawny pobór wody oraz zabezpiecza przed rozlewaniem się wody na posadzkę, która dalej rurociągiem spustowym kierowana jest do osadnika wód popłucznych.

Opomiarowanie filtrów w trakcie pracy oraz sterowanie filtrów

Filtry opomiarowane będą w zakresie:

- przepływu wody uzdatnionej,
- ciśnienia na wodzie surowej i uzdatnionej (wspólny pomiar przed wszystkimi filtrami i po wszystkich filtrach).

Dodatkowe parametry mierzone w trakcie pracy filtrów:

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

Przepływ wody uzdatnionej po każdym filtrze mierzony będzie za pomocą przepływomierza o następujących parametrach technicznych:

- średnica: DN 50,
- zasilanie: 230,0 VAC, 50,0 Hz,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: $0,01 \div 10,0$ m/s,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

Pomiar ciśnienia wody w układzie filtracji

Ze względu na fakt, że projektowany układ filtrów stanowi zestaw pracujący równolegle, pomiar ciśnienia ograniczony zostanie do punktu przed i po filtracji. Do pomiaru ciśnienia wykorzystane zostaną następujące czujniki:

- zakres pomiarowy: $0 \div 4$ atm.,
- wyjście prądowe: $4 \div 20$ mA,
- przyłącze technologiczne: $\frac{1}{2}$ ".

Pomiar ciśnienia przed i po filtracji będzie podstawą do określenia całkowitych strat ciśnienia w układzie filtracji i na tej podstawie do oceny długości cyklu filtracyjnego oraz inicjacji procesu płukania filtrów ciśnieniowych.

Sterowanie pracą filtrów

Odczyt przepływu wody przez poszczególne filtry będzie podstawą wyrównywania rozdziału wody pomiędzy pozostałymi filtrami. Różnice przepływu będą wyrównywane ręcznie

przez operatora Stacji Uzdatniania Wody, który będzie otwierał bądź przymykał przepustnicę sterowaną ręcznie, zamontowaną na rurociągu wody uzdatnionej.

Ręczne sterowanie ma na celu przede wszystkim wyrównywanie skrajnych obciążeń filtrów, wynikających z uwarunkowań konstrukcyjnych, hydraulicznych i czysto technologicznych. Ręczne sterowanie tego procesu pozwala również obserwować zmiany, wyciągać wnioski oraz reagować w ramach zasad technologicznych sterowania pracą filtrów określonych na etapie rozruchu.

Generalnie przy prawidłowo zaprojektowanej technologii uzdatniania wody, zwłaszcza w odniesieniu do orurowania oraz wypełnienia filtrów, nie należy się spodziewać problemów z rozkładem wody na poszczególne filtry. Delikatne różnice będą właśnie korygowane opisanym systemem.

Płukanie filtrów

Płukanie filtrów będzie inicjowane ręcznie.

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): wstępnie przyjęto maksymalny czas pomiędzy płukaniem – 5 dni (minimalny – na podstawie oceny technologicznej pozostałych wskaźników),
- 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.

Filtry będą płukane kolejno – na podstawie opracowanego harmonogramu.

Złoże filtracyjne **płukane** będzie rozdzielnie wodą i powietrzem. Skuteczne płukanie złoża chalcodonitowego uzyskuje się przy **intensywności płukania powietrzem** w granicach 13,0 ÷ 17,0 L/m²*s. Odpowiada to wydajności urządzenia do płukania powietrzem na poziomie:

$$Q_p = (13,0 \div 17,0) * 2,01 * 3,6 = 94,1 \div 123,0 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania dobrano dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- wydajność maksymalna: 129 m³/h,
- ciśnienie powietrza: 1 bar,
- częstotliwość: 50 Hz,
- moc: 7,8 kW,
- poziom dźwięku: 82 dB(A),
- masa: 140 kg,
- średnica przyłącza: G 1½".

