

## 1. Przedmiot i podstawa opracowania

Przedmiotem opracowania jest modernizacja technologii uzdatniania wody dla miejscowości Dominowo. Istniejący układ technologiczny oparty jest o przestarzałe urządzenia, wymagające napraw i modernizacji, sterowane ręcznie. W zamierzeniu projektowym SUW ma być Stacją pracującą w układzie automatycznym, na nowych urządzeniach opartych o najnowsze rozwiązania technologiczne.

Podstawę opracowania stanowią:

- umowa zawarta pomiędzy Zakładem Usług Komunalnych z Dominowa a firmą Nentech S. C. Karol Szambelańczyk, Łukasz Weber z Wrześni na opracowanie modernizacji SUW Dominowo,
- 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,
- operat wodno – prawny na pobór wód podziemnych z terenu ujęcia wody w miejscowości Dominowo oraz odprowadzenie wód popłucznych do ziemi – rowu melioracji szczegółowej opracowanego przez firmę Salmopem Przemysław Dąbrowski z grudnia 2010 r.,
- operat wodno – prawny na pobór wód podziemnych, eksploatację urządzeń do poboru wody, odprowadzenie wód popłucznych wraz z wnioskiem o ustanowienie strefy ochronnej ujęcia wody w miejscowości Dominowo, gmina Dominowo, powiat Środa Wlkp., województwo wielkopolskie z kwietnia 2000 r.,
- pozwolenie wodno – prawne na szczególne korzystanie z wód z 28 lutego 2011 r.,
- aneks do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych – mioceńskich (1976 r.) dotyczący strefy ochronnej grupowego ujęcia wody z listopada 1999 r.,
- badania jakości wody surowej,
- wizja lokalna.

Opracowanie wykonano zgodnie z nowoczesną wiedzą w dziedzinie technologii uzdatniania wody oraz w oparciu o doświadczenia wodociągów, eksploatujących podobne układy uzdatniania wody.

## 2. Ujęcie wody

### 2.1. Charakterystyka ujęcia

Ujęcie wody podziemnej zlokalizowane jest w północnej części miejscowości Dominowo, przy drodze z Dominowa do Chłapowa. Zaopatruje ono w wodę miejscowości: Dominowo, Orzeszkowo, Szrapki, Michałowo i Marianowo.

Ujęcie składa się z dwóch studni głębinowych, pracujących naprzemiennie i ujmujących wody z piętra neogeńskiego – mioceńskiego. Studnia nr 1 o głębokości 144 m p. p. t. została wykonana w 1965 roku, natomiast studnia nr 2 o głębokości 142 m p. p. t. w 1976 roku. Obie przez Przedsiębiorstwo Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę „Wodrol” z Poznania. Zgodnie z pozwoleniem wodno – prawnym z 28 lutego 2011 roku pobór wód podziemnych ze studni o zasobach eksploatacyjnych w ilości  $Q = 42 \text{ m}^3/\text{h}$  przy depresji  $s = 23,5 \text{ m}$  wynosi:

$$\begin{aligned}Q_{h \text{ śr}} &= 26,0 \text{ m}^3/\text{h}, \\Q_{h \text{ max}} &= 36,0 \text{ m}^3/\text{h}, \\Q_{d \text{ śr}} &= 624,0 \text{ m}^3/\text{d}, \\Q_r &= 227.760,0 \text{ m}^3/\text{r}.\end{aligned}$$

Studnia nr 1 posiada obudowę wykonaną z kręgów betonowych o średnicy wewnętrznej 1,5 m. Głębokość obudowy wynosi 1,95 m. Dno obudowy jest wybetonowane. Wewnątrz obudowy znajduje się rurociąg tłoczny wyniesiony nad dno obudowy na wysokość 0,4 m. Na przewodzie tłocznym zamontowany jest zawór zwrotny oraz zasuwa kołnierzowa. Studnia zamknięta jest głowicą wyposażoną w otwór do pomiaru zalegania zwierciadła wody podziemnej. W obudowie nie ma wodomierza oraz kranu do poboru wody. Przykrycie obudowy stanowi pokrywa żelbetowa o średnicy 1,78 m i grubości 0,1 m. W pokrywie znajduje się właz o średnicy 0,57 m przykryty metalową pokrywą. W pokrywie zamontowany jest kominek wentylacyjny o wysokości 1,1 m i średnicy 0,15 m. Obudowa jest wyniesiona 0,14 m nad powierzchnię terenu.

Studnia nr 2 posiada obudowę wykonaną z bloczków betonowych. Jest to obudowa kwadratowa o wymiarach wewnętrznych 1,5 x 1,5 m. Głębokość obudowy wynosi 1,86 m. Dno obudowy jest wybetonowane. Wewnątrz obudowy znajduje się rurociąg tłoczny o średnicy 100 mm, wyniesiony nad dno obudowy 0,3 m. Na przewodzie tłocznym zamontowany jest zawór zwrotny oraz zasuwa. W głowicy studni znajduje się otwór do pomiaru zwierciadła wody. Pokrycie obudowy stanowi pokrywa żelbetowa o wymiarach 2,0 x 2,0 m i grubości 0,07 m. W pokrywie znajduje się właz o wymiarach 0,59 x 0,61 m, zabezpieczony metalową kłapą, wyniesiony nad pokrywą żelbetową 0,14 m. W obudowie nie ma wodomierza ani kranu do poboru wody ze studni. Obudowa jest wyniesiona 0,11 m nad powierzchnię usypanej grobli. Szerokość korony grobli usypanej wokół obudowy wynosi 6,0 x 7,0 m, a nachylenie skarp 1 : 1. Wymiary podstawy grobli wynoszą odpowiednio 9,0 x 10,0 m. Wysokość usypanej grobli nad poziom otaczającego terenu wynosi 1 m.

Charakterystykę studni przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Charakterystyka studni nr 1 i 2

Parametr	Jednostka	Studnia 1	Studnia 2
Rzędna terenu	m n. p. m.	99,882	99,89
Głębokość studni	m	144	145,5
<b>Zarurowanie</b>			
Średnica	mm	299	508
Głębokość	m p. p. t.	114	6
<b>Zafiltrowanie</b>			
Typ filtra	-	Siatkowy (siatka nyl. Nr 14)	Siatkowy (siatka nyl. Nr 14)
Głębokość zafiltrowania	m p. p. t.	119,8 ÷ 140,7	119 ÷ 140
Długość części roboczej	m	18,5	21
Średnica	mm	99	102
<b>Rura nadfiltrowa</b>			
Średnica	mm	99	102
Przelot	m p. p. t.	101,3 ÷ 119,8	107 ÷ 119
Długość	m	18,5	12
<b>Rura międzyfiltrowa</b>			
Średnica	mm	99	-
Przelot	m p. p. t.	125,90 ÷ 127,15 133,3 ÷ 134,5	-
Długość	m	1,2 + 1,2	-
<b>Rura podfiltrowa</b>			
Średnica	mm	99	102
Przelot	m p. p. t.	140,7 ÷ 144,0	140 ÷ 143
Długość	m	3,3	3
Obsypka	mm	0,3 ÷ 0,8	0,3 ÷ 0,8
<b>Wyniki próbnego pompowania</b>			
Wydajność	m <sup>3</sup> /h	30	42
Depresja	m	18	23,5
Wydajność eksploatacyjna	m <sup>3</sup> /h	35,4	42
Depresja przy Q <sub>e</sub>	m	18,6	23,5
Wydatek jednostkowy	m <sup>3</sup> /h/m	1,87	1,78

Zawartość podstawowych wskaźników jakości wody surowej przedstawiono w poniższej tabeli nr 2.

Tabela 2. Jakość wody surowej na SUW Dominowo

Wskaźnik	Jednostka	Norma	Studnia 1		Studnia 2	
			1965 r.	1976 r.	1976 r.	1999 r.
Barwa	mgPt/L	15	18	15	15	
Mętność	NTU	1	10	25	8	
Odczyn pH	-	6,5 ÷ 9,5	7,8	7,4	7,3	
Zapach	-	Akcept.	z1R	z1R	z1G <sub>(H2S)</sub>	
Twardość og.	mval/L	1,2 ÷ 10	5,7	5,2	5,6	
Twardość niewęglanowa	mval/L		0	0	0	
Chlorki	mgCl <sup>-</sup> /L	250,0	6,0	12,0	10,3	
Jon amonowy	mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L	0,50	0,80	1,00	0,74	
Azotyny	mgNO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	0,500	0,001	0,000	0,002	
Azotany	mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	50,00	ślady	0,10	0,01	
Żelazo ogólne	mgFe/L	0,20	1,10	1,50	1,65	
Mangan	mgMn/L	0,05	0,04	0,05	0,08	
Zasadowość	mval/L	-	6,8	7,6	7,3	
Zasadowość alkaliczna	mval/L	-	1,1	1,5	1,7	
Utlenialność	mgO <sub>2</sub> /L	5,0	5,6	4,3	4,4	
Sucha pozostałość	mg/L	-	408	481	418	
Pozostałość po prażeniu	mg/L	-	282	379	345	
Siarczany	mgSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	250,0	19,0	14,0	13,6	
Miano coli			10,0	-	-	
NPL wsk. gr. coli			-	9	-	

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

- usunięcia średnich ilości żelaza,
- usunięcia nieznacznych ilości manganu,
- usunięcia nieznacznych ilości jonu amonowego.

Należy również zwrócić uwagę, że podwyższona mętność jest spowodowana ponadnormatywną zawartością żelaza w wodzie surowej. Usuwając z wody żelazo, obniżona zostanie również jej mętność. Ujmowany surowiec charakteryzuje się ilością manganu na poziomie niskim, co utrudnia naturalne wpracowanie filtrów do usuwania tego wskaźnika i dlatego konieczne jest zastosowanie złoża katalitycznego.

Wysoka zasadowość wody wymusza konieczność jej natleniania w układzie ciśnieniowym, stąd też do zwiększania zawartości tlenu wykorzystany zostanie mieszacz wodno – powietrzny.

Obecna w wodzie zasadowość alkaliczna jest czynnikiem, który przy niewłaściwym doborze oraz eksploatacji systemu napowietrzania może generować problemy

związane z wytrącaniem węglanów z wody bezpośrednio u odbiorców.

Stąd też zalecany jest niezbyt intensywny sposób napowietrzania, by uniknąć zasygnalizowanych i obserwowanych na niektórych wodociągach problemów.

Przekroczona zawartość jonu amonowego wymusza konieczność zaszczepienia (naturalnego) złoża filtracyjnego do usuwania tego wskaźnika z wody w warunkach odpowiedniego jej natlenienia.

Nowy układ uzdatniający wodę dla miejscowości Dominowo będzie się składał zatem z procesów napowietrzania, odżelaziania i odmanganiania wraz z nityfikacją. Szczegółowa analiza układu jest przedmiotem niniejszej modernizacji technologii SUW.

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

### 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 (wanny, 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 (wodą 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 złoża filtracyjne), zanim zostanie usunięte.

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

Można to uzyskać albo poprzez zastosowania mniejszej granulacji materiału filtracyjnego, albo też poprzez zastosowanie innego niż kwarcowe złoża (np. chalcedonitowego, którego wysokość strefy odżelaziania jest niższa niż w przypadku piasku kwarcowego). Inną metodą jest szybkie utlenienie żelaza przed filtracją i jego cedzenie na złożu filtracyjnym (umożliwia to 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 pH);
- utlenianie metodą katalityczną (z wykorzystaniem katalitycznych własności 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 złoża filtracyjne, wykorzystują do swoich procesów życiowych mangan zawarty w wodzie. Pod wpływem procesów biochemicznych mangan zostaje utleniony do dwutlenku manganu, który odkłada się na złożu filtracyjnym. Następnie wytrącony (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 złoża filtracyjne, wówczas zatrzymuje się na powierzchni aktywnego dwutlenku manganu kosztem manganu zawartego w wodzie surowej. Występuje wówczas rozładowanie powłoki katalitycznej, która jest trudna w regeneracji.

Warunki, jakie należy zapewnić w przypadku wykorzystania tej metody, to:

- natlenienie wody (tlen jest potrzebny w drugiej fazie procesu utleniania

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

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

### Jon amonowy

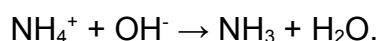
Obowiązujące przepisy mówią, że zawartość amoniaku w wodzie podawanej do sieci **nie powinna być większa niż 0,5 mgNH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L**. W wodzie podziemnej jon amonowy może być pochodzenia naturalnego oraz antropogenicznego (ścieki). Często, jeśli w wodzie, w której się go wcześniej nie stwierdzało, zostaje wykryty, oznacza to bezpośrednio, że wody podziemne w jakiś sposób zostały zanieczyszczone ściekami. Dotyczy to zwłaszcza rejonów upraw rolnych, składowisk odpadów, intensywnej hodowli zwierzęcej (pastwiskowej). Odnotowuje się również przypadki, że ktoś wprowadzał ścieki bezpośrednio do warstwy wodonośnej przez źle zabezpieczone stare studnie lub otwarte piezometry. Sytuacje takie są bardzo niebezpieczne, gdyż zazwyczaj w parze z podwyższonym stężeniem amoniaku zwiększeniu ulegają inne wskaźniki (w tym również bakterie).

