

TECH – WOD

✓ *Technologia wody i ścieków,*
✓ *Projektowanie i badania.*

ul. Truskawkowa 10

61-306 Poznań

tel. 608 326 998

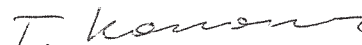
e-mail: tkonarczak@wp.pl

Obiekt: Stacja Uzdatniania Wody w Ordzinie
gm. Obrzycko

Zleceniodawca: Urząd Gminy w Obrzycku

Temat: Badania nad możliwością poprawy efektów
uzdatniania na SUW w Ordzinie.
Założenia do koncepcji modernizacji stacji.

Autor: mgr inż. Tadeusz Konarczak



=TECH-WOD=
Technologia wody i ścieków, Projektowanie i badania
mgr inż. Tadeusz Konarczak
61-306 Poznań, ul. Truskawkowa 10
tel. 879-88-35
NIP 782-102-14-49, REGON 639735014

Poznań – sierpień – 2012

Spis treści.

1. Wstęp.
2. Ujęcie wody i jej jakość.
3. Podstawy teoretyczne procesu uzdatniania.
4. Istniejący układ uzdatniania i efekty uzdatniania.
5. Metodyka badań.
6. Wyniki badań na filtrach modelowych.
 - 6.1. Napowietrzanie.
 - 6.2. Filtracja.
 - 6.3. Płukanie złóż filtracyjnych.
 - 6.4. Dezynfekcja wody uzdatnionej.
7. Technologia uzdatniania wody.
8. Założenia do koncepcji modernizacji stacji uzdatniania.

Załączniki

1. Pozwolenie wodno – prawne.
2. Plan sytuacyjny ujęcia i stacji uzdatniania.
3. Karta otworu studziennego – profil litologiczny.
4. Rzut rozmieszczenia urządzeń na stacji uzdatniania.
5. Karta charakterystyki desorbera kolumnowego.
6. Karta charakterystyki filtra ciśnieniowego.
7. Schemat technologiczny stacji uzdatniania.
8. Przykład wyposażenia w przepustnice filtra ciśnieniowego.
9. Pionowy zbiornik retencyjny.
10. Karta charakterystyki masy aktywnej G – 1.
11. Podstawowe parametry wody surowej.
12. Proponowany schemat rozmieszczenia urządzeń po modernizacji

1. Wstęp.

Na zlecenie Urzędu Gminy w Obrzycku wykonane zostały badania jakościowe oraz technologiczne na urządzeniach modelowych nad uzdatnianiem wody z ujęcia w miejscowości Ordzin. Badaniami objęta była woda ze studni nr 1 i 2 aktualnie eksploatowanych i w przyszłości stanowić będą źródło zaopatrzenia w wodę.

Wykonane badania pozwoliły na ustalenie aktualnej jakości wody ze studni nr 1 i 2 oraz ustalenie podstawowych parametrów dla technologii uzdatniania:

- jakość wody surowej,
- sposób napowietrzania,
- czas przetrzymania wody z powietrzem,
- prędkość filtracji,
- parametry płukania złoża filtracyjnego,
- ustalenie dawki chloru do dezynfekcji.

Wykonane badania i rozpoznanie na SUW w Ordzinie oraz efekty uzdatniania na eksploatowanym układzie technologicznym pozwoliły na opracowanie założeń do koncepcji zmodernizowania stacji uzdatniania.

2. Charakterystyka ujęcia wody.

Ujęcie wody w miejscowości Ordzin stanowią dwie studnie wiercone ujmujące wodę z trzeciorzędowego poziomu mioceńskiego. Studnie zlokalizowane są na terenie stacji uzdatniania. Teren stacji uzdatniania i studnie są ogrodzone i ogrodzenie stanowi strefę ochrony bezpośredniej ujęcia.

Tabela nr 1

	Studnia nr 1	Studnia nr 2
rok wykonania	1987	2000
głębokość studni m. p.p.t.	152,5	152
zwierciadło wody nawiercone m. p.p.t.	120,5	125
stratygrafia	trzeciorzęd	trzeciorzęd
statyczne lustro wody m. n.p.t.	10,35	10,8
wydajność eksploatacyjna $Q = \text{m}^3/\text{h}$	39,6	32,5
depresja – m.	6,42	12,9

Studnie w chwili obecnej eksploatowane są naprzemiennie lub równocześnie (sterowanie ręczne). Analizy wody ze studni nr 1 z roku 1987 przedstawione są w załączniku.

Zasoby eksploatacyjne według operatu wodno – prawnego zatwierdzone są w ilości $Q_{\text{max}} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{śr.dob.}} = 383,5 \text{ m}^3/\text{dobe}$, $Q_{\text{max roczne}} = 140\,000 \text{ m}^3/\text{r}$.

2.1. Jakość wody w okresie badań.

Wyniki aktualnych badań fizyko – chemicznych ze studni nr 1 i 2 z ujęcia Ordzin pobieranej w trakcie badań technologicznych nad jej uzdatnianiem przedstawiono w załącznik nr 11. Oznaczenia tj. zapach, mętność, barwa, odczyn, zasadowość, wolny dwutlenek węgla, amoniak, żelazo, mangan, przewodność wykonano w miejscu pobrania próby.

