

## SPIS ZAWARTOŚCI

1. Wstęp
2. Wytyczne realizacyjne prac remontowych SUW na podstawie dokumentacji Biura Inżynierii Środowiska opracowanej w listopadzie 2015 roku pn. „PRZEBUDOWA I REMONT STACJI WODOCIĄGOWEJ W GOSTKOWIE”
3. Ocena aktualnej jakości wody podziemnej na ujęciu w Gostkowie
4. Opis przeprowadzonych badań technologicznych
5. Wytyczne procesu technologicznego uzdatniania wody
6. Wnioski końcowe

## SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

- A. Wyniki badań fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych wody podziemnej ze studni nr 2 i nr 3 eksploatowanych na ujęciu czwartorzędowym GOSTKOWO
- B. Diagram składu chemicznego wody podziemnej, zgodnie z klasyfikacją wg załącznika do rozporządzenia Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 roku (Dz. U. Nr 143).
- C. Diagram składu chemicznego wody podziemnej oraz wody uzyskanej w przetestowanym procesie uzdatniania (*makroskładniki + zanieczyszczenia*), na tle obowiązujących warunków dla wody pitnej, zgodnie z danymi zawartymi w załączniku do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (*Dziennik Ustaw z dnia 11 grudnia 2017 roku poz. 2294*).
- D. Zestawienie wyników badań technologicznych wody podziemnej - napowietrzanie, filtracja przez standardowe złoża piaskowe oraz przez złoża piaskowe wyposażone we wkładkę z katalitycznej masy piroluzytowej (MnO<sub>2</sub>)
- E. Schemat zasypu złóż filtrów odżelaziająco-odmanganiających w zmodernizowanej stacji uzdatniania wody. filtracja przez standardowe złoża piaskowe oraz przez złoża piaskowe wyposażone
- F. Schemat ideowy procesu technologicznego uzdatniania wody podziemnej z ujęcia czwartorzędowego w m. GOSTKOWO (ZUK Sp. z o.o. Łysomice: Q = 200 m<sup>3</sup>/h)

## 1. Wstęp

Użytkownikiem ujęcia i stacji wodociągowej jest **Zakład Usług Komunalnych Łysomice Spółka z o.o.** z siedzibą w Gostkowie 21 E, 87-148 Łysomice.

Decyzją STAROSTY TORUŃSKIEGO z dnia 30 kwietnia 2008 roku (pismo OS.I.6223-5/2008) użytkownik posiada pozwolenie wodnoprawne na pobór wód podziemnych z utworów czwartorzędowych (ze studni nr 1 A, nr 2 i nr 3), w ilości:

$$\begin{aligned} Q_{d\text{sr}} &= 2540 \text{ m}^3/\text{d} \\ Q_{\text{maxh}} &= 120 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Aktualna zdolność produkcyjna wody przez SUW Gostkowo nie przekracza  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ . Na obiekcie występują problemy z nierównomiernym obciążeniem studni i urządzeń uzdatniających. Przestarzałe urządzenia na ujęciu wody i w stacji wodociągowej GOSTKOWO, wybudowane w latach 1975 - 1985 są w złym stanie technicznym i nie pokrywają obecnie w całości zapotrzebowania na wodę istniejącego w **GMINIE ŁYSOMICIE**.

Zgodnie z powyższymi ustaleniami i założeniami wynikającymi z wzajemnych uzgodnień, planuje się likwidację niesprawnej studni nr 1A oraz zwiększenie wydajności stacji uzdatniania wody do poziomu

$$\underline{Q_{\text{max eks.}} = 200 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Próby wody podziemnej z czynnych studni nr 2 i nr 3 na ujęciu GOSTKOWO, celem opracowania technologii uzdatniania wody podziemnej, w związku z zaistniałymi potrzebami i projektowaną modernizacją i wzrostem wydajności SUW, pobrano w trakcie normalnej eksploatacji ujęcia w dniu 25 lipca 2018 roku.

Jakość wody produkowanej przez projektowaną stację wodociągową musi odpowiadać warunkom stawianym wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zgodnie z wytycznymi, wynikającymi z rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (*Dziennik Ustaw z dnia 11 grudnia 2017 roku poz. 2294*).