Można wyróżnić trzy podstawowe metody usuwania azotu amonowego:

- odgazowanie,
- biologiczna nitryfikacja,
- wymiana jonowa.

Spośród wymienionych sposobów najczęściej stosowana jest metoda druga. Nitryfikacja zachodzi często przy okazji innych procesów uzdatniania wody podziemnej, np.: usuwania manganu czy żelaza. Aby proces nitryfikacji przebiegał z wystarczającą efektywnością, konieczne jest przestrzeganie ścisłych zasad technologicznych.

Na formę występowania azotu amonowego w wodzie podziemnej bezpośredni wpływ ma odczyn wody, zgodnie z równaniem równowagi:



Im odczyn wody jest wyższy, tym więcej azotu amonowego występuje w formie gazowej jako NH<sub>3</sub>. Przy wartościach pH typowych dla wód naturalnych, azot amonowy występuje prawie wyłącznie jako jon NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Występowanie azotu



amonowego w formie  $\text{NH}_3$  (przy wysokim odczynie wód) pozwala usunąć ten związek przy użyciu napowietrzania otwartego. Metoda ta pozwala na usunięcie całego azotu amonowego, występującego w formie gazowej, przy zachowaniu:

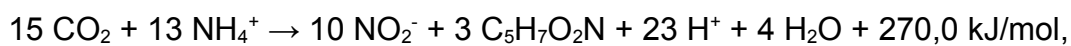
- maksymalnego rozdeszczenia napowietrzanej wody, pozwalającego zwiększyć powierzchnię międzyfazową wymiany gazów,
- efektywnego odprowadzenia wydzielonych w czasie napowietrzania gazów.

Urządzeniami nadającymi się do tego celu są m. in. kaskady napowietrzające i złoża ociekowe. Metodą napowietrzania nie da się jednak usunąć z wody amoniaku w postaci  $\text{NH}_4^+$ , dominującego w wodach podziemnych o odczynie zbliżonym do obojętnego. Podwyższanie pH podnosi efektywność usuwania azotu amonowego w procesie napowietrzania, jednak jest to metoda kosztowna i wymagająca dawkowania do wody reagentów chemicznych.

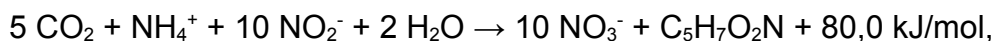
W klasycznych układach uzdatniania wody podziemnej usuwanie azotu amonowego w ilościach nie przekraczających  $1,0 \text{ mgNH}_4^+/\text{L}$  może odbywać się przy zachowaniu pewnych zasad technologicznych przy okazji procesów odżelaziania i odmanganiania wody w procesie filtracji przez złoża filtracyjne. Poniżej zostaną przedstawione warunki efektywnego usuwania azotu amonowego z wody na drodze nitrifikacji.

Biologiczne utlenianie jonu amonowego odbywa się w toku dwuetapowej nitrifikacji.

I etap – bakterie *Nitrosomonas*:



II etap bakterie *Nitrobacter*:



$\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$  – uproszczony wzór chemiczny komórki bakteryjnej.

Efektywny przebieg procesu biochemicznego utleniania amoniaku wymaga długich czasów kontaktu. Szybkość wzrostu bakterii nitrifikacyjnych zależy od stężenia tlenu i amoniaku jako podstawowych substratów procesu, a także w mniejszym stopniu od zawartości ortofosforanów i zasadowości wody.

Podstawowymi czynnikami, wpływającymi na efektywność procesów biochemicznego utleniania azotu amonowego z wód podziemnych, są (Biłozor, Nawrocki, „Uzdatnianie wody. Procesy chemiczne i biologiczne”):

- Stężenie tlenu rozpuszczonego. Stechiometrycznie ilość tlenu potrzebna do utlenienia jonu amonowego do jonu azotynowego (I etap nitrifikacji) jest równa  $3,43 \text{ mgO}_2/\text{mgN}$ , a dla drugiego etapu (utlenienie jonu azotynowego do azotanowego) wynosi  $1,14 \text{ mgO}_2/\text{mgN}$ . W sumie na oba etapy nitrifikacji potrzeba  $4,57 \text{ mgO}_2/\text{mgN}$ . Praktyka pokazuje, że rzeczywiste zużycie tlenu na procesy nitrifikacji zazwyczaj jest niższe. Istnieje minimalna wartość stężenia tlenu w wodzie, poniżej której znacznie obniża się prędkość nitrifikacji. Dla pierwszej fazy (bakterie *Nitrosomonas*) wartość ta wynosi  $2,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$ , dla drugiej (bakterie *Nitrobacter*)  $4,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$ . Proces nitrifikacji ustaje, gdy

- stężenie  $O_2$  obniży się poniżej  $0,08 \text{ mgO}_2/\text{L}$  (w praktyce poniżej  $0,20 \text{ mgO}_2/\text{L}$ ).
- Temperatura. Ze względu na fakt, iż bakterie nityfikacyjne są organizmami mezofilnymi, optymalna temperatura dla ich rozwoju wynosi  $28 \div 36 \text{ }^\circ\text{C}$ . Proces przebiega bez większych zakłóceń i wystarczająco efektywnie przy temperaturze  $8 \div 12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Literatura podaje, że minimalną temperaturą dla nityfikacji jest  $2 \div 4 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - Odczyn wody. Odczynem optymalnym dla przebiegu nityfikacji jest 7,6 (według niektórych źródeł 7,2). Przy odczynie niższym od 6,6 wydajność nityfikacji spada o ponad połowę. W wyniku biochemicznego utleniania azotu amonowego następuje spadek wartości zasadowości wody, co ma znaczenie zwłaszcza w przypadku wód o bardzo niskiej zasadowości. Obniżenie zasadowości wynosi  $7,0 \text{ mgCaCO}_3/1,0 \text{ mgNH}_4^+$ . W wodach o słabych zdolnościach buforujących możemy mieć do czynienia z lokalnymi spadkami pH, które spowalniają przebieg procesu nityfikacji. Nityfikacja ustaje, gdy wartość zasadowości spada poniżej  $25 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ . Praktyka pokazuje, że przy zasadowości  $< 50 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$  zauważa się wyraźne spowolnienie procesu.
  - Substraty i produkty reakcji. Bakterie *Nitrosomonas* (pierwsza faza nityfikacji) są wrażliwe na nadmierne stężenie jonów  $\text{NO}_2^-$  (nagromadzenie produktów własnego metabolizmu), natomiast *Nitrobacter* na nadmierne stężenie jonu amonowego –  $\text{NH}_4^+$ . Dotyczy to stężeń znacznie przekraczających wartości, występujące w wodach naturalnych.

Należy zwrócić uwagę, że metoda biologicznego utleniania jonów amonowych nie powoduje usunięcia z wody związków azotu, a powoduje jedynie zmianę formy ich występowania. Biorąc zatem pod uwagę fakt, iż obowiązujące rozporządzenie ogranicza stężenie w wodzie zarówno związków azotu amonowego, jak i azotu azotanowego, przy wysokim stężeniu  $\text{N} - \text{NH}_4^+$  i przy wysokiej sprawności nityfikacji może dojść do przekroczenia wartości azotanów w uzdatnionej wodzie.

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

Zgodnie z podziałem Polski na jednostki fizycznogeograficzne (J. Kondracki 2000 r.), rozpatrywany obszar położony jest w obrębie Podprowincji Pojezierza Południowobałtyckiego, w makroregionie Pojezierze Wielkopolskie, mezoregionie Równina Wrzesińska. Według podziału geomorfologicznego Niziny Wielkopolskiej B. Krygowskiego (1961 r.) ujęcie dla SUW Dominowo znajduje się na Wysoczyźnie Gnieźnieńskiej, w jej subregionie zwanym Równina Średzka.

Przeważającą część gminy Dominowo zajmuje równina dennomorenowa, rozcięta rynną glacialną rzeki Maskawy. Pod względem morfologicznym teren jest względnie płaski. Deniwelacje poziomu terenu są niewielkie, rzędu kilku metrów.

Główną osią hydrograficzną omawianego terenu jest rzeka Maskawa wraz z dopływami (Wielka – Wielki Rów), należąca do zlewni rzeki Warty. Poza rzeką Maskawą przepływającą ok. 1,6 km na zachód od ujęcia w Dominowie, omawiany

teren charakteryzuje się rozbudowaną siecią kanałów i rowów melioracyjnych.

Neogen reprezentują utwory pliocenu i miocenu, których miąższość wynosi  $55 \div 85$  m. Tworzą je osady ilaste i piaszczyste, przewarstwione pokładami węgla brunatnego. Na omawianym obszarze spąg utworów neogeńskich został osiągnięty na głębokości 155 m p. p. t., poniżej zalegają utwory górnej jury – margle piaszczyste. Na skałach jurajskich zalegają bezpośrednio utwory miocenu dolnego i środkowego, lokalnie występują piaszczyste utwory oligocenu. W spągu utworów mioceńskich występują piaski pylaste, drobno i średnioziarniste z wkładami iłów o nieustalonej miąższości (w wyniku wierceń w Dominowie nie osiągnięto ich spągu). Miąższość serii klastycznej na ujęciu wynosi ok.  $20 \div 45$  m. powyżej występują  $1 \div 2$  warstwy kilkumetrowe węgla brunatnych, rozdzielone serią piasków drobnoziarnistych o miąższości  $4 \div 25$  m. Na węglach zalega warstwa iłów o miąższości  $19 \div 64$  m, na ujęciu w Dominowie  $15,5 \div 28,0$  m.

na opisywanym terenie w neogenie można wyróżnić trzy warstwy wodonośne: mioceńską górną, środkową i dolną. Na terenie miejscowości Dominowo występuje przede wszystkim warstwa mioceńska środkowa, natomiast warstwa mioceńska środkowa nie jest ujmowana ze względu na niewielką miąższość i rozprzestrzenienie. Wody te genetycznie związane są z neogeńską niecką wielkopolską. Występowanie wód w utworach neogeńskich związane jest z seriami drobnoziarnistych piasków miocenu.

Warstwa mioceńska środkowa jest ujmowana otworami hydrogeologicznymi w miejscowości Dominowo w przelocie: studnia nr 1 –  $119 \div 144$  m p. p. t., studnia nr 2 –  $118 \div 140$  m p. p. t. Warstwę wodonośną budują piaski drobnoziarniste. Współczynnik filtracji tej warstwy wynosi  $k = 0,0000263 \div 0,0000285$  m/s. Wydajność warstwy wyniosła  $42 \text{ m}^3/\text{h}$  przy depresji 23,5 m.

Na terenie gminy poziom mioceński ma charakter ciśnieniowy o wodach subartezyjskich. Poziom ten jest izolowany przez znacznej miąższości kompleks glin zwałowych zmiennej miąższości oraz pokład iłów pstrych.

Przepływ w obrębie wodonośnych warstw miocenu odbywa się w kierunku południowo – zachodnim (miasta Środa Wlkp.). Na omawianym terenie subartezyjskie zwierciadło wody poziomu mioceńskiego (w latach 1985  $\div$  1987) układało się między rzędnymi  $73 \div 74$  m n. p. m.

Zasilanie neogeńskiego piętra wodonośnego zachodzi głównie na drodze infiltracji z poziomu plejstoceńskiego, jest ono bardzo nikle, rzędu  $16 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}^2$ . Główne zasilanie neogeńskiego zbiornika wód podziemnych odbywa się w rejonie kontaktu z Wielkopolską Doliną Kopalną (WDK) bądź lokalnie przez okna hydrogeologiczne.

Utwory czwartorzędowe reprezentują osady glacialne plejstocenu zdominowane przez gliny zwałowe. Lokalnie spotyka się osady fluwioglacialne jako piaski różnej granulacji. Wierceniami w rejonie Dominowa rozpoznano pełny profil utworów czwartorzędowych. Na terenie ujęcia w Dominowie profil czwartorzędu rozpoczyna warstwa glin zwałowych o miąższości  $81,5 \div 85,2$  m, na których lokalnie zalegają fluwioglacialne piaski drobnoziarniste o miąższości do 8,5 m. W spągu kompleksu glin zwałowych nawiercono serię piaszczystą o miąższości 18 m (spąg nieprzewiercony) zbudowaną z piasków średnio – drobnoziarnistych. Łączna miąższość utworów czwartorzędu na omawianym obszarze wynosi  $40 \div 107$  m,

średnio 90 m. Holocen reprezentują gleby o miąższości 0,2 ÷ 0,5 m.

