

Opis Przedmiotu Zamówienia

1. Cel i zakres opracowania

Celem niniejszego opracowania jest dostosowanie właściwego systemu uzdatniania wody pobieranej ze studni głębinowych ujęć w Dobromierzu oraz w Serwinowie do planowanego zapotrzebowania na cele socjalno-bytowe i cele ppoż.

Budynek SUW należy wyposażyć w urządzenia technologiczne oraz układ sterowania umożliwiające dostosowanie istniejącego układu technologicznego do parametrów ujmowanej wody surowej.

2. Opis pracy istniejącego układu technologicznego

Obecnie wykorzystywany układ technologiczny opiera się na równoległej pracy czterech studni głębinowych z obu ujęć wód w Dobromierzu oraz Serwinowie z wydajnością łączną do 62 m³/h. Ujmowana woda surowa poddawana jest procesowi dwustopniowej filtracji na filtrach dyskowych jako I^o filtracji oraz na dwóch filtrach ciśnieniowych wypełnionych złożem kwarcowym jako II^o filtracji. Woda uzdatniona po układzie filtracji poddawana jest procesowi dezynfekcji przy użyciu podchlorynu sodu przed doprowadzeniem do zbiornika retencyjnego o pojemności V=500 m³. Zmagazynowana woda pobierana jest przez zestaw hydroforowy i tłoczona do rurociągu grupowego zaopatrującego pobliskie miejscowości w wodę pitną.

2.1. Ujęcie wody

Obecnie wykorzystywany układ technologiczny stacji uzdatniania wody zasilany jest przez cztery studnie głębinowe ujmujące wodę z ujęć podziemnych w Dobromierzu oraz w Serwinowie.

2.1.1. Ujęcie wody w Dobromierzu

Na ujęcie wód podziemnych w Dobromierzu składają się dwie studnie głębinowe wiercone nr I i IA znajdujące się na terenie działki nr 331/1 obręb Dobromierz. Ujmowana woda podziemna na ujęciu w Dobromierzu pochodzi z dwóch różnych układów wodonośnych:

- czwartorzędowych – studnia nr I
- trzeciorzędowych – studnia nr IA

Zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym znak ROŚ.6341.46.2014 wydanym w dniu 24.09.2014 Gmina Dobromierz uzyskała pozwolenie na korzystanie z wód w zakresie poboru wody podziemnej z dwóch studni wierconych nr I i IA w następujących ilościach:

- studnia nr I $Q_{\max h} = 13 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\text{śrd}} = 260 \text{ m}^3/\text{d}$
 $Q_{\max r} = 95\,000 \text{ m}^3/\text{r}$

- studnia nr IA $Q_{\max h} = 17 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\text{śrd}} = 340 \text{ m}^3/\text{d}$
 $Q_{\max r} = 124\,000 \text{ m}^3/\text{r}$

Na podstawie przeprowadzonych na zlecenie użytkownika badań wody oraz ujętych w „Operacie Wodnoprawnym” określono skład wody na ujęciach w Dobromierzu.

- studnia nr 1 (I)**

Parametr	Jednostka	Badania ujęte w operacie wodnoprawnym	Badanie z dnia 25.02.2021	Wartość dopuszczalna
Przewodność	$\mu\text{S cm}^{-1}$	-	564	2500
Zapach	TON	-	<1 akceptowalny	Akceptowalny 1÷5
Mętność	NTU	0,7	0,37	1
Barwa	mg Pt/l	5	< 5	Akceptowalna 1÷15
Odczyn	pH	6,8	7,0	6,5÷9,5
Twardość og.	mgCaCO ₃ /l	218,94	-	60÷500
Azotyny	mg/l	0,0	-	0,5
Azotany	mg/l	25,56	-	50
Amoniak	mg/l	-	-	0,5
Żelazo ogólne	$\mu\text{g/l}$	0	152	200
Mangan	$\mu\text{g/l}$	0	<20	50

- studnia nr 2 (IA)**

Parametr	Jednostka	Badania ujęte w operacie wodnoprawnym	Badanie z dnia 25.02.2021	Wartość dopuszczalna
Przewodność	$\mu\text{S cm}^{-1}$	-	564	2500
Zapach	TON	-	<1 akceptowalny	Akceptowalny 1÷5
Mętność	NTU	8	2,49	1
Barwa	mg Pt/l	3	< 5	Akceptowalna 1÷15
Odczyn	pH	7,5	7,0	6,5÷9,5
Twardość og.	mgCaCO ₃ /l	272,34	-	60÷500

Azotyny	mg/l	0,01	-	0,5
Azotany	mg/l	2,40	-	50
Amoniak	mg/l	0,03	-	0,5
Wapń	mg/l	-	61,4	-
Żelazo ogólne	µg/l	140	152	200
Mangan	µg//l	80	<20	50
Siarczany	mg/l	88,0	-	250
Magnez	mg/l	29,1	-	50
Utlenialność	mg/l	1,6	-	5