Analizę wykonano w zakresie niezbędnym dla scharakteryzowania jakości wody i sposobu jej uzdatnienia. Z badań wynika, że wodę z ujęcia Ordzin scharakteryzować można jako wodę o wyraźnie wyczuwalnym zapachu siarkowodorowo – gnilnym, roślinnym i barwie 15 w skali platynowej. Mętność wody wynikająca z utlenienia żelaza po kontakcie wody z powietrzem wynosiła

0,3 – 0,5 NTU. Odczyn wody jest obojętny i wynosi 7,00 pH. Woda zawiera około 32 mg/dm^3 wolnego dwutlenku węgla. Zasadowość wody jest na średnim poziomie i wynosi $4,9 \text{ mval/dm}^3$. Woda ma twardość na wysokim poziomie (w połowie węglanową i niewęglanową) i wynosi ona $7,6 \text{ mval/dm}^3$ ($380 \text{ mg CaCO}_3/\text{dm}^3$). Woda charakteryzuje się niskim stężeniem związków azotowych, zarówno azotu amonowego i azotanowego. Stężenie żelaza na niskim poziomie i wynosi średnio $0,2 \text{ mg/dm}^3$ a stężenie manganu na bardzo niskim poziomie i wynosi $0,015 \text{ mg/dm}^3$.

Utlonialność wody kształtuje się na niskim poziomie i wynosi średnio $2,5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, co świadczy o dobrej jakości (czystości) tej wody. Woda wykazuje wysoki stopień zmineralizowania i mierzony przewodnością wynosi $740 \mu\text{s/cm}$. Zgodnie z klasyfikacją PIOS wodę można zakwalifikować do III klasy jakości wód podziemnych.

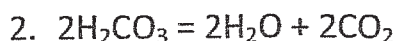
W porównaniu z wynikami badań wody uzyskanymi w okresie wcześniejszym nie obserwuje się pogorszenia jakości wody z ujęcia Ordzin.

3. Podstawy teoretyczne procesów uzdatniania.

Proces odżelaziania i odmanganiania sprowadza się do przeprowadzenia łatwo rozpuszczalnych soli żelaza i manganu w trudno rozpuszczalny wodorotlenek żelazowy (Fe(OH)_3) i uwodniony dwutlenek manganowy MnO(OH)_2 , które można usunąć poprzez filtrowanie wody.

O skuteczności tych procesów decyduje wiele czynników, takich jak: odczyn wody, postać w jakiej występuje żelazo i mangan, zawartość wolnego dwutlenku węgla i tlenu rozpuszczonego w wodzie, obecność związków organicznych, potencjał redox wody oraz jej skład chemiczny.

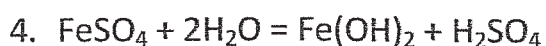
Pierwszym etapem odżelaziania wody jest hydroliza soli żelazawych i dalej ich utlenianie do wodorotlenku żelazowego zgodnie z reakcjami:



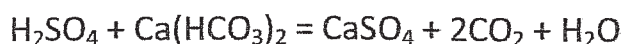
Powstający wodorotlenek żelazowy ulega flokulacji, w wyniku której powstaje zawiesina łatwa do usunięcia na filtrze.

Do właściwego przebiegu reakcji (3) konieczna jest dostateczna ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie. Ponieważ wody podziemne zwykle zawierają bardzo małe ilości tlenu, dlatego konieczne jest ich napowietrzanie. Dodatkową zaletą napowietrzania jest usuwanie z wody wolnego CO_2 , przez co ułatwia i przyspiesza się przebieg reakcji (1).

Jeżeli sole żelazawe występują w wodzie w postaci siarczanów, wówczas hydroliza przebiega następująco:

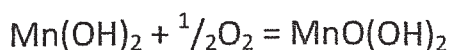
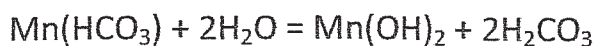


Aby proces wydzielania wodorotlenku żelazowego nie został zahamowany powstający w reakcji (4) kwas siarkowy musi zostać związany. Przy dostatecznie wysokiej zasadowości wody proces ten zachodzi samorzutnie.



Jeżeli woda ma niską zasadowość lub ma niskie pH, przy którym może być silnie agresywna wskutek występowania agresywnego CO_2 , wówczas należy prowadzić alkalizację wody.

Usuwanie manganu polega na hydrolizie soli manganowych z wydzieleniem wodorotlenku manganowego, a następnie jego utlenienia, zgodnie z reakcjami:



Gdy złożo filtracyjne pokryte jest $\text{MnO}(\text{OH})_2$, wówczas dobre efekty odmanganiania uzyskuje się już przy pH 6,8 i wyższym.

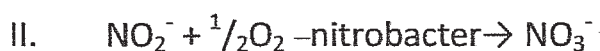
Ponieważ obecne w wodzie jony żelazawe również reagują z dwutlenkiem manganu tworzącym aktywną powłokę, przez co obniża się efekt odmanganiania wody. Przy dużej zawartości związków żelaza w wodzie proces odżelaziania i odmanganiania należy prowadzić oddzielnie.