Na ujęciu w czwartorzędzie w otworze nr 1 wystąpiła warstwa gruntowa, związana z piaszczystymi osadami fluwioglacjalnymi. W otworze nr 2 warstwa gruntowa nie wystąpiła.

### 3. Charakterystyka stanu istniejącego

Obecnie układ uzdatniania wody dla miejscowości Dominowo składa się z następujących elementów technologicznych:

- ujęcie wody podziemnej,
- ciśnieniowe napowietrzanie wody,
- filtracja ciśnieniowa,
- zbiorniki hydroforowe.

#### Pompy głębinowe

W studni nr 1 zabudowana jest pompa głębinowa typu G–80/YI B z silnikiem elektrycznym SGMa 20/16 o mocy  $N_s = 16$  kW. Charakterystyka pompy została przedstawiona w poniższej tabeli.

Tabela 3. Charakterystyka pompy głębinowej nr 1

<b>Q [L/min.]</b>	250	400	500	600	700	800
<b>Q [m<sup>3</sup>/h]</b>	15	24	30	36	42	48
<b>H [mH<sub>2</sub>O]</b>	102	99	92	83	72	60

W studni głębinowej nr 2 zabudowana jest pompa głębinowa typu G–80/YI B z silnikiem elektrycznym typu SGM18 Karkonoskich Zakładów Maszyn Elektrycznych „Karelma” o mocy 15 kW.

Należy podkreślić, iż dobrane pompy mają wysokie podnoszenie z uwagi na fakt, iż obecny układ pracuje w systemie hydroforowym – bezpośrednio tłoczenie do sieci wodociągowej. Modernizacja systemu związana z zastosowaniem układu pompowania dwustopniowego będzie wymuszała zmniejszenie tychże urządzeń, co zostanie przedstawione w dalszej części opracowania.

#### Napowietrzanie ciśnieniowe

Woda ujęta ze studni głębinowych tłoczona jest do dwóch mieszaczy wodno – powietrznych (przyfiltrów) o średnicy  $\varnothing 600$  produkcji Prowodrol Sulechów, gdzie jest napowietrzana w czasie 60 sekund powietrzem w ilości 10 % objętości przepływającej wody (zgodnie z operatem wodno – prawnym).

Dopływ powietrza do aeratorów jest możliwy, ponieważ uruchomienie pompy głębinowej powoduje uchylenie przepustu w zaworze elektromagnetycznym.

Na SUW Dominowo wykorzystywany jest agregat sprężarkowy Mannesmann o następujących parametrach technicznych:

- typ: Start – 007,
- wydajność: 0,66 m<sup>3</sup>/min.,
- ciśnienie: 1 bar,
- rok produkcji: 1995 r.,
- masa: 150 kg,
- obroty: 3000 min.<sup>-1</sup>,
- moc: 5,5 kW.

Sprężarka wytwarza sprężone powietrze wykorzystywane do:

- napowietrzania wody surowej,
- płukania złoża żwirowego,
- uzupełnienia poduszki powietrznej w zbiornikach hydroforowych według potrzeb.

### **Filtracja ciśnieniowa**

Woda napowietrzona w mieszaczach kierowana jest do dwóch odżelaziaczy o średnicy  $\varnothing$  1500 Przedsiębiorstwa Remontu i Produkcji Urządzeń Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę Sulechów, gdzie jest filtrowana przez filtr żwirowy o powierzchni 1,74 m<sup>2</sup> każdy, o wysokości złoża 1,2 m z prędkością 10 m/h.

Płukanie filtrów przewiduje się z chwilą, gdy nastąpi stwierdzenie różnic ciśnień, mierzonych jako różnica odczytów na manometrach zamontowanych na filtrach większych niż 0,3 MPa. Każdy z filtrów płukany jest co 3 dni. Płukanie drugiego filtra odbywa się po dwóch dobach od płukania pierwszego filtra. Płukanie filtrów przeprowadza się równocześnie sprężonym powietrzem z intensywnością 15 L/s/m<sup>2</sup> i wodą uzdatnioną z intensywnością 8 L/s/m<sup>2</sup>. Powietrze do płukania filtrów zapewnia sprężarka. Czas płukania wynosi 6 minut. Po zakończeniu procesu płukania prowadzona jest stabilizacja złoża z prędkością 3 m/h przez 10 minut.

Wody popłuczne z płukania filtrów kierowane są do kanału technologicznego w Stacji Wodociągowej. Wody popłuczne z kanału technologicznego odprowadzane są kanałem betonowym szerokości 0,25 m i wysokości 0,30 m. Z kanału technologicznego popłuczyny trafiają do odstoju.

Odstojnik wykonany jest z cegły w kształcie prostokąta o wymiarach 2 x 4 m i wysokości czynnej 1 m. Jest to odstojnik typu 3 P. Przykrycie odstoju stanowi płyta betonowa o wymiarach 2,8 x 5,7 m. Głębokość odstoju od powierzchni terenu do dna rurociągu odpływowego wynosi 1,23 m.

Wody popłuczne po 24 – godzinnym klarowaniu spuszczone są z odstoju za pomocą zasuw burzowej do rurociągu betonowego o średnicy 0,15 i 0,25 m o długości 185 m do rowu melioracji szczegółowej RD – 1, który jest dopływem Maskawy.

## Dezynfekcja wody

Po procesie odżelaziania woda poddawana jest dezynfekcji 1 – procentowym roztworem podchlorynu sodu, przy użyciu pompy Grundfos typu DMS – 2. Po przejściu procesu dezynfekcji woda tłoczona jest do sieci wodociągowej zewnętrznej.

## Tłoczenie wody do sieci wodociągowej

Dla utrzymania właściwego ciśnienia w sieci wodociągowej zastosowano dwa zbiorniki hydroforowe Przedsiębiorstwa Remontu i Produkcji Urządzeń Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę Sulechów o średnicy  $\varnothing$  1500 i pojemności  $V = 4500$  L każdy.

## Wyniki uzdatniania

Efektywność uzdatniania wody w omawianym układzie technologicznym jest różna. Okresowe przekroczenia dotyczą przede wszystkim żelaza oraz powiązanej z tym wskaźnikiem mętności oraz barw, a także w sporadycznych przypadkach manganu i jonu amonowego.

Wyniki badań kontrolnych zestawiono w tabeli nr 4.

Z uwagi na zły stan techniczny poszczególnych urządzeń oraz zastosowane, przestarzałe rozwiązania techniczno – technologiczne, konieczna jest modernizacja układu uzdatniania wody, co będzie przedmiotem dalszej części opracowania.

Tabela 4. Jakość wody uzdatnionej na SUW Dominowo

Wskaźnik	Jednostka	Norma	1999 r.		
			4.03.	21.04.	17.05.
Barwa	mgPt/L	15	8	20	8
Mętność	NTU	1	3	5	5
Odczyn pH	-	6,5 ÷ 9,5	7,3	7,3	7,5
Zapach	-	Akcept.	z1R	z1R	z1R
Twardość og.	mval/L	1,2 ÷ 10	8,2	6,6	5,8
Chlorki	mgCl <sup>-</sup> /L	250	10	15	18
Jon amonowy	mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L	0,50	0,70	0,50	0,28
Azotyny	mgNO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	0,500	0,009	0,006	0,005
Azotany	mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	50,00	0,16	0,00	0,28
Żelazo ogólne	mgFe/L	0,20	0,18	0,49	0,12
Mangan	mgMn/L	0,05	0,07	0,02	0,02
Utlenialność	mgO <sub>2</sub> /L	5,0	5,3	4,4	5,5

## 4. Modernizacja SUW Dominowo

Modernizację technologii uzdatniania wody na SUW Dominowo osadzono w podstawach naukowo – technicznych, uwzględniając doświadczenia praktyczne stosowania jej na podobnych obiektach wodociągowych. Układ uzdatniania wody będzie się opierał o napowietrzanie ciśnieniowe, odżelazianie i odmanganianie wody w toku jednostopniowej filtracji ciśnieniowej i dezynfekcję. Przewiduje się montaż zbiorników retencyjnych oraz pompownie sieciową.

### 4.1. Ujęcie wody surowej

Ujęcie wody zostanie oparte o istniejące dwie studnie głębinowe, pracujące naprzemiennie z wydajnością  $Q_{h\max} = 36,0 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Ze względu na fakt, iż istniejące pompy tłoczyły wodę bezpośrednio na zbiorniki hydroforowe, ich wysokość podnoszenia jest zbyt duża dla założeń modernizacyjnych. Stąd też dobrano nowe pompy głębinowe o wydajności jak powyżej, jednak niższej wysokości podnoszenia.

Na wysokość podnoszenia nowych pomp głębinowych składać się będzie:

- $H_g$  – geometryczna różnica poziomów wody pomiędzy zwierciadłem statycznym wody warstwy wodonośnej a zwierciadłem wody w zbiorniku retencyjnym
- $s$  – depresja dla pracującej pompy głębinowej,
- $H_s$  – opory hydrauliczne tłoczenia wody przez rurociągi oraz urządzenia technologiczne.

Z uwagi na porównywalną wysokość zwierciadeł statycznych (studnia nr 1: 26,2 m p. p. t. i studnia nr 2: 23,5 m p. p. t.) oraz porównywalną depresję (studnia nr 1: 18,6 m i studnia nr 2: 23,5 m) dobrano jednakowe jednostki do obu studzien głębinowych. Wysokość podnoszenia wyniesie zatem:

$$H = 26,2 \text{ m} + 23,5 \text{ m} + 10 \text{ m} + 10 \text{ m} = \text{ok. } 70 \text{ m.}$$

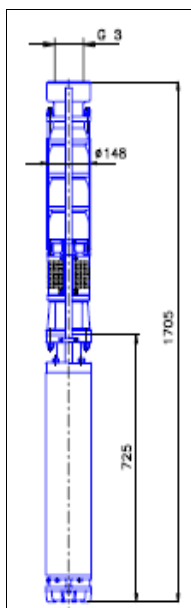
Dobrano następujące agregaty pompowe:

- producent: Hydrovacuum (lub równoważny),
- $Q_{\text{nom}} = 36 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- $H_{\text{nom}} = 73 \text{ mH}_2\text{O}$ ,
- typ agregatu (dla HV): GBC 4.06,
- moc silnika: 13 kW,
- średnica króćca przyłączeniowego: 3",
- wysokość agregatu pompowego: 1705 mm.

Widok ogólny pompy głębinowej przedstawiono na schemacie 1.



Schemat 1. Pompa głębinowa na SUW Dominowo



Pompę należy zamontować na odpowiedniej głębokości, zapobiegającej odsłonięciu agregatu w trakcie pracy.

Po zainstalowaniu pompy dostosować wydajność agregatu do wydajności określonej w niniejszej dokumentacji – tj. 36 m<sup>3</sup>/h poprzez dławienie zasuwą, znajdującą się w obudowie studni.

Projektuje się nowe obudowy studzien głębinowych oraz wymianę armatury wewnątrz obudowy.

Wymianie będą podlegały:

- rurociągi wznosne (wysokość rurociągów ok. 90 m – 15 odcinków długości 6 m, o średnicy DN 80, wykonane ze stali nierdzewnej 1.4301, łączone kołnierzowo,
- głowica studzienna na średnicę DN 80,
- zasuwę DN 80,
- zawór zwrotny DN 80,
- dyfuzor DN 80/DN 100,
- manometr wewnątrz studni (tarczowy, zakres do 1,5 MPa).

Przewiduje się wymianę istniejącego orurowania doprowadzającego wodę ze studzien do Stacji Uzdatniania Wody.

Średnica rurociągów doprowadzających wodę na SUW (dla prędkości przepływu ok. 1,5 m/s) wyniesie:

$$D = [(4 * 36)/(\pi * 3600 * 1,5)]^{0,5} = 92 \text{ mm} - \text{dobrano rurociąg DN 100.}$$

Materiał: PE, zgrzewane, PN 10, o średnicy 110 x 10 mm.

Rurociągi prowadzić zgodnie z planem zamieszczonym w części rysunkowej opracowania, poniżej granicy przemarzania, na min. 20 cm podsypce żwirowej, zgodnie ze sztuką posadowienia podobnych instalacji.