Wody podziemne ujmowane z studni nr I i IA na ujęciu w Dobromierzu, charakteryzują się obojętnym odczynem pH oraz słabym zmineralizowaniem. Wody te należą do wód twardych, bez obecności wyraźnych specyficznych składników w wysokich stężeniach powodujących przekroczenia wartości normatywnych tj. żelazo, mangan, amoniak, azotany, azotyny. Jedynie wyniki stężenia manganu z wcześniejszych lat w próbach pobranych ze studni nr 2 (IA) ujmującej wody trzeciorzędowe wskazują pewną zmienność i możliwe czasowe pojawianie się przekroczeń tego parametru wraz podwyższonym parametrem mętności. Wody ze studni nr I ujmowane z warstw wodonośnych czwartorzędowych charakteryzują się stabilnością i nie wykazują przekroczeń, całkowicie odpowiadając warunkom określonym w powyższym rozporządzeniu dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

2.1.2. Ujęcie wody w Serwinowie

Na ujęcie wód podziemnych we wsi Serwinów składają się dwie studnie głębinowe wiercone nr I i IA znajdujące się na terenie działki nr 290/1 obręb Dobromierz. Ujmowana woda podziemna na ujęciu w Serwinowie w obu studniach pochodzi z układów wodonośnych trzeciorzędowych. Zgodnie z dokumentacją hydrogeologiczną ujętą w operacie wodnoprawnym trzeciorzędowe piętro wodonośne jest reprezentowane przez dwa lub więcej poziomów wodonośnych, co może wpływać na pewne różnice oraz zmienność w składzie ujmowanej wody.

Zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym znak ROŚ.6341.47.2014 wydanym w dniu 25.09.2014 Gmina Dobromierz uzyskała pozwolenie na korzystanie z wód w zakresie poboru wody podziemnej z dwóch studni wierconych nr I i IA w następujących ilościach:

- studnia nr I $Q_{maxh} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\text{śrd}} = 200 \text{ m}^3/\text{d}$
 $Q_{maxr} = 75\,000 \text{ m}^3/\text{r}$
- studnia nr IA $Q_{maxh} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\text{śrd}} = 360 \text{ m}^3/\text{d}$
 $Q_{maxr} = 140\,000 \text{ m}^3/\text{r}$

Na podstawie przeprowadzonych na zlecenie użytkownika badań wody oraz ujętych w „Operacie Wodnoprawnym” określono skład wody na ujęciach we wsi Serwinów.

- **studnia nr 1 (I)**

Parametr	Jednostka	Badania ujęte w operacie wodnoprawnym		Badanie z dnia 25.02.2021	Wartość dopuszczalna
Przewodność	$\mu\text{S cm}^{-1}$	-	-	564	2500
Zapach	TON	-	-	<1 akceptowalny	Akceptowalny 1÷5
Mętność	NTU	3	2	1,07	1
Barwa	mg Pt/l	10	15	< 5	Akceptowalna 1÷15
Odczyn	pH	6,8	7,0	7,0	6,5÷9,5
Zasadowość og.	mval/l	-	2,5	-	-
Azotyny	mg/l	0,01	0,003	-	0,5
Azotany	mg/l	2	3,54	-	50
Amoniak	mg/l	0,02	0,0	-	0,5
Żelazo ogólne	$\mu\text{g/l}$	1800	790	152	200
Mangan	$\mu\text{g/l}$	22	0	<20	50
Siarczany	mg/l	56,0	-	-	250

• studnia nr 2 (IA)

Parametr	Jednostka	Badania ujęte w operacie wodnoprawnym		Badanie z dnia		Wartość dopuszczalna
				08.12.2020	12.01.2021	
Przewodność	$\mu\text{S cm}^{-1}$	-	-	480	-	2500
Zapach	TON	-	-	32 nieakceptowalny	32 nieakceptowalny	Akceptowalny 1-5
Barwa	mg Pt/l	10	-	< 5	-	Akceptowalna 1÷15
Odczyn	pH	6,8	7,2	7,2	-	6,5÷9,5
Azotyny	mg/l	0,002	nw	<2,0	-	0,5
Azotany	mg/l	26,17	nw	<0,03	-	50
Amoniak	mg/l	0,09	0,05	0,23	-	0,5
Wapń	mg/l	-	11,4	-	-	-
Żelazo ogólne	$\mu\text{g/l}$	90	80	1623	3204	200
Mangan	$\mu\text{g/l}$	0	50	24	43	50
Siarczany	mg/l	-	62,4	-	-	250
Magnez	mg/l	-	19,1	-	-	50
Indeks	mg/l			0,8	-	5

nadmanganiano wy (utlenialność)						
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Ujmowaną wodę z ujęć pokładów trzeciorzędowych ze studni nr I i IA w Serwinowie można zakwalifikować do wód twardych o odczynie pH zbliżonym do obojętnego i niskiej mineralizacji. Wskazana w badaniach zmienność stężenia żelaza w studni nr I oraz zmienność parametru zapachu i stężenia żelaza w studni nr IA ujmujących wody z warstw trzeciorzędowych może sugerować wysokie ryzyko pojawienia się w przyszłości podobnych przekroczeń w obu studniach. Obecnie jedynie woda ujmowana ze studni nr IA ma przekroczone parametry zapachu w wartościach nieakceptowalnych (32 TON) oraz stężenia żelaza, które znacząco przekraczają wartości normatywne (3,2 mg/l).