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 120 m³/h rzeczywista intensywność płukania powietrzem wynosi:

$$i_{rz} = 120,0 / (2,01 * 3,6) = 16,6 \text{ L/m}^2\text{s}.$$

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

$$D = [(4 * 120,0) / (\pi * 10 * 3600)]^{0,5} = 65,1 \text{ mm} - \text{dobrano DN 65}.$$

Rurociąg do płukania powietrzem należy wykonać ze stali nierdzewnej typu AISI 316/316L, łączonej kołnierzowo lub poprzez spawanie. Będzie on wpięty do każdego filtra indywidualnie i odcięty przepustnicą z napędem ręcznym, montowaną międzykołnierzowo. Dobór rurociągu ze stali nierdzewnej do płukania powietrzem jest podyktowany doświadczeniami z innych wodociągów, na których niekiedy stwierdza się ładowanie elektrostatyczne rurociągów wykonanych z tworzyw sztucznych.

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.

Oprzrządowanie dmuchawy stanowić będą dodatkowo przepustnica odcinająca, międzykołnierzowa, o średnicy DN 65.

Na rurociągu tłocznym dmuchawy płuczącej 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 ÷ 40 m³/h,
- średnica: DN 40,
- ilość: 1 szt.

Montując urządzenie równoważne do pomiaru ilości powietrza kierowanego do procesu płukania należy wziąć pod uwagę ciśnienie pracy. Rotametr musi zostać dobrany precyzyjnie. Dobór rotametru pracującego na inne niż faktycznie występujące ciśnienie będzie skutkował błędami wskazań i tym samym błędami w interpretacji stanu faktycznego.

Przed rotametrem zamontowana będzie przepustnica z napędem ręcznym,

międzykołnierzowa, z dyskiem stalowym (stal nierdzewna) o średnicy DN 40 – do dostawiania rzeczywistego strumienia powietrza.

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 chalcetonitowego wodą uzyskuje się przy **intensywności płukania** w granicach $12,0 \div 15,0 \text{ L/m}^2\text{s}$. Odpowiada to wydajności pompy płuczącej na poziomie:

$$Q_w = (12,0 \div 15,0) * 2,01 * 3,6 = 86,8 \div 108,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

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

Do płukania dobrano pompę o następujących parametrach technicznych:

- wydajność pompy: $90 \text{ m}^3/\text{h}$,
- wydajność nominalna: $103 \text{ m}^3/\text{h}$,
- wysokość podnoszenia pompy: ok. $14,6 \text{ mH}_2\text{O}$ (płukanie ze zbiornika retencyjnego),
- nominalna wysokość podnoszenia: $13,3 \text{ mH}_2\text{O}$,
- ilość: 2 szt.,
- moc pompy: $5,5 \text{ kW}$,
- króciec ssawny: DN 100,
- króciec tłoczny: DN 80.

Pompy będą podłączone na wspólnym rurociągu ssawnym z pompami sieciowymi o średnicy DN 200. UWAGA! Płukanie filtrów należy prowadzić poza szczytowymi rozbiorami wody w sieci.

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczącej nie powinna przekraczać $2,0 \text{ m/s}$. Sprawdzenie prędkości przepływu:

$$v = (4 * 90) / (\pi * 0,125^2 * 3600) = 2,0 \text{ m/s}.$$

Pompa będzie uruchamiana z zastosowaniem softstartu celem maksymalnego ograniczenia do minimum uderzenia hydraulicznego wody w trakcie wstępnej fazy płukania filtrów. Rurociąg tłoczny wody do płukania filtrów DN 125 – wykonany z PVC klejonego.

Dodatkowa armatura pompy płuczącej:

- na rurociągu ssawnym: zasuwa odcinająca o średnicy DN 100,
- na rurociągu tłocznym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 80, zawór zwrotny montowany międzykołnierzowo o średnicy DN 80 – montowane w kolejności od pompy: zawór, 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 125.