Woda surowa doprowadzona będzie do budynku Stacji Uzdatniania Wody dwoma osobnymi ciągami, gdzie dalej jednym rurociągiem kierowana będzie do procesu aeracji.

Na każdym z ciągów należy zainstalować przepływomierz do pomiaru wody kierowanej z poszczególnej studni o następujących parametrach technicznych:

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- typ: Proline Promag 10L,
- średnica: DN 65,
- zasilanie: 230 VAC, 50 Hz,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: 0,01 ÷ 10,0 m/s,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

## 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  $t = 60 \div 120$  s. Objętość mieszacza wynosi zatem:

$$V = [36 * (60 \div 120)]/3600 = 0,6 \div 1,2 \text{ m}^3.$$

Dla wyznaczonej wartości objętości  $V = 0,6 \div 1,2 \text{ m}^3$  dobrano urządzenie o następujących parametrach technicznych:

- producent: Prodwodrol Sulechów (lub równoważny),
- typ: mieszacz wodno – powietrzny, statyczny, ASK,
- ilość: 1 szt.,
- średnica nominalna: DN 800,
- pojemność: 0,9 m<sup>3</sup>,
- wysokość całkowita: H = 2490 mm,
- wysokość płaszczka: h = 1500 mm,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 100,
- średnica króćca sprężonego powietrza: 1",
- masa: 300 kg.

Dobór króćców przeprowadzono w oparciu o przepływ maksymalny wody surowej  $Q_{h \max} = 36,0 \text{ m}^3/\text{h}$ . Prędkość przepływu wody nie powinna przekraczać  $1,5 \text{ m/s}$  – dobrano  $1,0 \text{ m/s}$ , stąd średnica króćców wynosi:

$$D = [(4 * 36)/(\pi * 1,0 * 3600)]^{0,5} = 112,8 \text{ mm.}$$

Dobrano średnice króćców wlotowych i wylotowych o średnicy DN 100.

Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody surowej i napowietrzanej:

$$v = (4 * 36)/(\pi * 0,1^2 * 3600) = 1,3 \text{ m/s.}$$

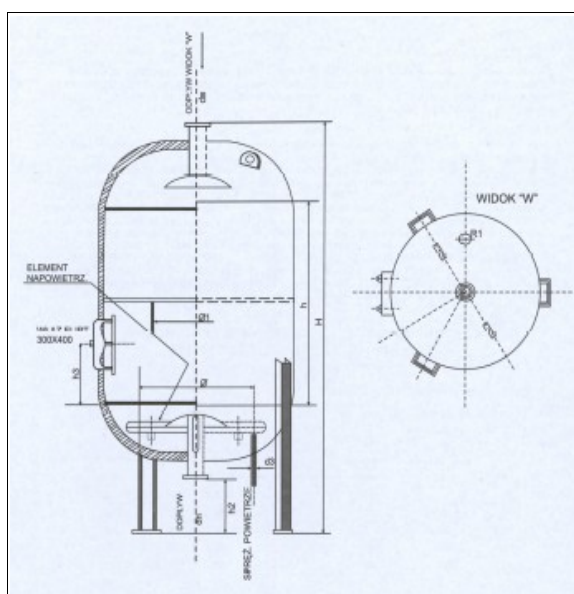
Sprawdzenie wymaganego czasu kontaktu wody z powietrzem:

$$t = (0,9 * 3600)/36 = 90 \text{ s.}$$

Dobry aerator ciśnieniowy zapewnia wymagany czas kontaktu wody z powietrzem.

Widok ogólny aeratora ciśnieniowego przedstawia schemat nr 2.

Schemat 2. Mieszacz wodno – powietrzny, statyczny



Mieszacze wodno – powietrzne służą do napowietrzania wody w celu utlenienia rozpuszczonych w niej jonów  $\text{Fe (II)}$  do  $\text{Fe (III)}$  oraz  $\text{Mn (II)}$  do  $\text{Mn (IV)}$ . Wytrącone związki żelaza i manganu można następnie oddzielić od wody w procesie filtracji. Mieszacze przeznaczone są do centralnego napowietrzania w układzie z baterią

odżelaziaczy, posiadających zawory odpowietrzające.

W celu uzyskania wysokiego stopnia wymieszania wody z powietrzem, a tym samym pozytywnych wyników w dalszej fazie uzdatniania, zbiorniki wewnątrz wyposażone są w system przegród i tarcz odbojowych. W dnie dolnym znajduje się element napowietrzający z odpowiednią ilością dysz wylotowych, których rozmieszczenie zapewnia napowietrzenie przepływającej wody w całej płaszczyźnie przekroju zbiornika. Celem umożliwienia rewizji zbiornika oraz ułatwienia dostępu do elementu napowietrzającego, w części cylindrycznej znajduje się właz eliptyczny o wymiarach 300/400 mm. Detale przeznaczone do budowy zbiornika wykonane są ze stali konstrukcyjnej o określonej wytrzymałości i sprawdzonej spawalności. Mieszacze wodno – powietrzne przewidziane są do pracy przy ciśnieniu 6 bar. Konstrukcyjnie mieszacze przystosowane są do współpracy z odżelaziaczami. Mogą być instalowane w układach indywidualnych jak i z zespołem odżelaziaczy. Powierzchnie zewnętrzne pokryte są farbą przeciwrzewną oraz nawierzchniową (wg życzenia Klienta). Zbiorniki wykonane są zgodnie z Dyrektywą 97/23/WE.

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

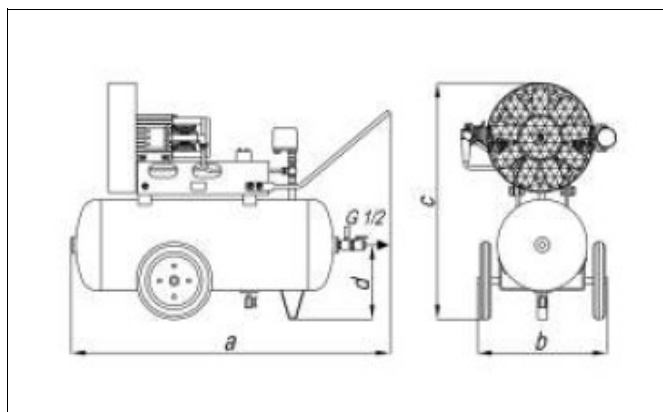
$$Q_p = 36 * 0,1 = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}.$$

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

- producent: Airpol (lub równoważny),
- typ: tłokowa, bezolejowa, AB6/1 – 380 – 120,
- ilość: 1 szt.,
- nadciśnienie tłoczenia: 1 MPa,
- wydajność: 6 m<sup>3</sup>/h,
- masa: 106 kg,
- pojemność zbiornika: 120 L,
- przyłącze sprężonego powietrza: G ½",
- temperatura otoczenia: 5 ÷ 40 °C,
- temperatura sprężonego powietrza: ok. 30 powyżej temperatury otoczenia,
- poziom dźwięku L: 80 dB(A),
- prędkość obrotowa sprężarki: 1420 obr./min.,
- moc silnika elektrycznego: 1,5 kW,
- prędkość obrotowa silnika: 1500 obr./min.,
- napięcie zasilania: 400 V.

Widok ogólny sprężarki przedstawiono na schemacie nr 3.

Schemat 3. Sprężarka tłokowa, bezolejowa



Sprężarka będzie wykorzystana również do zasilania napędów pneumatycznych, sterujących pracą filtrów.

Powietrze będzie doprowadzane przewodami stalowymi, skręcanymi na gwint o średnicy 1/2". Na przewodzie doprowadzającym powietrze do aeratora zostanie zamontowany reduktor ciśnienia, rotametr oraz zawory kulowe do regulacji strumienia powietrza do aeracji.

Dobrano następujący rotametr:

- producent: Meister Stromungstechnik (lub równoważny),
- typ: KM 16 – 06,
- ciśnienie pracy: 3 bar,
- wydajność: 0,3 ÷ 4,4 Nm<sup>3</sup>/h,
- średnica: DN 10,
- długość: 165 mm,
- ilość: 1 szt.

Na rurociągu, doprowadzającym powietrze do aeratora, zostanie zamontowany elektrozawór, otwierający się podczas pracy pomp głębinowych.

Aerator wyposażony będzie w odpowietrzenie ręczne. Nie przewiduje się montażu odpowietrzników kulowych (automatycznych). Odpowietrzenie ręczne powinno zostać podłączone bezpośrednio do przewodu kanalizacyjnego, względnie przewodu odprowadzającego wody spustowe z aeratora (popłuczyny). Aerator należy dodatkowo wyposażyć w spust wody do kanalizacji (kanału odprowadzającego popłuczyny) realizowany przy użyciu przewodu o średnicy min. DN 50 w dolnej części urządzenia.

Na rurociągu, doprowadzającym wodę surową do aeratora oraz odprowadzającym wodę napowietrzoną, należy zamontować przepustnice z napędem ręcznym o średnicy DN 100.

### 4.3. Filtracja

W wodzie surowej maksymalne stężenie żelaza wynosi ok. 1,65 mgFe/L, natomiast maksymalne stężenie manganu wynosi ok. 0,08 mgMn/L. Obecnie są one usuwane podczas filtracji, składającej się z dwóch filtrów ciśnieniowych.

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. 1,65 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:

- maksymalne stężenie żelaza wynosi ok. 1,65 mgFe/L,
- prędkości filtracji wynoszą od 2 do 12 m/h przy  $Q_{h \max} = 36,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- filtr zasypyany będzie złożem chalcedonitowym o średnicy efektywnej ziaren równej  $d_e = 1 \text{ mm}$ ,
- stopień utlenienia żelaza: dla wstępnej analizy założono 100 %, 75 %, 50 % i 25 %, do dalszych interpretacji przyjęto 50 %.

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

Wykres 1. Zależność strefy odżelaziania od prędkości filtracji dla piasku chalcedonitowego

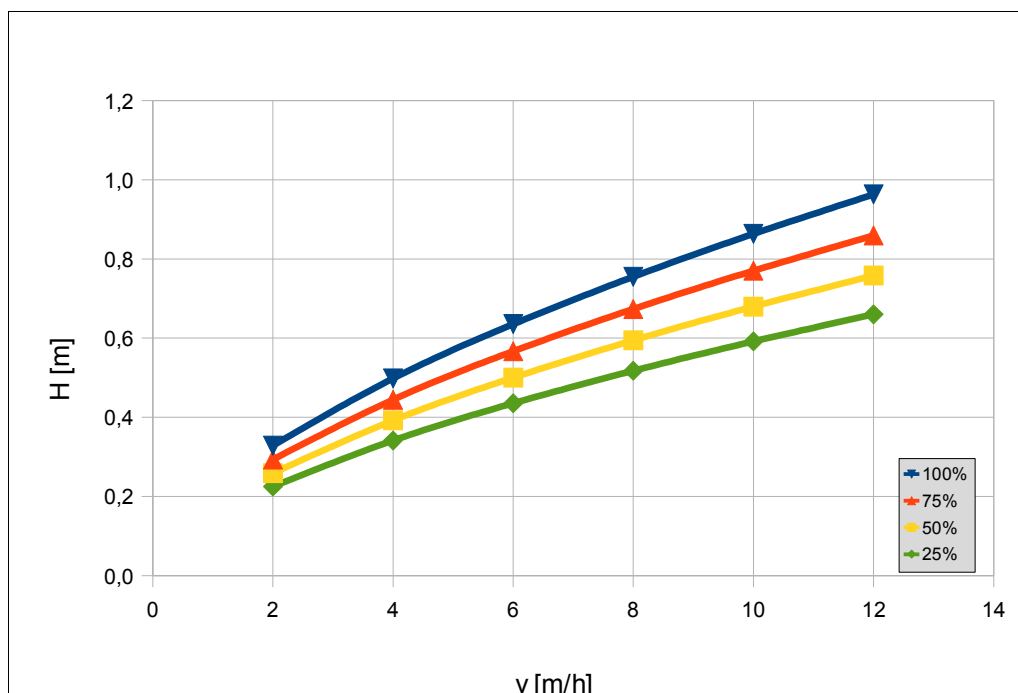


Tabela 5. Zestawienie wysokości złoża do odzeleniania

Prędkość filtracji	Wysokość warstwy odzeleniania		Wysokość warstwy podtrzymującej	Wysokość materiału filtracyjnego		Wysokość płaszczka	
	kwarc	chalcedonit		kwarc	chalcedonit	kwarc	chalcedonit
[m/h]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
4	0,49	0,37	0,2	0,69	0,57	1500	1500
6	0,63	0,47	0,2	0,83	0,67	1500	1500
8	0,74	0,56	0,2	0,94	0,76	1500	1500
10	0,85	0,64	0,2	1,05	0,84	1500	1500
12	0,95	0,71	0,2	1,15	0,91	1500	1500

**Chalcedonit** jest wydobywany w jedynym udokumentowanym nagromadzeniu tej kopaliny w Polsce – złożo „Teofilów” w rejonie Inowłódza. Chalcedonity stanowią surowiec mineralny, którego skład chemiczny i fazowy, a także własności fizyczne stwarzają perspektywy różnorodnego i wielostronnego wykorzystania. Na charakterystykę chalcedonitów wpływają formy budujących je minerałów z grupy SiO<sub>2</sub>, 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/m<sup>3</sup>,
- gęstość nasypowa: 850 ÷ 1000 kg/m<sup>3</sup>,
- porowatość ziaren: do 30 %,
- porowatość złoża: do 60 %,
- sferyczność: 0,4 ÷ 0,6,
- ścieralność w bębnie Devala: 6 ÷ 15 %,
- nasiąkliwość: 4 ÷ 10 %,
- liczba olejowa: 26/100 g/g mączki,
- wytrzymałość na ścislenie: 60 ÷ 120 MPa,
- podstawowy związek tworzący złożo: SiO<sub>2</sub> (bezpostaciowa),
- procentowa zawartość podstawowego związku: 94 ÷ 99 %,
- pozostałe składniki:

- $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 0,4 ÷ 3,6 %,
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 0,1 ÷ 0,8 %,
- $\text{CaO}$ : 0,1 ÷ 1,2 %,
- $\text{MgO}$ : 0,0 ÷ 0,3 %,
- $\text{Na}_2\text{O}$ : 0,04 ÷ 0,20 %,
- $\text{K}_2\text{O}$ : 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 Multiman 3M** 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.