2.2. Układ filtracji pierwszego stopnia

Pierwszy stopień filtracji opiera się na wykorzystaniu procesu mikro filtracji na filtrach typu 3" SPIN KLIN BATTERY firmy ARKALL z wkładami 600 mech (25 µm). Całość instalacji składa się z trzech równolegle połączonych zespołów po 4x2 filtry w każdym zespole. Wypełnienie filtrów stanowią zespoły ściśniętych rowkowanych tarcz plastikowych. Cząstki stale osadzają się w filtrze zbierając się w miejscach przecinania się rowków znajdujących się na powierzchni sąsiadujących ze sobą tarcz. Usunięcie zatrzymanych osadów następuje samoczynnie w procesie wymywania zwrotnego. Płukanie filtrów odbywa się automatycznie na wskutek wskazania manometru lub mechanizmu zegarowego, zmieniającego ustawienie zaworu wymywania zwrotnego z filtrowania na płukanie. Płukanie odbywa się wodą uzdatnioną. W trakcie płukania następuje rozluźnienie tarcz i ich wymywanie na wskutek szybkiego wirowania spowodowanego silnym wielostrumieniowym dopływem wody. Po upływie ustawionego czasu wymywania filtr powraca do trybu filtrowania. Jednemu zaworowi kontrolującemu wymywanie zwrotne przyporządkowane są dwa filtry. Według takiej procedury procesowi wymywania poddane zostają po kolei wszystkie filtry wchodzące w skład instalacji.

Proces płukania prowadzony jest według następujących wytycznych:

- dla zapewnienia odpowiedniej pracy filtrów wg. producenta, ciśnienie wody surowej na wejściu do filtrów nie powinno być niższe niż: $P_{\min} = 0,05 \text{ MPa}$,
- filtry płukane są parami, w trakcie płukania danej pary pozostałe filtry są w trybie uzdatniania,
- filtry płukane w założonej kolejności do momentu wypłukania wszystkich jednostek wchodzących w skład instalacji,
- ilość cykli płukania filtrów w ciągu doby może wynosić od 4 do 12 razy. Płukanie całej instalacji co pewien okres w ciągu doby od 2 do 6 godzin,
- czas płukania jednej pary filtrów $10 \div 15$ sekund,
- na ilość wody do płukania jednej pary filtrów przypada $66 \div 70 \text{ dm}^3$. Ilość wody do jednorazowego płukania całej instalacji wynosi $792 \div 840 \text{ dm}^3$,

- natężenie wody płuczącej w trakcie płukania $6,6 \text{ dm}^3/\text{s}$,
- teoretyczna ilość popłuczyn odprowadzana w ciągu doby do odstojnika:
 - maksymalna ilość wód popłucznych

$$6,6 \left[\frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \right] * (10 \div 15 [\text{s}]) * 4 * 3 * 12 = 9504 \div 14256 \text{ dm}^3 = 9,5 \div 14,25 \text{ m}^3$$
 - minimalna ilość wód popłucznych

$$6,6 \left[\frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \right] * (10 \div 15 [\text{s}]) * 4 * 3 * 4 = 3168 \div 4752 \text{ dm}^3 = 3,17 \div 4,75 \text{ m}^3$$

2.3. Układ filtracji drugiego stopnia

Drugi stopień filtracji opiera się na wykorzystaniu dwóch filtrów ciśnieniowych o średnicy DN2400 wypełnionych złożem filtracyjnym kwarcowym. Proces filtracji przebiega obecnie z prędkością filtracji na poziomie około $6,9 \text{ m/h}$. Płukanie filtrów II^o odbywa się poprzez wykorzystanie dmuchawy oraz pompy płuczącej do płukania powietrzem oraz wodą. Każdy z filtrów płukany jest z osobna. Do płukania wodą wykorzystuje się wodę uzdatnioną ze zbiornika retencyjnego wody czystej.