Obecność azotu amonowego w wodzie poważnie komplikuje układ jej oczyszczania. Może on być prowadzony przez: odpędzenie amoniaku powietrzem, zastosowanie wymiany jonowej, utlenianie chemiczne (chlorem, ozonem). Stosowane tradycyjne napowietrzanie i filtracja wód podziemnych obniżają stężenie azotu amonowego o około 10 – 30%. Utlenianie chemiczne stwarza niebezpieczeństwo powstawania chlorowanych związków, głównie organicznych (chloroaminy) oraz potrzebę dechloracji. Wymagana jest duża dawka chloru (do punktu przełamania), która wynosi teoretycznie 7,6 : 1. Dla właściwego przebiegu procesu wymagane jest zapewnienie nie tylko optymalnej dawki chloru, ale i wartości pH = około 7,5, właściwej intensywności mieszania i czasu kontaktu. Podwyższenie odczynu można uzyskać poprzez dawkowanie ługu sodowego lub zastosowania złoża dolomitowego w procesie filtracji.

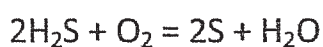
Najbezpieczniejszą i skuteczną formą pozbycia się azotu amonowego z wody jest zastosowanie wymiany jonowej na złożach zawierających minerał naturalny $(K, Na, \frac{1}{2}Ca)_2 Al_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot 8H_2O$. Żelazo i mangan będą zakłócać proces uwalniania amoniaku, w związku z tym należy wcześniej wodę pozbawić żelaza i manganu.

Inną metodą jest biologiczna nitryfikacja azotu amonowego realizowana na złożach węgla aktywnego lub piaskowego. Badania przebiegu i skuteczności tej metody wykazały, że utlenianie NH_4^+ do NH_3^- jest możliwe po wpracowaniu złoża węglowego trwającego od 20 do 60 dni przy obecności tlenu w ilości

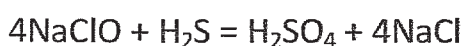
około 5mg O₂ na 1 mg NH₄⁺. Ilość tlenu jest sumą stechiometrycznego zapotrzebowania na tlen w następujących po sobie fazach nitryfikacji:



Obecność w wodzie siarkowodoru utrudnia procesy utleniania w związku z tym należy uwolnić go z wody. Siarkowodór występuje głównie w formie gazowej i uwolnić go można poprzez intensywne napowietrzanie (dostarczenie tlenu z powietrza) przy odpowiednim czasie kontaktu wg reakcji:



Wytrącona wolna siarka łatwo zatrzymuje się na złożu w trakcie filtracji. Można również związać siarkowodór w reakcji chemicznej dawkując do wody utleniacz w postaci podchlorynu sodu:



Metoda ta powoduje obniżenie odczynu wody co nie jest bez znaczenia na odmanganianie. Najkorzystniej jest stosować intensywne napowietrzanie i odpowiedni czas kontaktu i odgazowanie.

4. Istniejący układ uzdatniania i efekty uzdatniania.

Aktualnie układ technologiczny przedstawia się następująco:

Woda surowa ujmowana jest dwoma studniami i pompami głębinowymi naprzemiennie lub równocześnie. Dwoma pompami tłoczona jest do aeratora o średnicy 1400 mm i pojemności 3 m³. Do aeratora doprowadzone jest poprzez zawór elektromagnetyczny sprzężony z pompą głębinową powietrze z pracujących zamiennie dwóch sprężarek WAN-K współpracujących ze zbiornikiem powietrza o pojemności 1,5 m³. Ilość powietrza jest stała niezależnie czy pracuje jedna studnia czy dwie równocześnie. Do rurociągu wody napowietrzanej dawkowany jest roztwór podchlorynu sodu za pomocą

pompy dozującej – chlorator C – 35. Tak przygotowana woda tłoczona jest do zbiornika retencyjnego o pojemności 100 m³ usytuowanego na zewnątrz budynku stacji. Woda ze zbiornika retencyjnego tłoczona jest przez pompy wirowe II^o (65 PJM 200 i 50 PJMb 200) na układ filtracji, który stanowią trzy filtry stalowe ciśnieniowe o średnicy 1400 mm wypełnione złożem piaskowym o granulacji 0,8 – 1,4 mm i wysokości warstwy 1,2 m ułożonym na warstwie podtrzymującej żwiru o granulacji 3 – 20 mm i wysokości 30 cm.

Po procesie filtracji woda poprzez wodomierz tłoczona jest do rurociągu wody uzdatnionej. Do rurociągu dołączony jest bocznikowo zbiornik hydroforowy o średnicy 1,8 m i pojemności 6 m³, mający za zadanie stabilizowanie wahań ciśnień w sieci.

Złoża filtracyjne płukane są w układzie powietrze – woda. Wody popłuczne odprowadzane są osadnika wód popłucznych skąd wody nadosadowe pompą odprowadzane są do rowu melioracyjnego.