Multiman 3M 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, złoża posiada większą powierzchnię właściwą, co skutkuje bardzo dobrym usuwaniem struktur koloidalnych, powodujących mętność medium i wydłuża filtrocykl, 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 złoża Multiman 3M nie zostaje wymieszane z innym materiałem filtracyjnym z uwagi na różnice granulacji i gęstości.

Przy filtracji dwustopniowej Multiman 3M może być stosowany na drugim stopniu filtracji jako jedyna, wystarczająca warstwa filtracyjna – odmanganiająca.

Parametry złoża Multiman 3M:

- producent/dystrybutor: Dynamik Filtr,
- 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 %,
- zawartość  $\text{MnO}_2$ : min. 82 %,
- zawartość  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : max. 3,2 %,
- zawartość  $\text{SiO}_2$ : max. 3,1 %,
- zawartość  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : max. 3,1 %,
- wilgotność: max. 2 %,
- zalecane prędkości filtracji:  $5 \div 15$  m/h,
- prędkość płukania wodą:  $40 \div 60$  m/h,
- prędkość płukania powietrzem: 60 m/h,
- zakres odczynu pH:  $6,5 \div 9,0$ .

Dla maksymalnej wydajności SUW Dominowo równej  $Q_{h \text{ max}} = 36 \text{ m}^3/\text{h}$  oraz prędkości filtracji 6 m/h powierzchnia filtracji wyniesie:

$$A_f = 36/6 = 6,0 \text{ m}^2.$$

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

$$i_f = 6,0/2,54 = 2,4 \text{ szt.}$$

Rzeczywista powierzchnia filtracji przy zastosowaniu 2 sztuk filtrów wyniesie:

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

Prędkość filtracji dla maksymalnej wydajności SUW, wynoszącej  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  wyniesie:

$$v_{f-rz} = 36,0/5,08 = 7,1 \text{ m/h.}$$

Dla wyznaczonej maksymalnej prędkości filtracji wysokość strefy odżelaziania wyniesie:

$$H_{Fe} = 0,52 \text{ m.}$$

Skorygowana (o wartość wysokości warstwy podtrzymującej oraz wysokość warstwy odmanganiącej, wynoszącej 0,50 m) wysokość złoża wyniesie zatem  $0,52 + 0,50 + 0,20 = 1,22$  m. Natomiast po uwzględnieniu ekspansji złoża podczas procesu płukania wysokość płaszcza filtra wyniesie 1,5 m.

Dane techniczne dobranych filtrów ciśnieniowych:

- producent: Kotłorembud (lub równoważny),
- średnica: 1800 mm,
- ilość: 2 sztuki,
- jednostkowa powierzchnia filtracji:  $A_f = 2,54 \text{ m}^2$ ,
- wykonanie: filtry ciśnieniowe pionowe, typ FCP7, wykonanie D,
- wysokość części płaszczowej:  $H = 1500 \text{ mm}$ ,
- całkowita wysokość filtra: 3105 mm,
- włazy rewizyjne:
  - zasypowy, górny: 320/420 mm,
  - boczny: DN 400 – na windzie,
  - dolny: DN 400 – na zawiasach,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 150,
- 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).

Widok ogólny filtra przedstawiono na poniższym schemacie nr 4.

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

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

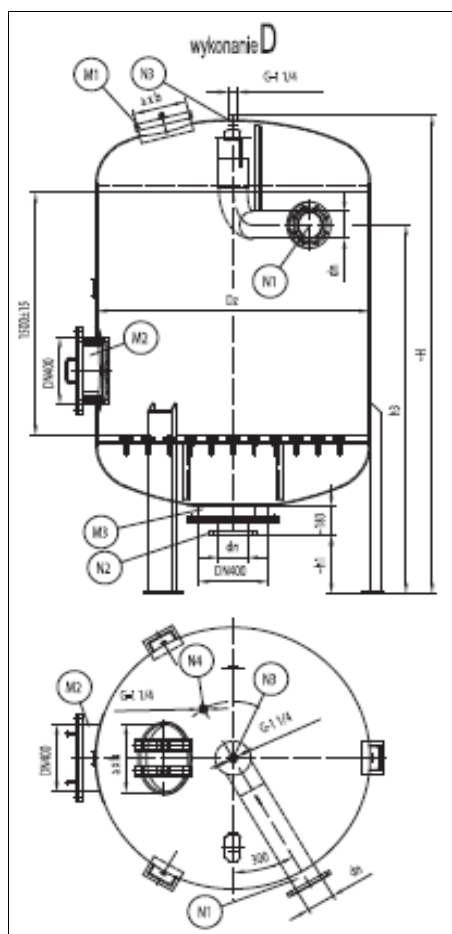
$$Q_p = 12,0 * 2,54 * 3,6 = 109,7 \text{ m}^3/\text{h.}$$

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

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

Dobrano króćce wlotowe i wylotowe z filtra o średnicy DN 150 mm.

Schemat 4. Filtr ciśnieniowy, pionowy



Sprawdzenie prędkości przepływu w rurociągu wody płuczącej:

$$v = (4 * 109,7) / (\pi * 0,15^2 * 3600) = 1,7 \text{ m/s.}$$

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 °C nie może być przekroczone podczas eksploatacji filtra.

Filtr zabezpieczony jest antykorozyjnie poprzez malowanie: od wewnątrz żywicą poliestrową z atestem PZH na kontakt z wodą pitną, na zewnątrz uniwersalną farbą do ochrony czasowej. Producent dopuszcza zastosowanie innych zestawów lakierniczych wewnętrznych (np. żywice epoksydowe) oraz wykonanie z malowaniem zewnętrznym nawierzchniowym (np. zestawem farb poliuretanowych) – 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 sączki (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 właz, umożliwiający rewizję wewnętrzną pod płytą filtracyjną – właz boczny, który należy wykonać na tzw. windzie (wysięgniku).

Proponowani dostawcy i producenci poszczególnych złożeń są następujący:

- złożenie Multiman 3M: firma Dynamik Filtr (w razie zastosowania innego, równoważnego co do parametrów technologicznych materiału filtracyjnego – inny dostawca),
- złożenie chalcedonitowe: firma Mikrosil Polska Sp. z o. o.

Warstwę podtrzymującą należy zasypywać ręcznie! Złożenie 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 złożeniem filtracyjnym:

- warstwa podtrzymująca I (złożenie chalcedonitowe): o uziarnieniu  $4 \div 8$  mm i wysokości 0,10 m,
- warstwa podtrzymująca II (złożenie chalcedonitowe): o uziarnieniu  $2 \div 4$  mm i wysokości 0,10 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złożenie Multiman 3M): o uziarnieniu  $1 \div 3$  mm i wysokości 0,50 m,
- właściwa warstwa filtracyjna (złożenie chalcedonitowe): o uziarnieniu  $0,8 \div 2,0$  mm i wysokości 0,50 m.

Objętość złoża niezbędna do zasypiania dwóch filtrów została zestawiona w poniższej tabeli nr 6.

Tabela 6. Zestawienie ilości złoża wykorzystanego do zasypiania filtrów

Złożenie filtracyjne	Uziarnienie	Gęstość właściwa	Objętość złoża na jeden filtr	Objętość złoża na dwa filtry	Przybliżona masa złoża
	[mm]	[t/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[t]
chalcedonit	4,0 ÷ 8,0	1,10	0,25	0,51	0,56
chalcedonit	2,0 ÷ 4,0	1,10	0,25	0,51	0,56
Multiman	1,0 ÷ 3,0	2,60	1,27	2,54	6,60
chalcedonit	0,8 ÷ 2,0	1,10	1,27	2,54	2,79

Prędkości filtracji wpływać będą bezpośrednio na długość cyklu filtracyjnego

i częstotliwość płukania złożeń 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/m<sup>2</sup>,
- maksymalna wydajność godzinowa SUW Dominowo:  $Q_{h\max} = 36 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 1,65 mgFe/L.

Długość cyklu filtracyjnego wyniesie zatem:

$$T_c = (PM * A_f * 24) / (Q_{h\max} * C_{Fe} * 1,9) \text{ [d]},$$
$$T_c = (3000 * 5,08 * 24) / (36 * 1,65 * 1,9) = 5,6 \text{ d.}$$

Wstępnie przyjęto długość cyklu filtrów nie przekraczającą 6 dób.

Całe orurowanie filtrów należy wykonać ze stali nierdzewnej 1.4307, zgodnie z rysunkami technicznymi.

Orurowanie filtrów dobierano 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 DN 80, PN 10,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną o średnicy DN 80, PN 10,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania o średnicy DN 150, PN 10,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania o średnicy DN 65, PN 10,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny o średnicy DN 150, PN 10,
- spust pierwszego filtratu o średnicy DN 80, PN 10,
- rurociąg odpowietrzający (ręczne odpowietrzenie filtrów) o średnicy G 1¼",
- rurociąg spustu zerowego z filtra o średnicy DN 40, PN 10.

Poszczególne odcinki orurowania międzyfiltrowego z rurociągów ze stali nierdzewnej 1.4307 wody surowej i uzdatnionej należy stopniować (zmieniać ich średnice) w miejscu wskazanym na rysunkach.

Przewiduje się następujące średnice rurociągów pośrednich (wody surowej oraz wody uzdatnionej):

- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na dwa filtry i odprowadzenie wody z dwóch filtrów o średnicy DN 100, PN 10,
- rurociąg pośredni: doprowadzenie wody na jeden filtr i odprowadzenie wody z jednego filtra o średnicy DN 80, PN 10.

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

- rurociąg doprowadzający wodę napowietrzoną na każdy filtr: przepustnica z dyskiem ze stali nierdzewnej oraz napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80,
- rurociąg odprowadzający wodę uzdatnioną z każdego filtra: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80,
- rurociąg doprowadzający wodę do płukania: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg doprowadzający powietrze do płukania: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 65,
- rurociąg odprowadzający popłuczyny: przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 150,
- rurociąg spustu pierwszego filtratu (połączony z rurociągiem odprowadzającym popłuczyny): przepustnica z napędem pneumatycznym, montowana międzykołnierzowo, o średnicy DN 80.

**UWAGA! Należy zastosować napędy pneumatyczne, które będą pozostawały w swoim położeniu, po zaniku napięcia!**

Dodatkowo wprowadza się następujące przepustnice z napędem ręcznym:

- przepustnica na rurociągu odprowadzającym wodę uzdatnioną: DN 80,
- przepustnica na rurociągu spustu zerowego: DN 40.

Proponowanym producentem przepustnic jest producent Jafar.

Dodatkowe wyposażenie filtra stanowić będzie odpowietrzenie automatyczne i ręczne, które będzie uchylane w razie konieczności oraz kontrolnie w celu sprawdzenia stopnia zapowietrzenia filtrów. Odpowietrzenie ręczne stanowić będzie rurociąg ze stali nierdzewnej o średnicy G 1¼” z zamontowanym zaworem kulowym o średnicy G 1¼”. Rurociąg odpowietrzający zostanie włączony do rurociągu, odprowadzającego wody popłuczne (wmontowany w rurociąg przy użyciu odpowiednich kształtek przejściowych, względnie poprzez bezpośrednie wprowadzenie do rurociągu).