Filtry zasypane są złożem filtracyjnym o uziarnieniu:

- warstwa podtrzymująca złożę kwarcowe:
 - uziarnienie $d = 2 \div 10 \text{ mm}$
 - wysokość warstwy złoża $h = 0,2 \div 0,3 \text{ m}$
- warstwa filtracyjna złożę kwarcowe:
 - uziarnienie $d = 0,5 \div 1,2 \text{ mm}$
 - wysokość warstwy złoża $h = 0,8 \div 1,0 \text{ m}$

Prędkość filtracji przez dwa filtry drugiego stopnia o średnicy DN2400

- obliczenie powierzchni filtracji dla dwóch filtrów

$$F = 2 * \left(\frac{d^2 * 3,14}{4} \right) = 2 * \left(\frac{2,4^2 * 3,14}{4} \right) = 2 * 4,52 = 9,04 \text{ m}^2$$

- obliczenie prędkości filtracji dla dwóch filtrów z łączną wydajnością pozwoleń wodno-prawnych dla ujęć w Dobromierzu oraz w Serwinowie
 - Wydajność studni na ujęciu w Dobromierzu $Q_D = 13 + 17 = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Wydajność studni na ujęciu w Serwinowie $Q_S = 12 + 20 = 32 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V = \left(\frac{Q_D + Q_S}{F} \right) = \left(\frac{30 + 32}{9,04} \right) = 6,86 \text{ m/h}$$

Proces płukania filtrów ciśnieniowych prowadzony jest dwuetapowo:

- wzruszenie złoża filtracyjnego sprężonym powietrzem z intensywnością płukania $q_p = 16 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ za pomocą dmuchawy o parametrach:
 - wydajność $Q = 4,35 \text{ m}^3/\text{h}$
 - wysokość podnoszenia $H = 0,06 \text{ MPa}$
 - moc $P = 1,5 \text{ kW}$
- płukanie złoża filtracyjnego wodą uzdatnioną z intensywnością płukania $q_p = 10 \div 13 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ za pomocą pompy płucznej o parametrach:
 - wydajność $Q = 120-150-180-210 \text{ m}^3/\text{h}$
 - wysokość podnoszenia $H = 12-11, 5-10, 0-8,0 \text{ m.sł.w}$
 - moc $P = 11 \text{ kW}$
- przewidywana ilość wody na płukanie dwóch filtrów II^o:
 - przyjęty czas płukania pojedynczego filtra 5 minut = 300 sekund

$$V_{pł} = q_w * F * t = \left(10 \div 13 \left[\frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right] \right) * 4,52[\text{m}^2] * 600[\text{s}] = 27120 \div 35256 [\text{dm}^3]$$

$$= 27,12 \div 35,26 [\text{m}^3]$$

przyjęty czasookres pomiędzy płukaniem filtrów II^o co 6 dni

2.4. Zbiornik wody uzdatnionej

Woda uzdatniona po układzie filtracji poddawana jest procesowi dezynfekcji przy użyciu podchlorynu sodu przed doprowadzeniem do żelbetowego zbiornika retencyjnego o pojemności $V=500 \text{ m}^3$. Zmagazynowana woda pobierana jest przez zestaw hydroforowy i tłoczona do rurociągu grupowego zaopatrującego pobliskie miejscowości w wodę pitną.

3. Opis pracy projektowanego układu technologicznego

Wykorzystywany układ technologiczny w celu prowadzenia procesu uzdatniania wody ujmowanej z wykorzystywanych ujęć wód podziemnych trzeciorzędowych i czwartorzędowych wymaga przeprowadzenia rozbudowy układu technologicznego pod kątem procesu usuwania zapachu oraz związków żelaza i manganu pojawiających się w zmiennych stężeniach na przestrzeni czasu. W związku z powyższym w celu dostosowania obecnego układu technologicznego do parametrów ujmowanej wody surowej, przy założeniu możliwości zwiększenia łącznej wydajności ujęć do $70 \text{ m}^3/\text{h}$, wykorzystywany układ technologiczny wymaga modernizacji.

Obecne oraz historyczne wyniki parametrów ujmowanej wody podziemnej z obu ujęć pokazują, że woda ta w celu uzdatnienia wymaga procesu technologicznego opierającego się na procesie napowietrzania oraz jednostopniowej filtracji. Przy takim stężeniu związków powodujących zapach oraz stężeniu żelaza w ujmowanej wodzie zalecane jest zastosowanie napowietrzania w aeratorze dynamicznym o pojemności zapewniającej czas kontaktu wody z powietrzem w granicach 4-5 minut przed wprowadzeniem wody na układ filtracji. Proces napowietrzania ma na celu odpędzenie siarkowodoru obecnego w wodzie surowej oraz utlenienie związków żelaza oraz manganu do trudno rozpuszczalnego wodorotlenku żelaza

(FeOH)₃ i uwodnionego dwutlenku manganu MnO(OH)₂, które następnie zostaną zatrzymane na złożu filtracyjnym.