Stacja uzdatniania w zależności od rozbioru pracuje w układzie pracy jednej studni wtedy jej wydajność wynosi około 39 m³/h lub w układzie pracy dwóch studni i wtedy jej wydajność wynosi około 75 m³/h. Parametry pracy studni.

– napowietrzanie: $Q_1 = 39 \text{ m}^3/\text{h} = 0,65 \text{ m}^3/\text{min}$

$$Q_2 = 75 \text{ m}^3/\text{h} = 1,25 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_{\text{zbiornika}} = 60 \text{ m}^3 \text{ (pojemność robocza)}$$

$$tk_1 = \frac{V}{Q} = \frac{60}{0,65} = 92 \text{ min}$$

$$tk_2 = \frac{60}{1,25} = 48 \text{ min}$$

– filtracja: $DN = 1400 \text{ mm}, F = 1,53 \text{ m}^2 - \text{ sztuk } 3$

$$F_c = 1,53 \times 3 = 4,59 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q}{F} = \frac{39}{4,59} = 8,5 \text{ m/h}$$

$$V_2 = \frac{75}{4,59} = 16,3 \text{ m/h}$$

- płukanie złóż filtracyjnych – wodą surową pompą o wydajności około 40 m³/h oraz powietrzem ze zbiornika w ilości 0,7 m³/min (11,6 l/s).

$$\text{intensywność płukania } i = l/m^2 * s$$

$$Q = 40 \text{ m}^3/h = 11,1 \text{ l/s}$$

$$F = 1,51 \text{ m}^2$$

$$i_w = 11,1/1,51 = 7,35 \text{ l/m}^2 * s$$

$$i_p = 11,66/1,51 = 7,72 \text{ l/m}^2 * s$$

- efekt uzdatniania:

W okresie badań wykonano analizę wody surowej, napowietrzonej i uzdatnionej z jednej jak i dwóch studni w celu określenia efektów napowietrzania i filtracji. Wykonano analizy wody w zakresie przedstawionym w poniższej tabeli.

Tabela nr 2

Parametr	Praca jednej studni			Praca dwóch studni		
	Woda surowa	Po zbior. reakcji	Po filtrze	Woda surowa	Po zbior. reakcji	Po filtrze
Q = m ³ /h	39	39	39	75	75	75
t _k = minut	-	92	-	-	48	-
V _f = m/h	-	-	8,5	-	-	16,3
Zapach	z4S _{H2S}	z1R-G	z1R	z4S _{H2S}	z1R-G	z1R
Tlen rozpuszczony mg O ₂ /dm ³	0,2	4,8	4,6	0,4	5,0	4,4
Mętność NTU	0,3	4,2	0,1	0,5	4,0	0,1
Odczyn pH	7,05	6,9	7,0	7,05	7,0	7,0
Żelazo og. mg Fe/dm ³	0,20	0,20	nw.	0,22	0,20	nw.
Mangan mg Mn/dm ³	0,020	0,020	nw.	0,020	0,020	śl.
Amoniak mg NH ₄ /dm ³	0,40	0,30	0,20	0,40	0,30	0,20

z1R-G – roślinno – gnilny

5. Metodyka badań.

Z parametrów jakości wody a szczególnie wyraźny zapach siarkowodoru, wysoka zawartość wolnego CO₂ oraz na średnim poziomie stężenia żelaza i amoniaku jak również odczyn wody obojętny pozwoliły na ukierunkowanie badań ku otwartemu napowietrzaniu oraz filtrację przez złoża kwarcowe lub kwarcowo braunsztynowe. Badania wykonano na instalacji modelowej składającej się z kolumny napowietrzania wypełnionej pierścieniami Rashiga, do której dopływa woda surowa z ujęcia oraz zbiornik reakcji o regulowanym czasie przetrzymania. Wodę napowietrzoną filtrowano przez złoża filtracyjne ułożone w dwóch filtrach wykonanych z rur PLEXI. Filtry wyposażone były w system zaworów do regulacji natężenia przepływu i pomiaru prędkości filtracji za pomocą rotametrów zamontowanych na odpływie z filtrów. Wypełnienie filtra nr 1 stanowił piasek kwarcowy wpracowany a w filtrze nr 2 piasek kwarcowy surowy oraz braunsztyn (masa aktywna G-1). Stosowano czas kontaktu w kolumnie 5 – 8 minut (określone w próbach testowych – tabela nr 3) oraz prędkość filtracji 10 – 15 m/h. Kontrolę procesu uzdatniania prowadzono poprzez oznaczenie w filtracie żelaza, manganu, odczynu, mętności, utlenialności, tlenu rozpuszczonego, amoniaku.

6. Wyniki badań technologicznych.

6.1. Napowietrzanie wody.

Jak stwierdzono w ocenie jakości wody jej charakter wskazuje na konieczność stosowania otwartego systemu napowietrzania. W tym celu wykonano szereg prób napowietrzania stosując czasy kontaktu wody z powietrzem od 2 do 10 minut i oznaczono efekty napowietrzania badając takie wskaźniki jak: odczyn, żelazo ogólne i III wartościowe, wolny CO₂, tlen rozpuszczony, mętność, amoniak. W tabeli nr 3 przedstawione są efekty napowietrzania w zależności od

czasu kontaktu. Obojętny odczyn wody surowej oraz zasadowość na poziomie 5,5 mval/dm³ sprzyja utlenianiu i hydrolizie żelaza. Minimalny czas przetrzymania przy otwartym napowietrzaniu powinien wynosić 5 minut.