Zaleca się na rurociągu odpowietrzającym filtry (wprowadzonym do rurociągu wody popłucznej) montaż zaworu zwrotnego, uniemożliwiającego cofanie popłuczyn poprzez odpowietrzenie do filtra – stanowiącego zabezpieczenie/rozdzielenie pomiędzy wodą czystą a brudną, zgodnie z obowiązującymi przepisami, względnie dopuszcza się wykonanie przerwy powietrznej na rurociągu odpowietrzającym, również stanowiącej zabezpieczenie (rozdział) pomiędzy wodą czystą a wodą brudną.

Rurociągi należy posadowić na podporach systemowych, stosując rozstaw, zgodny z wytycznymi producenta rurociągów. Zaleca się w miarę możliwości prowadzenie rurociągów po ścianach.

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

Na rurociągach wody uzdatnionej oraz na rurociągu wody popłucznej projektuje się

kurek probierczy (zawór kulowy) do poboru prób do badań technologicznych. Kurki o średnicy 1/2".

Wariantowo dopuszcza się również następujący sposób poboru wody do analizy:

- wszystkie miejsca, z których pobierane będą próby do analizy, można wyprowadzić przewodami o średnicy 1/2" do jednego wspólnego miejsca probierczego, zlokalizowanego na ścianie filtrowni, na której zostanie w takiej sytuacji zamontowany również zlew,
- wyprowadzenie rurkami o średnicy 1/2" zakończonymi kurkami probierczymi o średnicy 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, umożliwi 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 będą opomiarowane 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:

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- typ: Proline Promag 10L,
- średnica: DN 80,
- zasilanie: 230 VAC, 50 Hz,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: 0,01 ÷ 10,0 m/s,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

Odczyt przepływu będzie widniał na tablicy skrzynki, sterującej przepustnicami, montowanej tuż przy filtrach.

### **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 ÷ 4 Atm,
- wyjście prądowe: 4 ÷ 20 mA,
- przyłącze technologiczne: 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. Ciśnienie, przetworzone na impuls prądowy, będzie podawane do układu kontrolno – sterującego, przetwarzane na wartość ciśnienia podawanego w m H<sub>2</sub>O i przeliczane na różnicę ciśnień (stratę ciśnienia), wyświetlaną w sterowni oraz bezpośrednio na obiekcie.

### **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 przepustnice sterowane ręcznie, zamontowane na rurociągu wody uzdatnionej.

Ręczne sterowanie ma na celu przede wszystkim wyrównanie 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.

W sterowaniu tym procesem, zgodnie z doświadczeniami praktycznymi z innych wodociągów, nie zaleca się pełnej automatyzacji z uwagi na znaczne, postępujące w trakcie cyklu dławienie układu filtracji.

### **Sterowanie poszczególnymi przepustnicami**

Sterowanie przepustnicami z napędem pneumatycznym (normalnie zamkniętymi) odbywać się będzie w dwojaki sposób:

- automatycznie: zgodnie z programem sterowania pracą filtrów i ich płukaniem,
- ręcznie: z wysp zaworowych/skrzynek sterowniczych, w sytuacji awaryjnej związanej z indywidualną pracą każdego z filtrów ciśnieniowych, zlokalizowanych tuż przy każdym filtrze ciśnieniowym.

Przejsieć na płukanie ręczne odbywać się będzie tylko na SUW.



Każda z przepustnic musi mieć możliwość sterowania ręcznego i automatycznego. Nastawa sposobu pracy przepustnicy – na wyspach zaworowych/skrzynkach sterujących, zlokalizowanych bezpośrednio przy każdym z filtrów ciśnieniowych. Na skrzynkach znajdzie się również odczyt przepływomierza, umożliwiający bezpośrednią nastawę filtrów (zgodnie z przedstawionymi wcześniej informacjami).

**UWAGA! Jeszcze raz zwraca się uwagę na fakt, iż przepustnice w przypadku braku zasilania powinny pozostać w niezmiennym położeniu. Wynika to z konieczności zapobiegania uderzeniom hydraulicznym powstającym przy nagłym przesterowaniu wszystkich napędów.**

### Płukanie filtrów

Płukanie filtrów będzie inicjowane ręcznie. Dopuszcza się wariantowo wprowadzenie do programu sterującego możliwości ustawienia automatycznego płukania filtrów (ale tylko i wyłącznie względem czasu pracy).

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 – 6 dob (minimalny, na podstawie oceny technologicznej pozostałych wskaźników),
- **ilość m<sup>3</sup> wody przefiltrowanej przez poszczególne filtry: zgodnie z odczytem na podstawie zamontowanych przepływomierzy po poszczególnych filtrach, ustalony szczegółowo na etapie rozruchu technologicznego Stacji Uzdatniania Wody – parametr decydujący,**
- 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 wypłukaniu filtrów. Parametry decydujące zostaną dokładnie określone na rozruchu Stacji Uzdatniania Wody oraz w czasie trwania wstępnej eksploatacji.

Parametrem technologicznym, limitującym długość cyklu filtracyjnego, będzie:

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

Filtry będą płukane kolejno – na podstawie opracowanego harmonogramu. Zgodnie z wstępnym programem sterującym inicjacja procesu płukania odbywać się będzie ręcznie, ale samo płukanie już w trybie kaskadowym.

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

W przypadku przejścia na ręczny proces płukania możliwe będzie tylko i wyłącznie ręczne płukanie filtrów w dowolnej kolejności, co nie będzie wpływać na skasowanie licznika objętości wody bądź czasu pomiędzy płukaniem (czas ten będzie dalej liczony, co spowoduje płukanie filtra wcześniej wypłukanego ręcznie, nawet jeśli czas

ten będzie się różnił nieznacznie).

Złoże filtracyjne **płukane** będzie rozdzielnie wodą i powietrzem. Skuteczne płukanie złoża chalcetonitowego uzyskuje się przy **intensywności płukania powietrzem** w granicach  $13,0 \div 17,0 \text{ L/m}^2\text{s}$ . Odpowiada to wydajności urządzenia do płukania powietrzem na poziomie:

$$Q_p = (13,0 \div 17,0) * 2,54 * 3,6 = 118,9 \div 155,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Do płukania dobrano dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- producent: Becker (lub równoważny),
- typ: KDT 3.140,
- wydajność maksymalna:  $129 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- ciśnienie powietrza: 1 bar,
- częstotliwość: 50 Hz,
- moc: 7,8 kW,
- poziom dźwięku: 82 dB,
- masa: 140 kg,
- średnica przyłącza: G 1½".

Dobrano 1 urządzenie, gdyż w razie awarii dmuchawa może być chwilowo zastąpiona poprzez samo płukanie wodą, nie dłużej jednak niż przez trzy kolejne cykle (średnio, na podstawie przyjętych założeń przez ok. 18 dni).

Przy wydajności  $129 \text{ m}^3/\text{h}$  rzeczywista intensywność płukania powietrzem wynosi:

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

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

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

Rurociąg do płukania filtrów powietrzem należy wykonać ze stali nierdzewnej, łączonej kołnierzowo o średnicy DN 65. Będzie on wpięty do każdego filtra indywidualnie i odcięty przepustnicą z napędem pneumatycznym, 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 powietrzem 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:
  - producent: Jafar (lub równoważny),
  - nr kat.: 6516,
  - średnica: DN 65,
  - zawór do wody czystej oraz powietrza (gazu),
- przepustnica na doprowadzeniu powietrza do filtrów.

Oprzyrządowanie dmuchawy stanowić będą dodatkowo przepustnica odcinająca Jafar (lub równoważna), międzykołnierzowa, DN 65 oraz przepustnica z napędem pneumatycznym – sterująca procesem płukania.

Na rurociągu tłocznym dmuchawy płuczającej projektuje się rotametr do oceny:

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

Dobrano rotametr o następujących parametrach technicznych:

- producent: Meister Stromungstechnik (lub równoważny),
- typ: KM 35 – 20,
- ciśnienie pracy: 3 bar,
- wydajność:  $12 \div 135 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ,
- średnica: DN 40/G 1½",
- długość: 418 mm,
- ilość: 1 szt.

Za rotametrem zamontowana będzie przepustnica z napędem ręcznym, międzykołnierzowa, z dyskiem stalowym (stal nierdzewna) o średnicy DN 65 – do dosterowania rzeczywistego strumienia powietrza.

Automatyzacja pracy dmuchawy obejmować będzie następujące elementy:

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

Skuteczne płukanie złoża filtracyjnego chalcemonitowego wodą uzyskuje się przy **intensywności płukania** w granicach  $12 \div 15 \text{ L/m}^2\text{s}$ . Odpowiada to wydajności pompy płuczającej na poziomie:

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

Do płukania wodą wykorzystana będzie woda uzdatniona zgromadzona w zbiorniku retencyjnym.

Do płukania dobrano pompę o następujących parametrach technicznych:

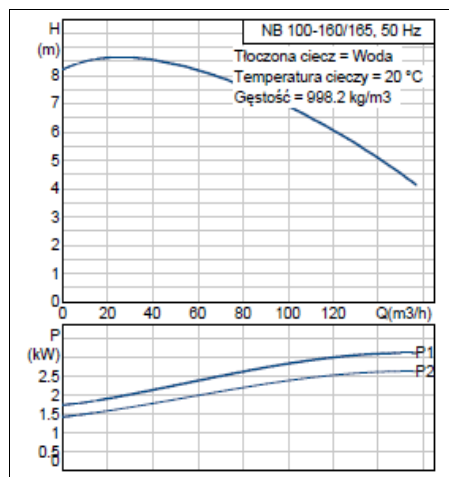
- producent: Grundfos (lub równoważny),
- wydajność pompy: 120 m<sup>3</sup>/h,
- wysokość podnoszenia pompy: ok. 6 mH<sub>2</sub>O (płukanie ze zbiornika retencyjnego)
- typ pompy: NB 100 – 160/165,
- ilość: 1 szt.,
- moc pompy: 2,5 kW,
- króciec ssawny: DN 125,
- króciec tłoczny: DN 100.

Na zdjęciu nr 1 oraz schemacie 5 przedstawiono wygląd ogólny pompy i jej charakterystykę.

Zdjęcie 1. Pompa do płukania filtrów



Schemat 5. Charakterystyka pompy płuczającej filtry



Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczającej nie powinna przekraczać 2 m/s.  
Sprawdzenie prędkości przepływu:

$$v = (4 * 120) / (\pi * 0,15^2 * 3600) = 1,9 \text{ m/s.}$$

Na rurociągu ssawnym – przepustnica odcinająca, na tłocznym – przepustnica, redukcja i zawór zwrotny, zgodnie z rysunkami technologicznymi.

Pompa będzie uruchamiana z zastosowaniem softstartu celem maksymalnego ograniczenia do minimum uderzenia hydraulicznego wody w trakcie wstępnej fazy płukania filtra.

Rurociąg tłoczny wody do płukania filtrów DN 150 – wykonany ze stali – dobrany na prędkość przepływu 1,5 m/s.

Dodatkowa armatura pompy płuczającej:

- na rurociągu ssawnym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 125 Jafar (lub równoważna),
- na rurociągu tłocznym: przepustnica odcinająca o średnicy DN 100, zawór zwrotny montowany międzykołnierzowo o średnicy DN 100 (optymalnie kłapa zwrotna – płaska) – montowane w kolejności od pompy: zawór, przepustnica.

Dodatkowy osprzęt pompy płuczającej (układ płukania filtrów wodą):

- czujnik ciśnienia zamontowany na jednym króćcu wraz z manometrem,
- przepływomierz na rurociągu wody do płukania o średnicy DN 100.

Dane techniczne zastosowanych urządzeń pomiarowych

Ciśnieniomierz:

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- zakres pomiarowy: 0 ÷ 6 bar,
- wyjście prądowe: 4 ÷ 20 mA,
- przyłącze technologiczne: G ½”.

Ciśnienie wizualizowane będzie bezpośrednio na Stacji Uzdatniania Wody – na tablicy sterowni.

Manometr tarczowy (kontrolny) dla czujnika automatycznego ciśnienia:

- producent: Wika Polska S. A. (lub równoważny),
- 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.