## 2. Wytyczne realizacyjne prac remontowych SUW na podstawie dokumentacji Biura Inżynierii Środowiska opracowanej w listopadzie 2015 roku pn. „PRZEBUDOWA I REMONT STACJI WODOCIĄGOWEJ W GOSTKOWIE”

Projektowaną wydajność zakładowej stacji uzdatniania wody przyjęto na poziomie  $Q_{\text{sr}} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{\text{max}} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ . Założono, że SUW pracować będzie w pełni automatycznie w układzie dwustopniowego pompowania wody. Zadanie obsługi będzie polegało jedynie na okresowym nadzorze pracy urządzeń oraz na przeprowadzaniu wymaganych kontroli i przeglądów. Woda surowa ujmowana będzie naprzemiennie z trzech istniejących studni głębinowych i tłoczona do urządzeń znajdujących się w stacji uzdatniania wody. Woda ujmowana będzie za pomocą pomp głębinowych M1, M2 i M3, które pracować będą w cyklu automatycznym.

W pierwszym etapie uzdatniania surowa woda poddana będzie napowietrzaniu w mieszaczu wodno-powietrznym AR1 (aeratorze). Następnie napowietrzona woda kierowana będzie na sześć filtrów ciśnieniowych z drenażem niskooporowym, gdzie będzie następował pierwszy stopień filtracji - proces odżelaziania.

W dalszej kolejności woda kierowana będzie na drugi aerator (AR2) i na 4 kolejne filtry ciśnieniowe z drenażem niskooporowym, gdzie na złożu filtracyjnym będzie następował proces redukcji związków manganu. Następnie woda kierowana będzie do zbiorników retencyjnych – potem do budynku i przez zestaw hydroforowy i lampę UV na instalację zewnętrzną gminy.

Założono pełną automatyzację całego ciągu technologicznego dla poszczególnych faz procesu:

- pobór i uzdatnianie wody w cyklu filtracyjnym,

- płukanie filtrów naprzemiennie powietrzem i wodą uzdatnioną ze zbiorników retencyjnych oraz dodatkowo powietrzem (filtry z drenażem niskooporowym),
- zrzut pierwszego filtratu po procesie płukania.

Do prowadzenia okresowej dezynfekcji wody i urządzeń technologicznych stacji przewiduje się użycie roztworu podchlorynu sodu podawanego do wody za pomocą pompy dozującej w funkcji przepływu wody. Nie przewiduje się stałej dezynfekcji wody kierowanej na instalację wodociagową.

### 3. Ocena aktualnej jakości wody podziemnej na ujęciu w Gostkowie

Wyniki badania wody podziemnej pobranej 25 dnia lipca 2018 roku ze studni nr 2 i nr 3 na ujęciu **GOSTKOWO** przedstawiono w postaci tabelarycznej w załączniku A na tle wartości dopuszczalnych w wodzie na cele spożywcze, wraz z opisem jakości obu prób wody podziemnej. Rezultaty badań wody podziemnej scharakteryzowano graficznie w załączniku B na tle klas jakości wód podziemnych, zgodnie z wytycznymi zawartymi w załączniku do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 roku (*Dziennik Ustaw z 19 stycznia 2016 roku poz. 8*) oraz w załączniku C, wg aktualnie obowiązujących warunków dla wody pitnej, na wykresie wg Schoellera (*makroskładniki + zanieczyszczenia*), zgodnie z wytycznymi zawartymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 7 grudnia 2017 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (*Dziennik Ustaw z dnia 11 grudnia 2017 roku poz. 2294*). Na wykresie w załączniku C przedstawiono również wyniki badania wody uzdatnionej (przefiltrowanej) uzyskanej w przetestowanym procesie uzdatniania.