Obecnie zamontowany na stacji układ filtracji ujmowanej wody opiera się na dwustopniowej filtracji na filtrach dyskowych ARKAL do mikrofiltracji oraz na dwóch filtrach ciśnieniowych DN 2400 wypełnionych złożem kwarcowym. Parametry ujmowanej wody przy założeniu zastosowania procesu napowietrza pozwalają na zastosowanie jednostopniowego procesu filtracji na dwóch filtrach ciśnieniowych ze złożem kwarcowym i rezygnację z zastosowania dyskowych filtrów do mikro filtracji. Wykorzystywane obecnie dyskowe filtry do mikrofiltracji przy proponowanym procesie napowietrzania wymagałyby częstego, nawet do 10-12 razy dziennie, procesu płukania powodowanego wzrostem oporu na filtrach w wyniku zatrzymywania wytrąconych związków żelaza, które łatwo ulegałyby osadzeniu na przelocie szczelin między dyskowymi. Wykorzystanie do prowadzenia filtracji po napowietrzaniu istniejących filtrów ciśnieniowych DN2400 o łącznej powierzchni filtracji 9m² przy założeniu przepływu na poziomie 70 m³/h pozwoli na zachowanie odpowiedniej prędkości filtracji na poziomie poniżej 8 m/h zapewniając zatrzymanie na złożu filtracyjnym wytrąconych związków żelaza oraz manganu. Zakładany proces płukania przy obecnych stężeniach żelaza i manganu oraz przy założeniu pogorszenia parametrów w pierwszej studni na ujęciu w Serwinowie (po uśrednieniu z wodami z ujęcia w Dobromierzu) nie przekraczałoby podobnie jak obecnie okresu 6 dni.

Proponowane zmiany pozwolą na wykorzystanie obecnego układu technologicznego w maksymalny możliwy sposób przystosowując go do wykorzystania do ujmowanej wody z ujęć podziemnych. Przyjęte rozwiązanie zakłada wykorzystanie istniejącego układu filtracji II^o wraz z instalacją płukania i wyposażenie istniejącego układu technologicznego w układ napowietrzania wody obejmujący aerator ciśnieniowy dynamiczny wraz z instalacją doprowadzenia powietrza. Ze względu na czas wymagany na postawienie nowego obiektu oraz uzyskanie odpowiednich pozwoleń proponuje się, aby układ napowietrzania zamontować na istniejącym obiekcie w miejscu obecnie wykorzystywanych filtrów dyskowych do mikrofiltracji firmy Arkal. Pozwoli to na dostosowanie powyższego układu technologicznego do uzdatniania ujmowanych wód podziemnych oraz na ponowne włączenie do eksploatacji studni głębinowej nr IA w Serwinowie z zapewnieniem odpowiedniego efektu uzdatniania uzyskując wyniki zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z 2017 r. poz. 2294)

3.1. Ujęcie wody

Obecne ujęcia wody w Dobromierzu oraz w Serwinowie nie podlegają modernizacji. W celu zwiększenia wydajności układu technologicznego do 70 m³/h należy ponownie wykonać operat wodno-prawny oraz uzyskać nowe pozwolenie wodnoprawne dla zwiększonej wydajności wykorzystywanych ujęć wody.

3.2. Układ napowietrzania

W celu utlenienia związków żelaza i manganu oraz usunięcia związków powodujących barwę należy ujmowaną wodę surową poddać procesowi napowietrzania przed wprowadzeniem na układ filtracji. Proces napowietrzania należy realizować w systemie

zamkniętym – ciśnieniowym poprzez aerator dynamiczny (mieszacz wodno-powietrzny) zapewniający 4÷5 minutowy czas kontaktu wody z powietrzem. Powietrze do aeratora wprowadzać przeciwprądowo do kierunku przepływu wody. Ilość powietrza powinna wynosić około 8%-15% ilości przepływającej wody. W wyniku utleniania i hydrolizy żelaza powstanie wolny CO₂, który łącznie z zawartymi w wodzie innymi gazami jak np. siarkowodór powodującymi nieprzyjemne zapachy zostanie odprowadzony automatycznym zaworem odpowietrzającym na zewnątrz aeratora. Objętość mieszacza wynosi zatem:

$$V = \frac{70 \frac{m^3}{h} \cdot (240 s \div 300 s)}{3600 \frac{s}{h}} = 4,66 m^3 \div 5,83 m^3$$

Należy dobrać aerator dynamiczny o następujących parametrach:

- średnica DN 1800 mm,
- wysokość płaszcza h = 1500 mm,
- pojemności 5,0÷5,5 m³,
- średnica króćców przyłączeniowych: DN 125÷150,
- średnica króćca sprężonego powietrza: G 1",
- ilość dysz w układzie napowietrzania: 6-8 szt.
- wypełnienie z pierścieni Bialeckiego 50x50 z PP w objętości 40÷50% pojemności aeratora

Czas kontaktu przy wydajności Q=70 m³/h

$$t_k = \frac{V}{Q} = \frac{(5,0 \div 5,5 m^3)}{70 \frac{m^3}{h}} \cdot 3600 \frac{s}{h} = 257 s \div 282 s$$

Ilość powietrza doprowadzanego do układu napowietrzania w trakcie pracy z wydajnością do 70 m³/h:

$$Q_p = Q \cdot (0,08 \div 0,15) = 70 \cdot (0,08 \div 0,15) = 5,6 \div 10,5 m^3/h$$

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

- średnica: DN 125,
- przybliżona długość mieszacza: 1200 mm.