Przepływomierz:

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- typ: Proline Promag 10L,
- średnica: DN 100,
- zasilanie: 230 VAC, 50 Hz,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: 0,01 ÷ 10,0 m/s,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

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

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

Uwzględniając wszystkie powyższe aspekty, proces płukania będzie przebiegał zgodnie z następującym harmonogramem (uwzględniającym wszystkie warunki, jakie muszą być spełnione w zakresie poziomów wody w zbiornikach czy to na popłuczyny, czy też zbiorniku retencyjnym). UWAGA! Poniższy algorytm odnosi się do płukania automatycznego filtrów, nie uwzględnia on płukania ręcznego (inicjowanego ręcznie). Harmonogram powinien być szczegółowo przeanalizowany na etapie rozruchu SUW.

1. Inicjacja ręczna procesu płukania lub automatyczna (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, jeśli będzie to płukanie pierwszego filtra, wyłączenie procedury płukania i konieczność ponownej inicjacji. Natomiast jeśli warunek ten nie zostanie spełniony przy płukaniu drugiego filtra, wówczas ponowne automatyczne sprawdzenie tego warunku – co godzinę, aż do spełnienia. Za każdym razem informacja w dyspozytorni o zainicjowaniu płukania lub jego odłożeniu.
4. Po spełnieniu obu warunków – umożliwienie płukania filtrów.
5. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody uzdatnionej filtra nr 1.
6. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu wody surowej filtra nr 1.

7. Otwarcie przepustnicy na rurociągu wód popłucznych filtra nr 1.
8. Otwarcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1 (przepustnica równa przepustnicy spustu I filtratu).
9. Spust wody z nad złoża filtracyjnego w czasie dobranym na rozruchu (program musi mieć możliwość regulacji czasu spustu wody z filtra).
10. Zamknięcie przepustnicy na rurociągu spustu wody z filtra nr 1.
11. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtra nr 1 powietrzem.
12. Załączenie dmuchawy do płukania filtrów.
13. Płukanie filtra nr 1 powietrzem (przez czas ustalony na rozruchu, zmieniany w trakcie eksploatacji w zależności od potrzeb) – wstępnie przyjęto 2 min.
14. Wyłączenie dmuchawy do płukania filtrów powietrzem.
15. Zamknięcie przepustnicy do płukania powietrzem.
16. Stabilizacja złoża (postój filtra, bez płukania) – przez czas ok. 5 min., w trakcie którego zachodzi odgazowanie złoża, przed płukaniem wodą.
17. Otwarcie przepustnicy na rurociągu płukania filtrów wodą.
18. Załączenie pompy płuczającej.
19. Płukanie filtra wodą przez czas ustalony na rozruchu, korygowany w trakcie eksploatacji SUW (wstępnie przyjęto czas ok. 10 min.).
20. Wyłączenie pompy płuczającej po upływie czasu płukania, względnie po osiągnięciu poziomu maksymalnego w zbiorniku wód popłucznych jako warunku bezwzględnego.
21. Zamknięcie przepustnicy sterowanej automatycznie na rurociągu wody do płukania filtra nr 1.
22. Zamknięcie przepustnicy odprowadzenia popłuczyn.
23. Otwarcie przepustnicy doprowadzenia wody surowej na filtr nr 1.
24. Otwarcie przepustnicy na rurociągu odprowadzenia I filtratu (rurociągu spustu pierwszego filtratu) do odstoju.
25. Spust pierwszego filtratu do odstoju przez czas określony na rozruchu z wydajnością dosterowaną przepustnicą ręczną.

26. Zamknięcie przepustnicy odprowadzającej pierwszy filtrat do odbiornika.
27. Otwarcie przepustnicy wody uzdatnionej.
28. Tryb filtracji.
29. Od momentu zakończenia płukania filtra (względnie grupy filtrów) wodą (wyłączenia pompy płuczającej) – względnie załączenia pompy płuczającej – będzie liczony czas sedymentacji popłuczyn w odstojniku, po którym popłuczyny będą odpompowywane opisaną w dalszej części opracowania pompką.
30. Przejście do płukania kolejnego filtra.
31. Algorytm od punktu nr 3.
32. Po zakończeniu płukania ostatniego filtra – sygnał o wypłukaniu wszystkich filtrów.
33. Po wypłukaniu każdego filtra zerowanie zegara czasu pracy od ostatniego płukania oraz zegara objętości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania.

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

#### **4.4. Odstojnik, gospodarka popłuczynami**

Odbiornikiem wód popłucznych po płukaniu oraz wód spustowych jest po odstojniku rów melioracyjny.

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:  $V = 120 \text{ m}^3/\text{h} * (10/60) = 20 \text{ m}^3$ ,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość wody równą ok. 40 cm, co daje objętość  $V = 0,4 * 2,54 = 1 \text{ m}^3$ ,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu pierwszego filtratu: przyjęto na poziomie jednej objętości złoża filtracyjnego, czyli ok.  $V = 1,2 * 2,54 = 3 \text{ m}^3$ .

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

$$V_c = 20 + 1 + 3 = 24 \text{ m}^3.$$

Natomiast ilość popłuczyn z płukania dwóch filtrów wyniesie ok.:



$$V = 48 \text{ m}^3.$$

Na SUW Dominowo znajduje się odstojnik wód popłucznych o wymiarach 4 x 2 m i wysokości czynnej 1 m, zatem pojemność czynna wynosi 8 m<sup>3</sup>.

Biorąc pod uwagę wymagania związane z jakością odprowadzanych popłuczyn, a wpływające na czas sedymentacji żelaza, który minimalnie powinien wynosić 24 godziny, pojemność odstojników powinna wystarczyć na objętość popłuczyn ok. 48 m<sup>3</sup>. Ponieważ pojemność istniejącego odstojnika jest nie wystarczająca konieczna jest dobudowa kolejnych obiektów.

Do zgromadzenia popłuczyn oraz prowadzenia procesu sedymentacji projektuje się następujący zbiornik:

- producent: KWH (lub równoważny),
- typ: WEHO,
- średnica wewnętrzna: 3000 mm,
- średnica zewnętrzna maksymalna: 3360 mm,
- pojemność: 50 m<sup>3</sup>,
- długość: 7820 mm,
- dodatkowe wyposażenie zbiornika:
  - doprowadzenie popłuczyn: DN 150,
  - komin wejściowy z włazem: DN 1000,
  - odprowadzenie popłuczyn rurociągiem ciśnieniowym: PE PN 8 DN 32.

**UWAGA! W zamówieniu zbiornika uszczegółowić (wg części rysunkowej):**

- **średnicę króćca wlotowego (DN 150) i jego miejsce podłączenia do zbiornika,**
- **przejście rurociągu tłoczego PE PN 8 DN 32,**
- **średnicę włazu rewizyjnego (DN 1000),**
- **wysokość włazu rewizyjnego od górnego poziomu zbiornika do poziomu terenu nad zbiornikiem,**
- **wyposażenie dodatkowe: stojak/zamocowanie pod pompę o wysokości 35 cm nad dnem zbiornika.**

Zbiornik zostanie posadowiony w gruncie, na głębokości 4350 mm (szczegóły na rysunku technicznym). Grunt do posadowienia należy zagęszczać warstwami 15 ÷ 20 cm do klasy W (Wysoka) w zależności od rodzaju gruntu obsypki. Zagęszczenie gruntu powinno się wahać w przedziale od 93 do 100 % SPD (Standardowa Metoda Proctora). **Szczegóły posadowienia, obsypania wg zaleceń producenta.**

Zwieńczenie komina rewizyjnego wykonać wg zaleceń producenta zbiornika dla średnicy DN 1000.

Do odprowadzania popłuczyn wykorzystana zostanie pompa o następujących parametrach:

- producent: Flygt (lub równoważny),
- typ: SX 3,
- moc silnika: 0,5 kW,

- maksymalna wysokość podnoszenia: 11 mH<sub>2</sub>O,
- maksymalny przepływ: 225 L/min. – tj. 13,5 m<sup>3</sup>/h.
- zasilanie: 1 faza – napięcie 230 V,
- przyłącze: 1¼",
- wyłączenie pompy: automatyczne (pływak).

Widok ogólny pompy przedstawiono na zdjęciu nr 2.

*Zdjęcie 2. Pompa do odprowadzania popłuczyn*



Pompkę należy ustawić na stelażu stalowym, powyżej dna (ok. 40 cm), tak by zapewnić utrzymanie odpowiedniej części osadowej, w której będą się gromadziły osady żelazowe, okresowo wywożone z odstojuka wozem asenizacyjnym.

Dodatkowe wyposażenie odstojuka popłuczyn stanowić będzie czujnik typu CLUWO, informujący o napełnieniu zbiornika (osiągnięciu maksymalnego poziomu napełnienia).

Na rurociągu tłocznym pompy odprowadzającej wody nadosadowe zostanie zamontowany zawór kulowy. Nie przewiduje się montażu zaworu zwrotnego, tak by woda z rurociągu tłoczego swobodnie mogła odpłynąć z powrotem do odstojuka, lub odbiornika, co przeciwdziała stagnacji wody w przewodzie tłocznym oraz ewentualnemu jej zamarzaniu.

Popłuczyny z odstojuka są odprowadzane pompką do istniejącego rurociągu o średnicy 150 i 250 mm do rowu melioracji szczegółowej RD – 1, który jest dopływem rzeki Maskawy.

#### 4.5. Dezynfekcja wody

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

Pod względem bakteriologicznym jakość wody na SUW Dominowo jest dobra. Jednak w przypadku skażenia wody stosowany będzie podchloryn sodu, który dodawany będzie do rurociągu wody czystej. Do dawkowania roztworu NaOCl stosowana będzie pompa dozująca firmy Grundfos (lub równoważna).

Urządzenia do chlorowania wody zostaną zlokalizowane w oddzielnym pomieszczeniu, wydzielonym na projekcie budowlanym. Pomieszczenie chlorowni zostanie wyposażone w pompę dozującą oraz pojemnik roboczy na podchloryn sodu.

Podchloryn sodowy występuje w postaci uwodnionych soli  $\text{NaOCl} \cdot 5,0 \text{ H}_2\text{O}$  lub  $\text{NaOCl} \cdot 2,5 \text{ H}_2\text{O}$ . Posiada białą barwę i jest związkiem nietrwałym. Łatwo rozpuszcza się w wodzie. Wodny roztwór charakteryzuje się słabym zabarwieniem. Do dezynfekcji wody stosuje się rozcieńczone wodne roztwory NaOCl. Woda do przygotowania rozcieńczonych roztworów podchlorynu sodu musi być miękka, aby nie wytrącały się osady  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Względnie dopuszcza się dozowanie stężonego roztworu podchlorynu (roztworu handlowego).

Produkt handlowy występuje w dwóch rodzajach A i B, które różnią się zawartością NaOH. Zawartość chlorku aktywnego w gatunkach A i B wynosi min. 145,0 gCl<sub>2</sub>/L, natomiast zawartość NaOH wynosi 20,0 ÷ 30,0 g/L dla rodzaju A i 70,0 ÷ 90,0 g/L dla rodzaju B. Obecność NaOH zwiększa trwałość wodnego roztworu NaOCl. Do zastosowania wybrano produkt handlowy rodzaju B.

W wodzie chlorowanej powinno pozostać 0,3 ÷ 0,5 gCl<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> w postaci wolnego chloru. Dawka chloru dla SUW Dominowo wynosi zatem:

$$D = 36 \cdot (0,3 \div 0,5) = 10,8 \div 18,0 \text{ gCl}_2/\text{h}.$$

Ilość zużytego podchlorynu sodu w ciągu godziny wyniesie odpowiednio:

$$V = (10,8 \div 18,0)/145 = 0,07 \div 0,12 \text{ L/h}.$$

Maksymalne dobowe zużycie chloru (ilość litrów) wyniesie w tej sytuacji ok. 3 L. Przy założeniu, że roztwór podchlorynu sodu nie powinien być przechowywany dłużej niż 30 dni, projektuje się jedną beczkę na podchloryn sodu (do bezpośredniego chlorowania) o pojemności ok. 100 L.

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

- producent: Grundfos (lub równoważny),
- typ: DMS 2 – 11A – PP/E/C – F – 1111F,
- ilość: 2 szt.,
- maksymalna wydajność: 2,5 L/h,
- ciśnienie maksymalne: 11 bar,

- maksymalna częstotliwość skoku: 180 skok/min.,
  - maksymalna wysokość ssania podczas pracy: 6 m,
  - maksymalna wysokość ssania podczas zalewania z mokrymi zaworami: 1,8 m,
  - maksymalna lepkość cieczy przy zastosowaniu zaworów sprężynowych: 500 MPa,
  - maksymalna lepkość cieczy bez zastosowania zaworów sprężynowych: 200 MPa,
  - maksymalna temperatura cieczy: 50 °C,
  - minimalna temperatura cieczy: 0 °C,
  - maksymalna temperatura otoczenia: 45 °C,
  - minimalna temperatura otoczenia: 0 °C,
  - maksymalny błąd powtarzalności dawki:  $\pm 1 \%$ ,
  - masa: 2,3 kg,
  - średnica membrany: 28 mm,
  - poziom natężenia dźwięku: mniejszy od 70 dB(A).
- Widok ogólny pompy dozującej przedstawiono na zdjęciu nr 3.