#### **Ocena aktualnej jakości wody podziemnej z ujęcia Gostkowo (studnia nr 2)**

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 21 grudnia 2015 roku (*Dz. U. z 19 stycznia 2016 roku p. 85 § 3.1.*) w sprawie stanu i oceny jakości wód, określa się dobry stan chemiczny ujętej wody podziemnej. Woda mieści się w II klasie dobrej jakości, jest średnio twarda ( $251 \text{ mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ ), pod względem proporcji makroskładników wodorowęglanowo-wapniowa, z przewagą zawartości  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  i  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , słabo zmineralizowana, zawierająca w 1 litrze  $0,44 \text{ g/dm}^3$  substancji rozpuszczonych, o odczynie słabo zasadowym zbliżonym do obojętnego ( $\text{pH} = 7,3$ ), o zwiększonej zawartości azotu amonowego pochodzenia geogenicznego ( $0,71 \text{ mg NH}_4/\text{dm}^3$ ), braku azotanów, azotynów i fosforanów, o nieznacznej zawartości chlorków i siarczanów ( $8,71 \text{ mg Cl/dm}^3$  i  $4,96 \text{ mg SO}_4/\text{dm}^3$ ), niskosodowa i niskopotasowa ( $13,6 \text{ mg Na/dm}^3$  i  $2,14 \text{ mg K/dm}^3$ ), o przeciętnych wartościach wskaźników ogólnej zawartości substancji pochodzenia organicznego ( $\text{OWO} = 3,8 \text{ mg C/dm}^3$ ,  $\text{ChZT}_{\text{Mn}} = 3,2 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ ), zawierająca duże ilości związków żelaza ( $4,58 \text{ mg Fe/dm}^3$ ) i znaczne ilości związków manganu ( $0,36 \text{ mg Mn/dm}^3$ ), o dość dużej zasadowości ogólnej ( $5,2 \text{ mval/dm}^3$ ). Skład ujętej wody nie odpowiada warunkom wody pitnej. Przed oddaniem do użytku na cele spożywcze, woda podziemna ze studni NR 2 z ujęcia GOSTKOWO wymaga obniżenia zawartości azotu amonowego oraz odżelazienia i odmanganiania.

#### **Ocena aktualnej jakości wody podziemnej z ujęcia Gostkowo (studnia nr 3)**

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 21 grudnia 2015 roku (*Dz. U. z 19 stycznia 2016 roku p. 85 § 3.1.*) w sprawie stanu i oceny jakości wód, określa się dobry stan chemiczny ujętej wody podziemnej. Woda mieści się w II klasie dobrej jakości, jest średnio twarda ( $242 \text{ mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ ), pod względem proporcji makroskładników wodorowęglanowo-wapniowa, z przewagą zawartości  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  i  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , słabo zmineralizowana, zawierająca w 1 litrze  $0,43 \text{ g/dm}^3$  substancji rozpuszczonych, o odczynie słabo zasadowym zbliżonym do obojętnego ( $\text{pH} = 7,2$ ), o zwiększonej zawartości azotu amonowego pochodzenia geogenicznego ( $0,65 \text{ mg NH}_4/\text{dm}^3$ ), braku azotanów, azotynów i fosforanów, o nieznacznej zawartości chlorków i siarczanów ( $7,49 \text{ mg Cl/dm}^3$  i  $3,81 \text{ mg SO}_4/\text{dm}^3$ ), niskosodowa i niskopotasowa ( $12,2 \text{ mg Na/dm}^3$  i  $2,31 \text{ mg K/dm}^3$ ), o przeciętnych wartościach wskaźników ogólnej zawartości substancji pochodzenia organicznego ( $\text{OWO} = 3,5 \text{ mg C/dm}^3$ ,  $\text{ChZT}_{\text{Mn}} = 2,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ ), zawierająca duże ilości związków żelaza ( $5,36 \text{ mg Fe/dm}^3$ ) i znaczne ilości związków manganu ( $0,38 \text{ mg Mn/dm}^3$ ), o dość dużej zasadowości ogólnej ( $5,1 \text{ mval/dm}^3$ ). Skład ujętej wody nie odpowiada warunkom wody pitnej. Przed oddaniem do użytku na cele spożywcze, woda podziemna ze studni NR 3 z ujęcia GOSTKOWO wymaga obniżenia zawartości azotu amonowego oraz odżelazienia i odmanganiania.

## 4. Opis przeprowadzonych laboratoryjnych badań technologicznych

### Założenia zastosowanego procesu technologicznego

W przeprowadzonych testach laboratoryjnych, z uwagi na to, że woda podziemna z obu studni na ujęciu czwartorzędowym w m. **GOSTKOWO** spełnia kryterium:

$$\text{zasadowość wody podziemnej w } mval/dm^3 \geq 5,0 \text{ } mval/dm^3$$

zastosowano napowietrzanie ciśnieniowe (za pomocą sprężarki).