Dane techniczne zastosowanych urządzeń pomiarowych

Ciśnieniomierz:

- zakres pomiarowy: 0 ÷ 6 bar,
- wyjście prądowe: 4 ÷ 20 mA,
- przyłącze technologiczne: G ½”.

Manometr tarczowy (kontrolny) dla czujnika automatycznego ciśnienia:

- średnica tarczy: 100 mm,
- przyłącze (mosiądz): G ½”,
- oprawa: stal nierdzewna,
- klasa dokładności: 1,6,
- wypełnienie antywstrząsowe: gliceryna,
- zakres pomiarowy: 0 ÷ 6 bar,
- działka: 0,1 bar.

Parametry mierzone oraz wizualizowane w sterowni w odniesieniu do pompy płuczącej:

- stan pracy pompy: postój, praca „na sztywno”, praca w automacie,
- czas pracy pompy (licznik motogodzin) oraz pobierany prąd podczas pracy pompy,
- przepływ wody,
- pompa płucząca będzie pracowała z miękkim rozruchem.

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: $V = 90 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (10/60) = 15,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość wody równą ok. 40 cm, co daje objętość $V = 0,4 \cdot 2,01 = 0,8 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu pierwszego filtratu: przyjęto na poziomie jednej objętości złoża filtracyjnego, czyli ok. $V = 1,5 \cdot 2,01 = 3,0 \text{ m}^3$.

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

$$V_c = 15,0 + 0,8 + 3,0 = 18,8 \text{ m}^3.$$

Natomiast ilość popłuczyn z płukania czterech filtrów wyniesie ok.:

$$V = 75,3 \text{ m}^3.$$

Sposób zagospodarowania popłuczyn zostanie przedstawiony w dalszej części opracowania.

Uwzględniając wszystkie powyższe aspekty, proces płukania będzie przebiegał zgodnie z poniższym harmonogramem (uwzględniającym wszystkie warunki, jakie muszą być spełnione w zakresie poziomów wody w zbiornikach czy to na popłuczynie, czy też zbiorniku retencyjnym).

Harmonogram powinien być szczegółowo przeanalizowany na etapie rozruchu SUW.

1. Inicjacja ręczna procesu płukania (na podstawie ilości przefiltrowanej wody).
2. Przygotowanie do płukania filtra nr 1.
3. Sprawdzenie poziomu wody w zbiorniku retencyjnym: poziom wody w zbiorniku wody uzdatnionej musi być wyższy niż poziom zabezpieczenia przed suchobiegiem. Jeśli nie będzie wyższy, wówczas informacja do dyspozytorni, że płukanie nie jest możliwe ze względu na zbyt niski poziom wody w zbiorniku retencyjnym. Wówczas wyłączenie procedury płukania i konieczność ponownej inicjacji. Natomiast jeśli warunek ten nie zostanie spełniony przy płukaniu kolejnego filtra, wówczas ponowne sprawdzenie tego warunku – co godzinę, aż do spełnienia. Za każdym razem informacja w dyspozytorni zainicjowaniu płukania lub jego odłożeniu.
4. Sprawdzenie poziomu wody w odстойniku. Jeśli poziom wody będzie równy wartości minimalnej, umożliwienie płukania filtra. Jeśli poziom minimalny nie będzie osiągnięty, odłożenie procedury płukania. Nieosiągnięcie poziomu minimalnego będzie wymagało sprawdzenia układu odprowadzenia popłuczyn bezpośrednio na obiekcie.
5. W sytuacji, gdy warunki nie będą spełnione, Operator powinien kontrolować parametry co ok. 15 min., aż do ich spełnienia i umożliwienie 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 (lub elektrozaworu) na odpowietrzeniu filtra celem spustu ewentualnie nagromadzonych, nie usuniętych w toku normalnej pracy gazów.
10. Otwarcie przepustnicy na rurociągu wód popłucznych filtra nr 1.
11. Otwarcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1 (przepustnica równa przepustnicy spustu I filtratu).
12. Spust wody znad złoża filtracyjnego w czasie dobranym na rozruchu.
13. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1.
14. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtra nr 1 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 przyjęto 2 min.
17. Wyłączenie dmuchawy do płukania filtrów powietrzem.
18. Zamknięcie przepustnicy do płukania 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.
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.
24. Zamknięcie przepustnicy 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 (rurociąg spustu I filtratu).
28. Spust I filtratu do odстойnika przez czas określony na rozruchu z wydajnością dosterowaną przepustnicą ręczną.
29. Zamknięcie przepustnicy odprowadzającej I filtrat.
30. Otwarcie przepustnicy wody uzdatnionej.
31. Tryb filtracji.
32. Od momentu zakończenia płukania filtra wodą (wyłączenia pompy płuczającej) – względnie załączenia pompy płuczającej – będzie liczony czas sedymentacji popłuczyn w odстойniku, po którym popłuczyny będą odprowadzane do odbiornika.
33. Przejście do płukania kolejnego filtra.
34. Algorytm od punktu nr 3.