Z badań wynika, że stosując otwarty system napowietrzania przy czasie przetrzymania 5 minut uzyskuje się:

- natlenienie wody do około 7,5 mg O₂/dm³,
- odgazowanie w około 70%,
- utlenienie żelaza z II do III wartościowego w około 50%,
- uwolnienie amoniaku w około 30%.

Efekty uzyskane przy tych parametrach napowietrzania stanowią dobre przygotowanie wstępne wody przez filtracją pod warunkiem dobrego systemu odprowadzenia powstałych gazów na kolumnie napowietrzającej i filtrach.

Efekt napowietrzania otwartego na kolumnie wypełnionej pierścieniami Rashiga.

Tabela nr 3

Lp.	Parametr	Woda surowa	Po czasie kontaktu – min.			
			2	5	7	10
1	Zapach	z4S _{H2S}	z1S _{H2S}	z1R-G	z1R-G	z1R-G
2	Tlen rozpuszczony mg O ₂ /dm ³	0,2	7,4	7,2	7,2	7,0
3	Odczyn pH	7,0	7,05	7,1	7,1	7,1
4	Żelazo og. mg Fe/dm ³	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
5	Żelazo III wart. mg Fe/dm ³	nw.	0,08	0,10	0,12	0,15
6	Żelazo II wart mg Fe/dm ³	0,20	0,12	0,10	0,08	0,05
7	Amoniak mg NH ₄ /dm ³	0,40	0,35	0,30	0,30	0,30
8	CO ₂ wolny mg CO ₂ /dm ³	32,4	17,6	14,2	8,8	8,8

6.2. Filtracja.

Filtrację realizowano na dwóch filtrach zamkniętych wypełnionych złożami filtracyjnymi o następującej charakterystyce:

Filtr 1

- warstwa podkładowa – żwir o granulacji 3 – 16 mm i wysokości warstwy 20 cm,
- warstwa filtracyjna – piasek kwarcowy wpracowany (naturalnie w eksploatacji uaktywniony tlenkami żelaza i manganu) o granulacji 0,8 – 1,4 mm i charakterystyce przedstawionej z załączniku i wysokości warstwy piaski 120 cm.

Filtr nr 2

- warstwa podkładowa – jak w filtrze nr 1
- warstwa filtracyjna – składa się z dwóch warstw:
braunsztyn o granulacji 1 – 3 mm i wysokości warstwy 15 cm i charakterystyce przedstawionej w załączniku (masa aktywna G-1),
piasek kwarcowy surowy 0,8 – 1,4 mm o charakterystyce przedstawionej w załączniku i wysokości warstwy 115 cm.

Stosowano prędkość filtracji 10 i/15 m/h. Filtrację początkowo prowadzono z prędkością 10 m/h następnie zwiększano do 12 m/h i po kilku godzinach zwiększono do 15 m/h. Zwiększenie prędkości filtracji nawet do 15 m/h zapewniało całkowite usunięcie manganu i żelaza. W trakcie filtracji kontrolowano prędkość filtracji poprzez pomiar rotametrem. Próby filtratu pobierano w trakcie trwania filtracji i oznaczono podstawowe parametry niezbędne dla określenia efektów uzdatniania. Wyniki uzyskane w układzie filtracji przez dwa różne złoża przedstawione są w tabelach nr 4 i 5.

Z badań wynika, że poprzez napowietrzanie otwarte i filtracje przez złożo kwarcowe surowe połączone z braunsztyнем można uzyskać pełne odżelazienie i odmanganianie wody przy prędkościach filtracji do 15 m/h.

Zestawienie wyników filtracji przez złoża filtracyjne.

Filtr nr 1 - piasek kwarcowy wpracowany.

Tabela nr 4

Parametr		Woda napowietrzona $t_k = 5 \text{ min}$	Analiza filtratu, prędkość filtracji m/h		
			$V_f = 10 \text{ m/h}$	$V_f = 12 \text{ m/h}$	$V_f = 15 \text{ m/h}$
1	Mętność NTU	10	0	0	0
2	Odczyn pH	7,1	7,1	7,15	7,15
3	Żelazo og mg Fe/dm ³	0,22	nw.	nw.	śl.
4	Żelazo III wart. mg Fe/dm ³	0,15	-	-	-
5	Żelazo II wart. mg Fe/dm ³	0,07	-	-	-
6	Mangan mg Mn/dm ³	0,015	nw.	nw.	śl.
7	Tlen rozp. mgO ₂ /dm ³	7,4	7,0	7,0	6,8

Filtr nr 2 – piasek kwarcowy surowy, braunsztyн (masa aktywna G-1)