Testy technologiczne prowadzono w kierunku osiągnięcia maksymalnego stopnia oczyszczenia wody z nadmiaru związków żelaza i manganu oraz z towarzyszącej im mętności i barwy. Ponieważ dodatkowo woda podziemna z ujęcia Gostkowo spełnia następne kryteria chemiczne:

- indeks nadmanganianowy  $ChZT_{Mn} < 0,15 Fe^{2+} + 3$
- zawartość  $H_2S < 0,2 \text{ mgH}_2S/dm^3$
- odczyn pH wody napowietrzonej  $> 7,0$
- zawartość żelaza ogólnego  $\sim 5 \text{ mg Fe}/dm^3$

w zastosowanej metodyce badań technologicznych uwzględniono warianty procesu oparte na klasycznym uzdatnianiu: filtracje napowietrzonej wody przez standardowe (lub pokryte tlenkami Mn) złoża kwarcowe, bez korekty odczynu (pH), a z uwagi na w/w wysoką zawartość związków żelaza: ze wstępnym przetrzymaniem wody (sedymentacja osadów żelaza).

W celu przetestowania metody uzdatniania, pobraną zmieszaną wodę podziemną z otworów nr 2 i nr 3, poddano następującym próbom technologicznym w skali laboratoryjnej:

A) wodę napowietrzono za pomocą sprężarki, w aeratorze ciśnieniowym, przy 10 % - owym stosunku objętości powietrza do wody i przy czasach kontaktu woda - powietrze  $T_k$  wynoszących 60, 180 oraz 300 sekund, uzyskując zadowalającą aerację i zmętnienie wody przy czasie kontaktu  $T_k = 300 \text{ s}$ .

B) napowietrzoną wodę po 300 s czasu kontaktu z powietrzem, przefiltrowano jednostopniowo przez standardowe złożo piaskowe, z szybkościami filtracji  $v_f = 10, 8 \text{ i } 6 \text{ m/h}$ , uzyskując jedynie całkowicie zadowalające rezultaty odżelaziania.

C) napowietrzoną wodę po 300 s czasu kontaktu z powietrzem, przetrzymano w przejściowym, pośrednim zbiorniku sedymentacji i reakcji (przy czasie kontaktu  $T_k$ - 30 minut) i przefiltrowano jednostopniowo przez kombinowane złożo piaskowe, zaopatrzone w umieszczoną wewnątrz złoża wkładkę z granulowanej masy katalitycznej piroluzytowej ( $MnO_2$ ) o miąższości 50 cm, z szybkościami filtracji  $v_f = 10, 8 \text{ i } 6 \text{ m/h}$ , uzyskując optymalne rezultaty odżelaziania jak i odmanganiania przy  $v_f = 6 \text{ m/h}$ .

D) Charakterystyka użytych filtrów doświadczalnych:

Parametr, jednostka	Złoże filtracyjne
Całkowita wysokość wypełnienia złoża, mm	1.400
Wysokość żwirowej warstwy podtrzymującej, mm	400
Wysokość warstwy czynnej (piasek + piroluzyt), mm	1.000
Średnie uziarnienie piaskowej warstwy czynnej, mm	0,8 -1,4
Efektywna średnica ziaren złoża piaskowego, $d_{10}$ , mm	0,80
Grubość katalitycznej warstwy piroluzytowej $MnO_2$ , mm	500
Średnica ziaren warstwy piroluzytowej $MnO_2$ , mm	1,0-3,0
Grubość warstwy piasku nad warstwą piroluzytową, mm	500

Wyniki analiz przesączów uzyskanych z poszczególnych testów filtracyjnych, przedstawiono w tabeli zbiorczej, w załączniku D. Analiza zamieszczonych tam rezultatów wskazuje, że optymalny efekt uzdatniania *{obniżenia zakładanej zawartości żelaza i manganu do poziomu  $\leq 0,02 \text{ mg/dm}^3$ }*, uzyskano w procesie jednostopniowej filtracji silnie napowietrzanej wody, przez "złoże kombinowane" zawierające w swej środkowej części **50 - cm** wkładkę z masy katalitycznej piroluzytowej (typu **G-I**), z szybkością nie przekraczającą  $v_f = 6 \text{ m/h}$ , po uprzednim przetrzymaniu wody w zbiorniku pośrednim (nitrifikacja, wytrącanie, odgazowanie) przy czasie reakcji  **$T_k = 30 \text{ minut}$** . Uzyskany w tych warunkach filtrat jest klarowny, bezbarwny, zawierający jedynie mikrośladowe ilości związków Fe i Mn oraz minimalne dopuszczalne w wodzie ilości azotu amonowego.