35. Po wypłukaniu każdego filtra zerowanie zegara czasu pracy od ostatniego płukania oraz zegara objętości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania.

4.4. Odstojnik, gospodarka popłuczynami

Na SUW Kosowo znajduje się odstojnik wód popłucznych o pojemności użytkowej 20 m³.

Całkowita ilość popłuczyn z płukania filtrów ciśnieniowych wyniesie zatem ok. 75 m³. Biorąc jednak pod uwagę wymagania związane z jakością odprowadzanych popłuczyn, a wpływające na czas sedimentacji żelaza, który minimalnie powinien wynosić 24 godziny, pojemność odstojników powinna wystarczyć na objętość płukania co najmniej jednego filtra – tj. ok. 19 m³. Pojemność istniejącego odstojnika jest zatem wystarczająca, nie ma konieczności jego rozbudowy.

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

- ilość: 1 szt.,
- moc silnika: 0,5 kW,
- maksymalna wysokość podnoszenia: 11,0 mH₂O,
- maksymalny przepływ: 225,0 L/min. = 13,5 m³/h,
- zasilanie: 1 faza – napięcie 230 V,
- przyłącze: 1¼",
- wyłączenie pompy: automatyczne (pływak),
- załączenie do pracy ręczne, po wyznaczonym przez Operatora czasie sedimentacji.

Dobrana pompa pozwala na odpompowanie popłuczyn z płukania 1 filtra przez czas ok. 2 godzin. Pompę należy umieścić na podstawie stalowej (stal AISI 316) na wysokości pozwalającej zachować przestrzeń sedimentacyjną w odstojniku. Przewód odprowadzający popłuczyny do odbiornika: PE o średnicy DN 40, z zamontowanym zaworem zwrotnym.

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

Pompa zatapialna będzie załączana ręcznie na podstawie poziomu wody w odstojniku, mierzonego czujnikiem cluwo oraz po określonym czasie sedimentacji. Praca pompy powinna zapewnić odpompowanie objętości wody umożliwiającej wypłukanie kolejnego filtra.

4.5. Dezynfekcja wody

Celem dezynfekcji wody jest zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form organizmów patogennych oraz zapobieżenie ich wtórnemu rozwojowi w sieci wodociągowej.

Szacowane zużycie podchlorynu sodu

Produkt handlowy występuje w dwóch rodzajach A i B, które różnią się zawartością NaOH. Zawartość chloru 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 $0,3 \div 0,5 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$ w postaci wolnego chloru. Przyjmując, że zużycie na utlenienie substancji pozostałych nie będzie większe niż $0,5 \text{ mg/L}$ (z uwagi na charakter jakościowy ujmowanego surowca), dawka chloru dla SUW Kosowo wynosi zatem:

$$D = 42,0 * (0,8 \div 1,0) = 33,6 \div 42,0 \text{ gCl}_2/\text{h}.$$

Ilość zużytego podchlorynu sodu w ciągu godziny wyniesie odpowiednio:

$$V = (33,6 \div 42,0)/145 = 0,23 \div 0,29 \text{ L/h}.$$

Maksymalne dobowe zużycie chloru (ilość litrów) wyniesie w tej sytuacji ok. 7 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: $2,5 \text{ L/h}$,
- ciśnienie maksymalne: $11,0 \text{ bar}$,
- max. częstotliwość skoku: 180 skok/min. ,
- max. wysokość ssania podczas pracy: $6,0 \text{ m}$,
- max. wysokość ssania podczas zalewania z mokrymi zaworami: $1,8 \text{ m}$,
- max. lepkość cieczy przy zastosowaniu zaworów sprężynowych: 500 MPa ,
- max. lepkość cieczy bez zastosowania zaworów sprężynowych: 200 MPa ,
- max. temperatura cieczy: 50 stop. C ,
- min. temperatura cieczy: 0 stop. C ,
- max. temperatura otoczenia: 45 stop. C ,
- min. temperatura otoczenia: 0 stop. C ,
- max. błąd powtarzalności dawki: $\pm 1,0 \%$,
- masa: $2,3 \text{ kg}$,
- średnica membrany: 28 mm ,
- poziom natężenia dźwięku: mniejszy od 70 dB(A) .

Dobrano następujący osprzęt do pomp dozujących:

- elementy: zbiornik, mieszadło elektryczne, urządzenie do ekstrakcji, tłumik pulsacji (strona ssawna i strona tłoczna), zawór przelewowy, zawór ciśnieniowy, naczynie pomiarowe, zawór dozujący,
- dodatkowy osprzęt: zestaw montażowy, przewód elastyczny, zawór stopowy, zawór dozujący do cieczy gorących, zestaw ssący, czujnik poziomu, mieszadło ręczne, przepływomierz.

Zestaw montażowy zawiera następujące elementy:

- zawór stopowy z koszem i obciążnikiem,
- zawór dozujący, zwrotny, sprężynowy,

- 6,0 m przewodu tłocznego z PE,
- 2,0 m przewodu ssawnego z PVC,
- 2,0 m przewodu odpowietrzającego z PVC.

Średnice przewodu (wewn./zewn.):

- ssanie: 4/6 mm,
- tłoczenie: 4/6 mm,
- odpowietrzenie: 4/6 mm.

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

Dobrano zbiornik wodnego roztworu NaOCl o następujących parametrach technicznych:

- wielkość: 200 L,
- ilość: 2 szt.,
- średnica zbiornika: $D = 600$ mm,
- średnica otworu: $d = 160$ mm,
- całkowita wysokość zbiornika: $H1 = 880$ mm,
- wysokość zbiornika: $H2 = 780$ mm,
- masa: 12 kg.

Zbiornik będzie stał na ramach z winiduru przykrytych kratą wema, co zabezpieczy przed przelaniem się podchlorynu.

Osprzęt do zbiornika:

- płyta montażowa,
- konsola do montażu na zbiorniku zaworu ciśnieniowego i zaworu przelewowego,
- mieszadło ręczne o długości wału 1000 mm z PVC,
- odgałęźnik strona tłoczna (z zaworem odcinającym i filtrem, do montażu na gwint w płaszcz zbiornika),
- zawór opróżniający $R \frac{3}{4}$, do montażu na gwint w płaszcz zbiornika,
- zawór wentylacyjny zbiornika,
- lejek do rozpuszczenia proszku.

W pomieszczeniu przewiduje się przechowywanie niewielkich ilości podchlorynu sodu, wymaganych bieżącą eksploatacją SUW Kosowo.

Podchloryn będzie dozowany do rurociągu wody uzdatnionej po zbiorniku wody czystej.