Mikser statyczny jest przeznaczony przede wszystkim do mieszania wody z powietrzem, a jego główne zastosowanie to napowietrzanie wody w pierwszym etapie procesu jej uzdatniania. Mikser statyczny całkowicie miesza, rozprasza przepływające media umożliwiając reakcję wody z powietrzem na krótkim odcinku rurociągu zapewniając minimalny stopień napowietrzenia wody przed układem filtracyjnym.

Na dopływie do miksera zamontować bypass umożliwiający czyszczenie urządzenia.

Zamontować bypass umożliwiający awaryjnie omińnięcie aeratora i napowietrzanie za pomocą miksera.

Do celów napowietrzania wody wykorzystać sprężarkę o następujących parametrach technicznych:

- typ: tłokowa, bezolejowa
- ilość: 1 szt.,
- nadciśnienie robocze: 10 bar,
- wydajność przy nadciśnieniu roboczym: 21÷25 m³/h,
- najwyższe nadciśnienie: 11 bar,
- zbiornik sprężonego powietrza: 150÷250 L,
- sterowanie autonomiczne względem ciśnienia od presostatu z automatycznym powrotem do pracy po zaniku napięcia po stronie sieci zasilającej.

Powietrze do układu napowietrzania będzie doprowadzane przewodami o średnicy 1/2". Na przewodzie doprowadzającym powietrze do aeratora zostaną zamontowane: reduktor ciśnienia, rotametr oraz zawory grzybkowe o średnicach 1/2" do regulacji strumienia powietrza do aeracji.

Wykaz elementów zamontowanych oprócz głównych urządzeń wskazanych powyżej:

- przepustnice DN125 z napędem ręcznym – 6 szt.
- Odpowietrzniki Mankenberg 1.12 G 1" x 3/4" – 1 szt.
- Rotametr zakres pom. 20 ÷ 220 litry/minute przy ciśnieniu pracy 2 bary – 1 szt.
- Reduktory ciśnienia 1/2" – 1 szt.
- Filtr powietrza 1/2" 50 µm z półautomatycznym spustem kondensatu – 1 szt
- Filtr powietrza 1/2" 5 µm z półautomatycznym spustem kondensatu – 1 szt
- Elektrozawory 1/2" – 1 szt.
- Zawory grzybkowe 1/2" – 6 szt.
- Zawory zwrotne 1/2" – 3 szt.

Sterowanie układem napowietrzania:

- przy pracy normalnej z wydajnością ok. 70 m³/h powietrze doprowadzane będzie do aeratora dynamicznego w przeciwnym kierunku do przepływającej wody z pominięciem miksera statycznego; ilość doprowadzanego powietrza będzie regulowana oraz ustawiana za pomocą rotametru zaworem grzybkowym i reduktorem ciśnienia; otwarcie elektrozaworu po załączeniu pomp głębinowych.
- przy konieczności omińnięcia aeratora dynamicznego z zachowaniem procesu napowietrzania powietrze doprowadzane będzie przekierowane do miksera statycznego z pominięciem aeratora; ilość doprowadzanego powietrza będzie regulowana oraz ustawiana za pomocą rotametru zaworem grzybkowym i reduktorem ciśnienia wykorzystywanym do regulacji powietrza dostarczanego do aeratora w trakcie normalnej pracy; otwarcie elektrozaworu po załączeniu pomp głębinowych.

3.3. Układ filtracji

3.3.1. Układ filtracji pierwszego stopnia - demontaż

W ramach modernizacji planowany jest demontaż obecnie wykorzystywanego układu filtracji pierwszego stopnia opierającego się na wykorzystaniu filtrów dyskowych do mikrofiltracji firmy Arkal. W miejscu zdemontowanego układu mikrofiltracji, planowane jest postawienie projektowanego układu napowietrzania.