Tabela nr 5

Parametr		Woda napowietrzona $t_k = 5 \text{ min}$	Analiza filtratu, prędkość filtracji m/h		
			$V_f = 5 \text{ m/h}$	$V_f = 7 \text{ m/h}$	$V_f = 10 \text{ m/h}$
1	Mętność NTU	10	0	0	0
2	Odczyn pH	7,1	7,1	7,1	7,1
3	Żelazo og mg Fe/dm ³	0,22	nw.	nw.	nw.
4	Żelazo III wart. mg Fe/dm ³	0,15	-	-	-
5	Żelazo II wart. mg Fe/dm ³	0,07	-	-	-
6	Mangan mg Mn/dm ³	0,015	nw.	nw.	śl.
7	Tlen rozp. mgO ₂ /dm ³	7,4	7,1	7,0	7,0

6.3. Płukanie ziół filtracyjnych.

Płukanie ziół filtracyjnych wykonano powietrzem i wodą. Wstępnie spulchniano powietrzem stosując intensywność $20 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$ w ciągu 3 minut. po tym czasie płukano wodą z intensywnością od 14 do $15 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$ w ciągu 7 minut. Głównym celem płukania w warunkach niepełnego cyklu filtracyjnego było ustalenie intensywności płukania wodą złoża braunsztynowo – kwarcowego by uzyskać ruch złoża w całej masie.

Efekt taki uzyskano przy intensywności $14 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$. Ekspansja złoża wynosiła wtedy 27%. Osady z wód popłucznych sedymentują dość wolno i należy przewidzieć w tym celu osadnik dla wód popłucznych o czasie przetrzymania $\frac{1}{2}$ doby.

6.4. Dezynfekcja wody uzdatnionej.

Wykonano próbę dezynfekcji wody w celu ustalenia dawki chloru do dezynfekcji (zapotrzebowanie chloru). Chlorowanie wykonano roztworem podchlorynu sodu. Do 8 prób wody uzdatnionej dodawano odpowiednie dawki chloru od 0,2 do $1,6 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ i po 30 minutach oznaczono w próbach chlor pozostały.

Z przeprowadzonych badań wynika, że do dezynfekcji wody uzdatnionej należy stosować dawkę chloru $0,6 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$, aby uzyskać stężenie chloru pozostałego w wodzie u konsumenta $> 0,3 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29.03.2007r.). Do obliczeń przyjęć średnią dawkę $0,8 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$.

Tabela nr 6

Dawka chloru $\text{mg Cl}_2/\text{dm}^3$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Chlor pozostały $\text{mg Cl}_2/\text{dm}^3$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

7. Technologia uzdatniania wody.

Na podstawie przeprowadzonych badań jakości wody oraz w wyniku przeprowadzonych badań technologicznych na urządzeniach modelowych ustala się następującą technologię uzdatniania wody z ujęcia Ordzin gm. Obrzycko.

7.1. Wodę napowietrzyć w otwartym desorberze kolumnowym ze zbiornikiem reakcji o pojemności zapewniającej minimum 5 minutowy czas kontaktu wody z tlenem z powietrza. Ze względu na obecność w wodzie wolnego dwutlenku węgla oraz dobrą zasadowość wody, desorber wyposażyć w sprawny system zapewniający odprowadzenie nadmiaru powietrza, wolnego CO₂ oraz produktów hydrolizy.

W wyniku napowietrzania i 5 minutowego czasu kontaktu uzyskuje się:

- natlenienie wody do zawartości 7,5 mg O₂/dm³,
- utlenienie żelaza z II do III wartościowego w około 50%,
- uwolnienie wolnego CO₂ w około 70%,
- wzrost odczynu wody z 7,0 – 7,1 pH.

7.2. Wodę napowietrzoną filtrować przez złożę kwarcowo – katalityczne (braunsztyń) ułożone w filtrach zamkniętych ciśnieniowych.

Charakterystyka złoża:

Warstwa podtrzymująca – żwir o granulacji 3 – 16 mm i wysokości warstwy około 10 cm powyżej drenażu rurowego.

10 – 16 mm – do przykrycia drenażu rurowego

5 – 10 mm – h = 7,5 cm

3 – 5 mm – h = 7,5 cm

Warstwa filtracyjna składać się będzie z:

- braunsztynu (masa aktywna G – 1) o granulacji 1 – 3 mm i wysokości warstwy 15 cm (charakterystyka w załączniku),
- piasek kwarcowy o granulacji 0,8 – 1,4 mm (charakterystyka na wykresie) i wysokości warstwy 115 cm,
- wskazane jest wykorzystanie częściowe piasku z pracujących filtrów. Złoże wymaga jedynie dobrego wypłukania i dezynfekcji z intensywnością założoną w technologii.

7.3. Prędkość filtracji.

Stosować prędkość filtracji do 15 m/h.

7.4. Czas cyklu filtracyjnego.

Czas cyklu filtracyjnego należy ustalić w czasie eksploatacji. Z wstępnych pomiarów przyrostu oporu złoża przewidywać należy, że płukanie przewidzieć 1 raz w tygodniu.

7.5. Płukanie złoża filtracyjnego.

Płukanie przeprowadzić w następujący sposób.