Sterowanie dawką podchlorynu dozowanego do wody odbywać się będzie poprzez sprzężenie pompki dozującej z przepływomierzem podającym ilość m^3 wody surowej tłoczonej na SUW. Na każdy impuls ze sterownika, oznaczający przepływ określonej objętości wody surowej, pompka dozująca będzie wprowadzać określoną objętość dezynfektanta.

Przewody z podchlorynem należy umieścić w korytkach osłonowych (podobnie jak w przypadku instalacji elektrycznej). Na rurociągu tłocznym podchlorynu należy umieścić zaworki przełączeniowe, pozwalające doprowadzić podchloryn zarówno do zbiornika wyrównawczego, jak i rurociągu tłocznego na sieć wodociągową.

W zakresie automatyzacji systemu dozowania dezynfektanta przewiduje się:

- korelację dawki podchlorynu sodu względem ilości podawanej wody surowej lub uzdatnionej, mierzonej przepływomierzem na rurociągu wody surowej

lub uzdatnianej, sterowanie dawką podchlorynu odbywać się będzie na zasadzie przydzielenia odpowiedniej ilości impulsów (skoków pompki dozującej) na stałą objętość wody, zmiana nastawy tej dawki odbywać się będzie ręcznie bezpośrednio na wodociągu,

- sygnalizacja stanu pracy pompki dozującej w zakresie trzech podstawowych położeń (z transmisją tych danych do centralnej sterowni): praca, postój, praca w automacie,
- sygnalizacja minimalnego poziomu podchlorynu sodu w beczce retencyjnej (z przesyłem tej informacji do sterowni).

Przełączanie pomiędzy poszczególnymi wariantami dozowania podchlorynu – ręcznie.

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.

4.6. Zbiornik wody czystej, zestaw sieciowy

Woda uzdatniona po filtrach kierowana będzie istniejącym rurociągiem o średnicy DN 150 do zbiorników wody czystej. Na SUW Kosowo znajdują się 3 zbiorniki retencyjne o pojemności 100 m³ każdy.

Przewiduje się wymianę rurociągu wewnątrz SUW. Do istniejącego kołnierza na rurociągu wody uzdatnionej zostanie przykręcony kołnierz specjalny do rur z PVC średnicy DN 150, PN 10.

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

- wydajność nominalna: 30 m³/h,
- nominalna wysokość podnoszenia: 60 mH₂O,
- wydajność pompy przy wysokości podnoszenia 55 mH₂O: 33 m³/h,
- wydajność pompy przy wysokości podnoszenia 65 mH₂O: 27 m³/h,
- wydajność pompy przy wysokości podnoszenia 70 mH₂O: 22 m³/h,
- liczba pomp: 4 szt.,
- przyłącze rurowe pompy: DN 65,
- nominalna moc silnika: 7,5 kW.

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

Dobór średnicy rurociągu ssawnego oraz tłocznego zestawu sieciowego

Dane do doboru średnicy rurociągów:

- przepływ obliczeniowy: 120 m³/h,

- prędkość przepływu dla rurociągu ssawnego: 0,8 m/s,
- prędkość przepływu dla rurociągu tłocznego: 1,2 m/s.

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

$$D = (4 * 120) / (\pi * 3600 * 0,8)^{0,5} = 230,3 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg o średnicy PVC 225 x 8,6 (wewn. 205,8), DN 200, PN 10.

Średnica rurociągu tłocznego wynosi:

$$D = (4 * 102) / (\pi * 3600 * 1,2)^{0,5} = 188,1 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg o średnicy PVC 200 x 7,7 (wewn. 182,8), DN 200, PN 10.

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

- typ: czujnik ze złączem kołnierzowym,
- średnica: DN 150,
- 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.

UWAGA! Projekt nie przewiduje automatycznej pracy SUW (za wyjątkiem zestawu pompowego). W przypadku adaptacji projektu na automatyczne sterowanie (przede wszystkim w odniesieniu do płukania filtrów) należy bezwzględnie dokonać konsultacji z autorem projektu w zakresie niezbędnych prac oraz ich wpływu na prawidłowość funkcjonowania wymienianych urządzeń.