3.3.2. Układ filtracji drugiego stopnia

W ramach proponowanej modernizacji do procesu filtracji wykorzystana została istniejąca instalacja drugiego stopnia filtracji opierająca się na wykorzystaniu dwóch filtrów ciśnieniowych o średnicy DN2400 wypełnionych złożem filtracyjnym kwarcowym. Proces filtracji przy obecnie wykorzystywanym pozwoleniu wodno-prawnym z wydajnością $Q=62$ m³/h przebiegać będzie z prędkością filtracji na poziomie około 6,9 m/h. Po zwiększeniu wydajności ujęć wody do $Q=70$ m³/h prędkość filtracji nieznacznie wzrośnie do wartości około 7,7 m/h zapewniając nadal odpowiednie warunki filtracyjne. Płukanie filtrów ciśnieniowych prowadzone będzie tak jak dotychczas poprzez wykorzystanie dmuchawy oraz pompy płuczającej do płukania powietrzem oraz wodą. Każdy z filtrów płukany będzie z osobna. Do płukania wodą wykorzystywana będzie woda uzdatniona ze zbiornika retencyjnego wody czystej.

Filtry zasypane są złożem filtracyjnym o uziarnieniu:

- warstwa podtrzymująca złożo kwarcowe:
 - uziarnienie $d = 2\div 10$ mm
 - wysokość warstwy złoża $h = 0,2\div 0,3$ m
- warstwa filtracyjna złożo kwarcowe:
 - uziarnienie $d = 0,5\div 1,2$ mm
 - wysokość warstwy złoża $h = 0,8\div 1,0$ m

Przed rozpoczęciem modernizacji zaleca się dodatkową weryfikację wysokości warstwy filtracyjnej w filtrach na obiekcie oraz sprawdzenie i oczyszczenie układu odpowietrzania filtrów. W przypadku niewielkich braków złoża filtracyjnego należy złożo uzupełnić poprzez dosypanie złoża kwarcowego o uziarnieniu $0,5\div 1,2$ mm po wcześniejszej jego dezynfekcji. W przypadku konieczności przeprowadzenia wymiany złoża filtracyjnego w filtrach należy filtry zasypać następującymi warstwami:

- warstwa podtrzymująca złożo kwarcowe o uziarnieniu $d = 4\div 8$ mm i
wysokości warstwy złoża $h = 0,1$ m
- warstwa podtrzymująca złożo kwarcowe o uziarnieniu $d = 2\div 4$ mm i
wysokości warstwy złoża $h = 0,1$ m
- warstwa filtracyjna złożo katalityczne G-1 o uziarnieniu $d = 1\div 3$ mm i
wysokości warstwy złoża $h = 0,2$ m
- warstwa filtracyjna złożo kwarcowe o uziarnieniu $d = 0,8\div 1,4$ mm i
wysokości warstwy złoża $h = 0,5$ m

- warstwa filtracyjna złoża kwarcowe o uziarnieniu $d = 0,5 \div 0,8$ mm i wysokości warstwy złoża $h = 0,3$ m

Sprawdzenie prędkości filtracji na układzie dwóch filtrów ciśnieniowych DN2400:

- obliczenie powierzchni filtracji dla dwóch filtrów ciśnieniowych o średnicy DN2400

$$F = 2 * \left(\frac{d^2 * 3,14}{4} \right) = 2 * \left(\frac{2,4^2 * 3,14}{4} \right) = 2 * 4,52 = 9,04 \text{ m}^2$$

- obliczenie prędkości filtracji dla dwóch filtrów podczas pracy z wydajnością obecnie aktualnego pozwolenia wodno-prawnego dla ujęć w Dobromierzu oraz w Serwinowie
 - Wydajność studni na ujęciu w Dobromierzu $Q_D = 13 + 17 = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Wydajność studni na ujęciu w Serwinowie $Q_S = 12 + 20 = 32 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V = \left(\frac{Q_D + Q_S}{F} \right) = \left(\frac{30 + 32}{9,04} \right) = 6,86 \text{ m/dob}$$

- obliczenie prędkości filtracji dla dwóch filtrów po aktualizacji pozwolenia wodno-prawnego i zwiększeniu łącznej wydajności ujęć w Dobromierzu oraz w Serwinowie do wydajności $Q=70 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$V = \left(\frac{Q}{F} \right) = \left(\frac{70}{9,04} \right) = 7,74 \text{ m/dob}$$

Proces płukania filtrów ciśnieniowych prowadzony będzie tak jak dotychczas dwuetapowo:

- wzruszenie złoża filtracyjnego sprężonym powietrzem z intensywnością płukania $q_p = 16 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ za pomocą dmuchawy o parametrach:
 - wydajność $Q = 4,35 \text{ m}^3/\text{h}$
 - wysokość podnoszenia $H = 0,06 \text{ MPa}$
 - moc $P = 1,5 \text{ kW}$
- płukanie złoża filtracyjnego wodą uzdatnioną z intensywnością płukania $q_p = 10 \div 13 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ za pomocą pompy płucznej o parametrach:
 - wydajność $Q = 120-150-180-210 \text{ m}^3/\text{h}$
 - wysokość podnoszenia $H = 12-11, 5-10, 0-8,0 \text{ m.sł.w}$
 - moc $P = 11 \text{ kW}$
- przewidywana ilość wody na płukanie dwóch filtrów II^o:
 - przyjęty czas płukania pojedynczego filtra $5 \div 7$ minut = $360 \div 420$ sekund