Po zamknięciu zasuw doprowadzającej wodę surową spuścić wodę z filtra do poziomu złoża i włączyć powietrze w celu spulchnienia złoża stosując intensywność przepływu $20 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$ w ciągu 3 minut. Po tym czasie zamknąć zasuwę powietrza i rozpocząć płukanie wodą uzdatnioną stosując intensywność nie mniejszą niż $14 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$ ze względu na ciężar nasypowy braunsztynu. Ekspansja złoża wynosi 27%. Czas płukania wodą 7 minut.

Dobrać pompę o odpowiedniej wydajności i wysokości podnoszenia dla pokonania wysokości geometrycznej i oporu złoża. Wody popłuczne odprowadzić do osadnika wód popłucznych o czasie przetrzymania $\frac{1}{2}$ doby.

Wodę nadosadową po tym czasie odprowadzić do systemu rowów melioracyjnych lub do wód powierzchniowych. Stężenie żelaza w wodzie nadosadowej po tym czasie sedymentacji będzie wynosić około 3 – 5 mg Fe/dm³ a zawiesina około 15 – 20 mg/dm³.

7.6. Dezynfekcja wody uzdatnionej.

Wodę uzdatnioną dezynfekować chlorem (podchloryn sodu) stosując dawkę 0,6 mg Cl₂/dm³. Dawkę oznaczono dla wody uzdatnionej.

W wyniku zastosowania przedstawionej technologii uzdatniania uzyska się wodę o parametrach odpowiadających wymaganiom zawartym w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29.03.2007r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dziennik Ustaw nr 61 z dnia 06.04.2007r.).

8. Założenia do koncepcji modernizacji stacji uzdatniania.

Konieczność modernizowania stacji uzdatniania wynika z:

- znacznego zużycia urządzeń, rurociągów, zbiornika wstępnego, pomp i pomieszczeń budynku stacji,
- braku możliwości zabezpieczenia odpowiedniej jakości wody w ilościach niezbędnych do pokrycia potrzeb szczytowych wynikających z braku zbiorników retencyjnych wody uzdatnionej,
- konieczność zmiany technologii uzdatniania, która zapewni uzyskanie wody o parametrach odpowiadających wodzie do spożycia przez ludzi,
- przyjęta technologia zabezpieczy układ uzdatniania przez występującymi zakażeniami wody,
- dawkowanie podchlorynu sodowego do wody zawierającej znaczne stężenie siarkowodoru powoduje wytrącenie się siarczków i obniża

- odczyn wody co pogarsza efekt filtracji i umożliwia rozmnażanie się mikroorganizmów w złożu filtracyjnym,
- brak możliwości wytlukania złóż filtracyjnych,
 - konieczność zabezpieczenia studni poprzez wyposażenie ich w szczelne obudowy,
 - stacja uzdatniania sterowana jest ręcznie co wiąże się z koniecznością stałego nadzoru nad pracą stacji,
 - konieczność zautomatyzowania procesu technologicznego i sterowania stacją,

Założenia do koncepcji.

Z pozwolenia wodno – prawnego wynika, że zatwierdzono pobór wód w ilości:

$$Q_{\text{max godz.}} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{śred. dobowe}} = 383,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{max roczne}} = 140\,000 \text{ m}^3$$

Wydajność eksploatacyjna studni wynosi:

$$\text{ST-1} = 39,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{ST-2} = 32,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Studnie pracować będą naprzemiennie.

Podstawową studnią jest studnia nr 1, w związku z tym dla tej wydajności należy projektować modernizację stacji uzdatniania.

Zrealizowanie zbiorników retencyjnych wody uzdatnionej i zespołu hydroforowego II^o pozwoli na produkcję wody przy pracy jednej studni o wydajności 40 m³/h i 12-tu godzinach pracy na dobę w ilości 40 x 12 = 480 m³/dobę czyli znacznie powyżej możliwości robiorowych. Mając na uwadze możliwości wykorzystania pełnych zasobów w ilości 51 m³/h należy poprowadzić tak modernizację by można te zasoby wykorzystać.

8.1. Pompy głębinowe

W związku ze zmianą systemu napowietrzania z ciśnieniowego na otwarty parametry pomp głębinowych powinny być dostosowane do wydajności eksploatowanych studni i wysokości podnoszenia. Całkowita wysokość desorbera kolumnowego (zbiornik + kolumna) wynosi 4,3 m w związku z tym geometryczna wysokość podnoszenia pompy w studniach powinna wynosić:

$$\text{ST-1 statyczne lustro wody} + 4,3 = 10,35 + 4,3 = 14,65 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$\text{ST-2 statyczne lustro wody} + 4,3 = 10,8 + 4,3 = 15,1 \text{ m H}_2\text{O}$$

Uwzględnić należy opory na rurociągu i armaturze.

8.2. Napowietrzanie

Dla założonej wydajności stacji uzdatniania $Q_{\text{sr. h}} = 40 \text{ m}^3/\text{h} = 0,66 \text{ m}^3/\text{min}$ i czasie przetrzymania 5 min parametry desorbera kolumnowego powinny być następujące:

- kolumna napowietrzająca DN 800, $F = 0,5 \text{ m}^2$, $h = 2,3 \text{ m}$.