## 5. Wytyczne procesu technologicznego uzdatniania wody

Na ustalony proces uzdatniania wody podziemnej z eksploatowanych i przyszłych studni wierconych na ujęciu czwartorzędowym w miejscowości **GOSTKOWO** składają się następujące operacje jednostkowe:

- A) Napowietrzanie wody surowej w dynamicznym centralnym mieszaczu wodno-powietrznym:
  - a) przy **10 %** - owego stosunku objętości powietrza do wody
  - b) przy **300 sekundach** czasu kontaktu wody surowej z powietrzem w aeratorze ciśnieniowym
- B) Przetrzymanie napowietrzanej wody w zbiorniku przejściowym, przy czasie kontaktu - reakcji wynoszącym  **$T_k = 30 \text{ minut}$**  (zbiornik przystosowany do okresowego spustu nadmiaru uwodnionych tlenków żelaza)
- C) Jednostopniowa filtracja napowietrzanej wody przez złożę odżelaziająco-odmanganiające, o łącznej wysokości -140 cm, zawierające wewnątrz wkładkę filtracyjną z granulowanej masy katalitycznej piroluzytowej (typu **G-I**), o grubości warstwy **50 cm**, na pionowy zbiornik retencyjny wody czystej. Od dołu filtra, odpowiedniej miąższości podkład żwirowy. Warstwa masy katalitycznej - w środkowej części standardowej warstwy czynnej (p. rysunek zasypu w załączniku E). Zalecana granulacja masy katalitycznej piroluzytowej: **1,0 - 3,0 mm** (*bez pyłu  $MnO_2$* !). Szybkość jednostopniowej filtracji wody przez w/w złożę filtracyjne:  $v_f = 6 \text{ m/h}$ . Schemat technologiczny procesu uzdatniania wody - p. rysunek w załączniku F.

## 6. Wnioski końcowe

### „PRZYKŁAD ROZWIĄZANIA PROJEKTU SUW "GOSTKOWO"

#### Dobór aeratora centralnego:

- 1) wynikający z przyjętej technologii uzdatniania czas kontaktu wody podziemnej z powietrzem, w celu napowietrzenia wody i zapoczątkowania procesu nitrifikacji azotu amonowego:

$$T_k = 300 \text{ s} = 5 \text{ minut} = 0,083 \text{ h}$$

- 2) przyjęta wydajność stacji uzdatniania wody

$$Q_h = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Niezbędna pojemność aeratora (mieszacza wodno-powietrznego):

$$V_A = Q_h \cdot T_k = 200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,083 \text{ h} = 16,6 \text{ m}^3$$

Przyjęto trzy mieszacze wodno-powietrzne typu "Prodwodrol" o średnicy **DN = 1800 mm**

i o pojemności  **$V = 5,3 \text{ m}^3$**  każdy ( **$3 \times 5,3 \text{ m}^3$** )

**Dobór zbiornika reakcji (przetrzymania, sedymentacji i nitryfikacji):**

1) wynikający z przyjętej technologii uzdatniania czas kontaktu i przetrzymania w zbiorniku:

$$T_k = 30 \text{ minut} = 0,5 \text{ h}$$

2) przyjęta wydajność stacji uzdatniania wody

$$Q_h = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Przyjęto zbiornik pionowy o pojemności czynnej:

$$V = 100 \text{ m}^3$$

**Dobór filtrów odżelaziająco-odmanganiających z 50 cm wkładka piroluzytowa**

1) wynikająca z opracowanej technologii uzdatniania szybkość filtracji przez kombinowane złożo kwarcowo-piroluzytowe (*woda mocno zażelaziona i średnio zamanganiona*):

$$v_f = 6 \text{ m/h}$$

3) przyjęta wydajność stacji uzdatniania wody

$$Q_h = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Niezbędna całkowita powierzchnia filtracyjna  $F_c$

$$F_c = \frac{Q_h}{v_f} = 200/6 \text{ m}^2 = 33,3 \text{ m}^2 \sim 8 \times 4,5 \text{ m}^2 \text{ (filtry pionowe DN 2400)}$$

Przyjęto **osiem filtrów Ø 2400 mm** o powierzchni filtracji  $F_f = 4,52 \text{ m}^2$  każdy