$$V_{pł} = q_w * 2F * t = \left(10 \div 13 \left[\frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right] \right) * 2 * 4,52 [\text{m}^2] * (360 \div 420 [\text{s}])$$

$$= 27120 \div 49358 [\text{dm}^3] = 27,12 \div 49,36 [\text{m}^3]$$

Przyjęto czasookres pomiędzy płukaniem filtrów ciśnieniowych co 6 dni. Po przeprowadzeniu modernizacji na podstawie prowadzonych analiz na obiekcie należy w trakcie rozruchu

przyjęty czas między płukaniem uściśnięciem i dostosować do aktualnych warunków pracy. Po ponownym włączeniu do pracy instalacji do mikrofrakcji proponowane czasy płukania wodą filtrów ciśnieniowych mogą ulec skróceniu oraz czas pomiędzy płukaniem wydłużeniu.

4. Zestawienie podstawowych materiałów i urządzeń do przyjętych rozwiązań technologicznych

LP	Urządzenie	Ilość elementów
1	Aerator dynamiczny o średnicy DN1800 - wysokość płaszcza h=1500 mm, - pojemność aeratora V=5,0÷5,5 m ³ , - ilość dysz napowietrzających 6÷8 szt., - wypełnienie z pierścieni Bialeckiego 50x50 z PP w objętości 40÷50% pojemności aeratora	1 szt
2	Mieszacz statyczny rurowy - średnica DN125 - długość mieszacza ok. 1200 mm - wykonanie stal 314	1 szt
3	Sprężarka tłokowa bezolejowa - nadciśnienie robocze: 10 bar, - najwyższe nadciśnienie: 11 bar, - wydajność przy nadciśnieniu roboczym: 21÷25 m ³ /h, - zbiornik sprężonego powietrza: 150÷250 L, - sterowanie autonomiczne względem ciśnienia od presostatu z automatycznym powrotem do pracy po zaniku napięcia po stronie sieci zasilającej.	1 szt
4	Zawór bezpieczeństwa Airpol - na instalacji powietrza - gwint 1/2" - ciśnienie otwarcia 6 bar	1 szt
5	Zawór bezpieczeństwa na instalacji wody surowej przed aeratorem (montaż w przypadku gdy studnie głębinowe mają wysokość podnoszenia powyżej 60 m słupa wody, zawór/zawory bezpieczeństwa dobrać tak aby miały wydajność wyrzutu wody większą od łącznej wydajności ujęcia) - typ zaworu SYR 2115 - ciśnienie otwarcia 6 bar - średnica przyłącza - wydajność zaworu w trakcie wyrzutu wody do 43,5 m ³ /h	2 szt
6	Przepustnica między kołnierzowa DN125 z napędem ręcznym	6 szt
7	Odpowietrznik firmy Mankenberg typu 1.12 G 1" x 3/4" - wykonanie stal 316	1 szt
8	Rotametr Kytola model A-8D R - do pomiaru przepływu powietrza - zakres pomiarowy 20 ÷ 220 litry/minutę - ciśnienie pracy 2 bary - maksymalne ciśnienie pracy - 10 bar lub więcej	1 szt
9	Reduktor ciśnienia z filtrem powietrza - średnica przyłącza 1/2"	1 szt

	- stopień filtracji 5 um, - półautomatyczny spust kondensatu	
10	Filtr powietrza - średnica przyłącza 1/2" - stopień filtracji 50 um, - półautomatyczny spust kondensatu	1 szt
11	Elektrozawór normalnie zamknięty - średnica przyłącza 1/2" - napięcie cewki: 24VDC lub 230V	1 szt
12	Zawór grzybkowy mosiężny przelotowy 1/2"	6 szt
13	Zawór zwrotny mosiężny 1/2"	3 szt
14	Kolano PE DN125 - zgrzewane doczołowo	4 szt
15	Trójnik PE DN125 - zgrzewany doczołowo	4 szt
16	Tuleja PE DN125 z kołnierzem	6 szt
17	Rurociąg PE DN125	10÷12 mb
18	Złoże filtracyjne dla dwóch filtrów: - złożo kwarcowe o granulacji 4-8 mm, wysokość h=0,1 m - złożo kwarcowe o granulacji 2-4 mm, wysokość h=0,1 m - złożo G-1 o granulacji 1-3 mm, wysokość h=0,2 m - złożo kwarcowe o granulacji 0,8-1,4 mm, wysokość h=0,5 m - złożo kwarcowe o granulacji 0,5-0,8 mm, wysokość h=0,3 m	1450 kg 1450 kg 3600 kg 7000 kg 4200 kg
19	Agregat prądowórczy zewnętrzny 50 kW	1 szt

5. Załączniki

- Schemat technologiczny