Zdjęcie 3. Pompa dozująca podchloryn sodu



Dobrano następujący osprzęt do pomp dozujących:

- producent: Grundfos (lub równoważny),
- 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 m przewodu tłocznego z PE,
- 2 m przewodu ssawnego z PVC,
- 2 m przewodu odpowietrzającego z PVC.

Średnice przewodu (wewn./zewn.):

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

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

Dobrano zbiornik wodnego roztworu NaOCl o następujących parametrach technicznych:

- wielkość: 100 L,
- ilość: 1 szt.,
- średnica zbiornika:  $D = 460$  mm,
- średnica otworu:  $d = 160$  mm,
- całkowita wysokość zbiornika:  $H1 = 790$  mm,
- wysokość zbiornika:  $H2 = 690$  mm,
- masa: 7,5 kg.

Zbiorniki będą stały na ramach z Winiduru przykrytych kratą Wema, co zabezpieczy przed przelaniem się podchlorynu.

Osprzęt do zbiorników:

- 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,

Podchloryn będzie dozowany:

- przed zbiornikiem wody czystej,
- alternatywnie po zestawie pomp sieciowych,

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

Sterowanie dawką podchlorynu dozowanego do wody odbywać się będzie poprzez sprzężenie pompki dozującej z układem wodomierzy studziennych podających 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 (podobne 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 uzdatnionej, 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 położań (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.

### **Wytyczne techniczne (budowlane) dla pomieszczenia chlorowni**

W pomieszczeniu chlorowni SUW przewiduje się montaż wentylacji grawitacyjnej oraz mechanicznej. Wentylacja mechaniczna powinna zapewnić 5 x wymianę powietrza. Będzie się ona załączać automatycznie po wejściu pracownika do chlorowni.

W chlorowni projektuje się wykonanie oczomyjki, pozwalającej usunąć ewentualne zanieczyszczenie oczu podchlorynem sodu. Proponuje się zastosowanie oczomyjki o następujących parametrach:

- producent: Pinea (lub równoważny),
- oczomyjka montowana na ścianie,
- średnica przyłącza: 1/2",
- zabezpieczenie antykorozyjne z poliamidu.

## **4.6. Zbiornik wody czystej, zestaw sieciowy**

Woda uzdatniona kierowana będzie rurociągiem PE o średnicy 110 mm do zbiornika wody czystej. Projektuje się dwa typowe zbiorniki wody czystej o pojemności 100 m<sup>3</sup> każdy.

Pionowe, jednokomorowe zbiorniki retencyjne służą do magazynowania wody pitnej, co pozwala na wyrównanie okresowych deficytów wody, spowodowanych najczęściej zbyt małą wydajnością studni na ujęciu w stosunku do zapotrzebowania. Zbiorniki

retencyjne stanowią jednocześnie dodatkowe zabezpieczenie źródła wody z przeznaczeniem do celów przeciwpożarowych.

Pionowe zbiorniki retencyjne wykonane są z elementów stalowych (stal niskowęglowa), atestowanych. Zbiornik składa się z płaszcza w kształcie pionowego walca zamkniętego od dołu płaskim dnem, a od góry stożkowym dachem. W dachu znajduje się komin wentylacyjny oraz króciec do montażu sondy pomiaru poziomu lustra cieczy w zbiorniku. Zbiornik posiada dwa włazy rewizyjne:

- na dachu włącz prostokątny z izolowaną pokrywą,
- w dolnej części płaszcza włącz okrągły.

Ponadto zbiornik wyposażony jest w drabinę zewnętrzną oraz wewnętrzną, umożliwiającą bezpieczne wejście do wnętrza zbiornika. W skład wyposażenia technologicznego zbiornika wchodzi również wewnętrzne orurowanie.

Wszystkie króćce przyłączeniowe zakończone są kołnierzami na ciśnienie  $P_0 = 1$  MPa i znajdują się w dnie zbiornika, co wymaga uwzględnienia przy projektowaniu i wykonywaniu fundamentów. Szczelność połączeń spawanych sprawdzana jest u producenta metodą penetracyjną.

Izolacja termiczna zbiornika wykonana jest na zewnętrznej stronie płaszcza stalowego z wełny mineralnej o grubości  $g = 100$  mm. Izolowane jest także zadaszenie oraz włącz na dachu (styropian o grubości  $g = 100$  mm). Izolacja na zewnątrz zabezpieczona jest płaszczem z blachy trapezowej ocynkowanej lub na indywidualne zamówienie z blachy aluminiowej.

Od środka zbiornik malowany jest farbą z atestem PZH o nazwie handlowej „Brantho – KorruX”. Wszystkie zewnętrzne elementy zbiornika malowane są dwukrotnie uniwersalną farbą podkładową oraz lakierem asfaltowym.

Drabiny zewnętrzne oraz wewnętrzne wykonywane są w wersji ocynkowanej.

Parametry techniczne zbiornika retencyjnego:

- producent: Kotłorembud (lub równoważny),
- typ: ZRP 3, wykonanie A,
- ilość: 2 szt.,
- pojemność:  $100 \text{ m}^3$ ,
- średnica wewnętrzna: DN 4500,
- średnica zewnętrzna: DN1 4740,
- wysokość całkowita: 7300 mm,
- wysokość przelewu: 6100 mm,
- wysokość króćca tłoczego: 6200 mm,
- wysokość płaszcza: 6300 mm,
- masa z izolacją (zbiornik pusty): 7400 kg,
- otwór do sondy pomiarowej: G 1½”,
- włazy rewizyjne:
  - w płaszczu: 600 mm,
  - w dachu: 500/600 mm,
- średnica króćca tłoczego „A”: DN 100,

- średnica króćca spustowego „B”: DN 150,
- średnica króćca przelewowego „C”: DN 150,
- średnica króćca ssącego „D”: DN 200 (**Uwaga! Powiększona w stosunku do wymiaru katalogowego, w typoszeregu producenta wynosi DN 150.**),
- armatura wewnętrzna: po stronie dostawcy zbiornika.

Fundament wykonany zgodnie z wytycznymi producenta.

Rurociągi sieciowe, ciśnieniowe, prowadzone pod powierzchnią terenu (rurociągi międzyobiektowe) projektuje się z PE o odpowiedniej średnicy. Rurociągi pionowe – przyłączeniowe do zbiornika, prowadzić ze stali. W miejscach wskazanych na rysunkach – przejście na PE lub PVC (dla spustu zerowego oraz przelewu wody ze zbiornika).

Rurociąg wody uzdatnionej z filtrów należy prowadzić poniżej granicy przemarzania.

Na doprowadzeniu wody uzdatnianej do zbiornika należy zamontować zasuwę montowaną międzykołnierzo – typ krótki, DN 100, ze skrzynką uliczną wyprowadzoną na powierzchnię terenu, zabezpieczoną przed przesunięciem.

Na rurociągu wody ze zbiornika (rurociąg ssawny) również zasuwę – typ krótki, DN 200 (producent Jafar lub równoważny) ze skrzynką uliczną wyprowadzoną na powierzchnię terenu.

Dodatkowe uzbrojenie – zasuwę na spuście wody ze zbiornika, DN 150.

**UWAGA!** Nie projektuje się zasuw na rurociągu wody przelewowej. Rurociąg wody przelewowej należy spiąć z rurociągiem wody spustowej, za zasuwę spustu wody ze zbiornika.

Rurociąg wody spustowej i przelewowej prowadzić rurociągiem PE o średnicy 160 mm, łączonym elektrooporowo, do odstoju wód popłucznych.

Woda uzdatniona ze zbiornika wody czystej na sieć będzie pompowana przez zestaw sieciowy składający się z 3 pomp o następujących parametrach technicznych:

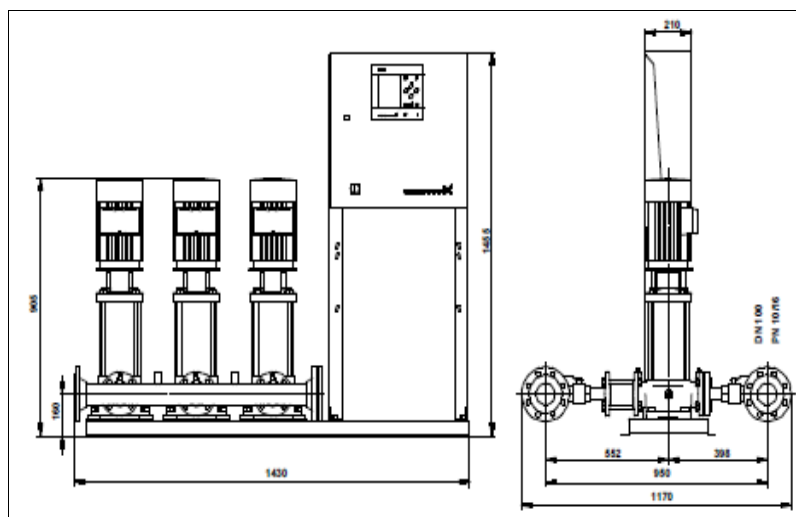
- producent: Grundfos (lub równoważny),
- typ: Hydro MPC – E 3 CRIE 20 – 3,
- wydajność minimalna: 10,5 m<sup>3</sup>/h,
- wydajność maksymalna: 87 m<sup>3</sup>/h,
- wysokość podnoszenia: 43 m,
- króciec tłoczny: DN 100,
- króciec ssawny: DN 100,
- moc pompy głównej: 4 kW.

**UWAGA!** Fundament pod zestawem sieciowym podwyższony w porównaniu z kartą katalogową, zgodnie z rysunkiem technologicznym.

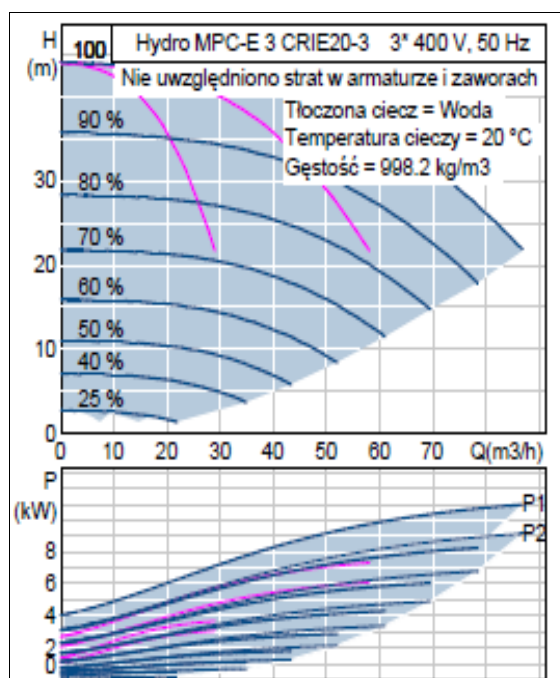


Na schemacie 6 i 7 przedstawiono wygląd ogólny zestawu sieciowego i jego charakterystykę.

Schemat 6. Zestaw sieciowy SUW Dominowo



Schemat 7. Charakterystyka zestawu sieciowego



Dobór średnicy rurociągu ssawnego oraz tłoczego zestawu sieciowego

Dane do doboru średnicy rurociągów:

- przepływ obliczeniowy: 90 m<sup>3</sup>/h,
- prędkość przepływu dla rurociągu ssawnego: 0,8 m/s,
- prędkość przepływu dla rurociągu tłocznego: 1,2 m/s.

Średnica rurociągu ssawnego wynosi:

$$D = [(4 * 90)/(\pi * 3600 * 0,8)] ^ 0,5 = 199,5 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg wykonany ze stali nierdzewnej o średnicy DN 200.

Średnica rurociągu tłocznego wynosi:

$$D = [(4 * 90)/(\pi * 3600 * 1,2)] ^ 0,5 = 162,9 \text{ mm.}$$

Dobrano rurociąg wykonany ze stali nierdzewnej o średnicy DN 150.

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

- producent: Endress + Hauser (lub równoważny),
- typ: Proline Promag 10L,
- średnica: DN 150,
- zasilanie: 230 VAC, 50 Hz,
- dokładność pomiaru: 0,5 %,
- zakres pomiarowy: 0,01 ÷ 10,0 m/s,
- wykonanie: materiały posiadające atesty PZH.

Odczyt przepływu będzie widniał na tablicy skrzynki, sterującej przepustnicami, montowanej tuż przy filtrach.