5. Prace budowlane

Ocena stanu technicznego budynku

Ocena stanu technicznego istniejącego budynku Stacji Wodociągowej – stan techniczny elementów konstrukcyjnych budynku określa się jako dobry. Ściany, stropy, podciągi, nadproża nie wykazują spękań i zarysowań. Znacznemu zużyciu uległo malowanie ścian wewnętrznych hali technologicznej budynku, które uległy znacznemu spękaniu i skruszeniu. W budynku dokonano wymiany stolarki okiennej na PVC, położono nowe płytki na posadzce oraz wykonano nowe tynki zewnętrzne, wymieniono rynny i rury spadowe. Pokrycie dachu nie wykazuje przecieków, a jego stan techniczny jest dobry.

Na podstawie wizji lokalnej przeprowadzonej na budowie stwierdzam, stan techniczny budynku istniejącego jest dobry i nie został przekroczony stan graniczny przydatności do użytkowania poszczególnych elementów konstrukcyjnych, które nie podlegają rozbiórce lub przebudowie.

Oceniam, że projektowana wymiana orurowania oraz urządzeń technologicznych, po zdemontowaniu istniejących, w Stacji Uzdatniania Wody w Kosowie w istniejących pomieszczeniach technologicznych jest możliwa bez ujemnych skutków na istniejącą konstrukcję (206 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunku technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – Dz. U. Nr 75. Poz. 690).

Zakres wykonywanych prac remontowych

Roboty rozbiórkowe

Istniejący fundament pod demontowany zbiornik hydroforowy należy rozebrać.

Roboty betonowe

Istniejące kanały w hali technologicznej, w zakresie zaznaczonym na rysunkach, zabetonować. Wykonać nowy fundament pod projektowany aerator o wymiarach 120 x 120 cm i wysokości 10 cm. Dodatkowo istniejący fundament pod nową pompą płuczącą wydłużyć zgodnie z rysunkami technicznymi.

Kanał technologiczny

Istniejące kanały w hali technologicznej należy przekryć nową kratą pomostową typu wema KNZ/34 x 38 /40 x 3/ o B = 1000 wykonaną ze stali ocynkowanej (cynkowanie ogniowe wg EN ISO 1461 (DIN 50976)) osadzonej w kątowniku 45 x 45.

Okładziny ściennie

W pomieszczeniu hali technologicznej oraz w chlorowni wykonać okładziny ścian z płytek ceramicznych do wysokości 2,0 m.

Kolor i kształt płytek uzgodnić z Inwestorem przed rozpoczęciem robót.

Przed przystąpieniem do prac okładzinowych należy odpowiednio przygotować podłoże. Podłoże pod płytki ceramiczne musi być stabilne, bez luźnych fragmentów tynku i nierówności, oczyszczone z brudu, kurzu. Ewentualne ubytki należy uzupełnić. Trzeba sprawdzić piony ścian. Jeżeli odchylenia płaszczyzn są większe niż 5,0 mm

od planowanych, trzeba je zniwelować specjalną zaprawą wyrównującą na ścianie. Jeśli ściany są pylące albo bardzo chłonne, trzeba je pokryć płynem gruntującym. Po przygotowaniu podłoża należy stosować zaprawę klejową według instrukcji producenta. Należy zwrócić uwagę czy glazura lub terakota z różnych paczek mają dokładnie ten sam odcień.

Spoinowanie można rozpocząć po 1 ÷ 2 dniach od przyklejenia płytek.

Roboty malarskie

Przed przystąpieniem do malowania pomieszczeń wewnątrz budynku należy właściwie przygotować podłoże. Każde podłoże (ściana, sufit) powinno być czyste, wolne od kurzu, brudu, oleju, resztek farb, zapraw i klejów.