Intensywność przepływu $80 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Ilość wypełnienia ($1,8 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}^2$) = $0,9 \text{ m}^3$ (pierścienie Rashiga).

Wydajność kolumny DN 800 wynosi $80 - 120 \text{ m}^3/\text{h}$.

- zbiorniki reakcji

$$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h} = 0,66 \text{ m}^3/\text{min} \quad t_k = 5 \text{ min},$$

$$V_{\text{zb.}} = 5 \times 0,66 = 3,30 \text{ m}^3$$

$$Q = 51 \text{ m}^3/\text{h} = 0,85 \text{ m}^3/\text{min} \quad t_k = 5 \text{ min}$$

$$V_{\text{zb.}} = 5 \times 0,85 = 4,25 \text{ m}^3$$

Należy zaprojektować zbiornik o pojemności roboczej $4,25 \text{ m}^3$ dla możliwości ewentualnego zwiększenia wydajności stacji dla pełnych zasobów eksploatacyjnych.

8.3. Filtracja.

Z badań oraz dotychczasowej eksploatacji wynika, że filtrację można prowadzić z prędkością 15 m/h i uzyskuje się wodę uzdatnioną bez żelaza i manganu. Dla tej intensywności filtracji należy zaprojektować powierzchnię filtracji dla wydajności:

$$40 \text{ m}^3/\text{h} \quad F = Q/v = 40/15 = 2,66 \text{ m}^2$$

$$51 \text{ m}^3/\text{h} \quad F = Q/v = 51/15 = 3,4 \text{ m}^2$$

Dla tej powierzchni filtracji należy przewidzieć dwa filtry o średnicy 1400 mm,
 $F = 1,54 \times 2 = 3,08 \text{ m}^2$

$$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_f = 40/3,08 = 12,9 \text{ m/h}$$

$$Q = 51 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_f = 51/3,08 = 16,5 \text{ m/h}$$

Dla stałej eksploatacji 40 m³/h prędkość filtracji wynosić będzie 12,9 m/h a przy zwiększonej wydajności do 51 m³/h prędkość filtracji wyniesie 16,5 m/h i też zapewni pełne odżelazienie i odmanganianie.

8.4. Złoże filtracyjne.

W celu uzyskania pełnego efektu odżelazienia i odmanganiania filtry należałoby zasypać złożem mieszanym katalityczno – piaskowym (braunsztyn około 15% + piasek kwarcowy 85%). Dla filtrów o średnicy 1400 mm, powierzchni filtracji 1,54 m² należy przygotować następujące ilości złoża:

- warstwa podkładowa – żwir o granulacji 3 – 16 mm, h = 30 cm

$$1,54 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} = 0,45 \text{ m}^3 \times 2 = 0,9 \text{ m}^3 \times 1,8 \text{ T/m}^3 = 1,62 \text{ T}$$

- piroluzyt o granulacji 0,5 -2,5 mm, h = 15 cm

$$1,54 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 0,23 \text{ m}^3 \times 2 = 0,46 \text{ m}^3 \times 2,4 \text{ T/m}^3 = 1,1 \text{ T}$$

- piasek kwarcowy o granulacji 0,8 – 1,4 mm, h = 115 cm

$$1,54 \text{ m}^2 \times 1,15 \text{ m} = 1,77 \text{ m}^3 \times 2 = 3,54 \text{ m}^3 \times 1,8 \text{ T/m}^3 = 6,4 \text{ T}$$

8.5. Płukanie filtrów

Płukanie filtrów odbywać się będzie powietrze z dmuchawy – woda uzdatniona ze zbiornika retencyjnego. Intensywność płukania powietrzem $i_p = 20 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$.

Dobór dmuchawy.

Filtr DN 1400, $F = 1,53 \text{ m}^3$

$$Q_p = 20 \times 1,53 = 30,6 \text{ l/s} = 1,83 \text{ m}^3/\text{min} = 110 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 10 \text{ m H}_2\text{O}$$

Dobór pompy do płukania $i_w = 14 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$

DN 1400, $F = 1,53$

$$Q_w = 14 \times 1,53 = 2,14 \text{ l/min} = 1,28 \text{ m}^3/\text{min} = 77,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 10 \text{ m H}_2\text{O}$$

Czas płukania powietrzem 3 minuty

Czas płukania wodą 7 minut

Ilość wody do płukania 1 filtra – $1,28 \text{ m}^3/\text{min} \times 7 \text{ min} \approx 9 \text{ m}^3$.

Spust pierwszego filtratu – około $0,6 \text{ m}^3$

Ilość wody wód popłucznych do osadnika $9,6 \text{ m}^3$.

8.6. Zestaw hydroforowy II^o (pompiownia sieciowa)

$$Q_{\text{max}} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 0,4 \text{ mPa}$$

8.7. Zbiornik retencyjny wody uzdatnionej.

Należy zaprojektować zbiorniki retencyjne wody uzdatnionej o pojemności $2 \times 100 \text{ m}^3$.

8.8. Dezynfekcja wody uzdatnionej.

Zamontowany zestaw do dozowania podchlorynu sodu zabezpiecza potrzeby stacji (jest nowy).

T. Kowalczyk