W przypadku malowania na starych warstwach farby podłoże nośne nie powinno się kruszyć, rozwarstwiać i pylić. W celu uzyskania właściwej nośności podłoża należy usunąć stare warstwy farb i fragmenty luźnego tynku. Szczególnie ważne jest oczyszczenie podłoża z tłustych plam. Nawet bardzo stare plamy tłustych substancji na powierzchni osłabiają znacznie przyczepność warstw wyrównujących i mogą powodować przebarwienia. Dlatego należy je dokładnie odtłuścić, a miejsca zaplamione zmatować papierem ściernym. Powierzchnie malowane uprzednio farbami klejowymi należy najpierw zwilżyć wodą, a następnie należy usunąć szpachelką.

Stare powłoki farby emulsyjnej wystarczy zmyć ciepłą wodą z dodatkiem detergentu. Stara farba emulsyjna, która jest czysta i nie odpada, może być bezpośrednio malowana. Oczyszczoną ścianę lub sufit należy dokładnie obejrzeć, żeby zlokalizować wszystkie szczeliny, ubytki, pęknięcia. Drobne ubytki można wypełnić gipsem szpachlowym lub białą gładzią szpachlową. Większe ubytki lub szczeliny dodatkowo zamaskować taśmą zbrojoną włóknem szklanym, a następnie zaszpachlować.

Wszelkie reperacje i naprawy należy poprzedzić zagruntowaniem podłoża emulsją gruntującą. Po wyschnięciu gładzi szpachlowej wygładzamy ją papierem ściernym i ponownie gruntujemy w celu ujednolicenia chłonności podłoża i zwiększenia jego przyczepności. Plamy i zacieki likwidujemy specjalną farbą izolującą do plam. Do malowania drugiej warstwy można przystąpić po całkowitym wyschnięciu pierwszej warstwy.

Uwagi końcowe

1. Wszelkie prace powinny być wykonywane pod kierunkiem osoby posiadającej uprawnienia do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie.
2. Wszelkie wbudowane materiały i urządzenia winny posiadać polskie atesty i aprobaty techniczne. Odstępstwo od rozwiązań projektowych należy uzgodnić z Inspektorem nadzoru inwestorskiego i Projektantem (uzyskać odpowiednie wpisy w Dzienniku Budowy).
3. Podane w powyższym opracowaniu rozwiązania wskazujące konkretny produkt lub system są jedynie rozwiązaniami przykładowymi, wskazującymi konieczne do osiągnięcia parametry techniczne zastosowanego systemu. Dopuszcza się zastosowanie innych równoważnych rozwiązań z zastosowaniem produktów dowolnego producenta pod warunkiem osiągnięcia parametrów technicznych lepszych bądź też co najmniej równych jak parametry proponowanego systemu. Przed wbudowaniem (zastosowaniem) konkretnego systemu bądź też produktu należy uzyskać akceptację Inspektora nadzoru inwestorskiego potwierdzoną wpisem do Dziennika Budowy.
4. Na podstawie rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 27 sierpnia 2002 r. 151 poz. 1256 podczas realizacji budowy Kierownik jest zobowiązany do opracowania

tw. „planu BIOZ”.

- 5.** Wykonawca zobowiązany jest wbudować materiały zgodne z Ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 roku o wyrobach budowlanych Dz. U.04.92.881.
- 6.** Przyszły wykonawca jest zobowiązany prowadzić poszczególne roboty budowlane ściśle według instrukcji wydanych przez producentów poszczególnych systemów.

6. Zestawienie rysunków

Nr rysunku	Tytuł rysunku
T.01	Schemat technologiczny
T.02	Budynek SUW – rzut hali technologicznej
T.03	Budynek SUW – rzut pompowni
T.04	Budynek SUW – przekrój A – A
T.05	Budynek SUW – przekrój B – B
T.06	Budynek SUW – przekrój C – C
T.07	Budynek SUW – przekrój D – D
T.08	Budynek SUW – przekroje E – E i F – F
T.09	Węzeł sprężonego powietrza – schemat