



technologia wody

SYSTEMY ZAOPATRZENIA W WODĘ

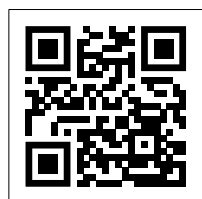
ODPROWADZANIE I OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW

BEZPIECZEŃSTWO

GOSPODARKA WODNA



WYDAWNICTWO



**Strącanie fosforanów przy użyciu różnych koagulantów
ze ścieków i cieczy nadosadowych**

Szczegóły na stronie 58

technologia wody

SYSTEMY ZAOPATRZENIA W WODĘ
ODPROWADZANIE I OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW
BEZPIECZEŃSTWO
GOSPODARKA WODNA

ISSN 2719-3551

kwartalnik

Rok założenia 2009

Czasopismo redaguje i wydaje Wydawnictwo 2K TECHNOLOGIE s.c.

Adres redakcji:

ul. Średzka 58, 62-025 Kostrzyn

Czasopismo jest indeksowane w:

Baztech (baztech.icm.edu.pl)

POL-index (pbn.nauka.gov.pl/polindex)

Index Copernicus (journals.indexcopernicus.com)

Za publikację artykułów w czasopiśmie „Technologia Wody” (od 2009 r.)
Autorzy otrzymują 5 punktów – zgodnie z listą czasopism naukowych
Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 r.

Redakcja

Izabela Kruszelnicka – redakcja, +48 608 021 656

Dobrochna Ginter-Kramarczyk – redakcja, +48 698 978 848

Rada programowa

- prof. dr hab. inż. **Ryszard Błażejowski**, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
- prof. dr hab. inż. **Krzysztof Chmielowski**, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
- prof. dr hab. inż. **Wojciech Dąbrowski**, Politechnika Krakowska
- prof. dr hab. inż. **Piotr Koszelnik**, Politechnika Rzeszowska
- prof. dr hab. inż. **Marian Kwietniewski**, Politechnika Warszawska
- prof. dr hab. inż. **Paweł Licznar**, Politechnika Warszawska
- prof. dr hab. inż. **Rafał Miłaszewski**, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
- prof. dr hab. inż. **Elżbieta Niemirycz**, Uniwersytet Gdański
- prof. dr hab. inż. **Marek M. Sozański**, Politechnika Poznańska
- prof. dr hab. inż. **Barbara Tchórzewska-Cieślak**, Politechnika Rzeszowska
- prof. dr hab. inż. **Izabela Zimoch**, Politechnika Śląska w Gliwicach
- dr hab. inż. **Zbysław Dymaczewski**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Anna Głowacka**, prof. ZUT, Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie
- dr hab. inż. **Joanna Jeż-Walkowiak**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Jadwiga Królikowska**, prof. PK, Politechnika Krakowska
- dr hab. inż. **Marek Ochowiak**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Alina Pruss**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Monika Żubrowska-Sudoł**, prof. PW, Politechnika Warszawska
- dr hab. inż. **Joanna Zembrzaska**, Politechnika Poznańska
- dr inż. **Adam Masłoń**, prof. PRz, Politechnika Rzeszowska
- dr inż. **Wiesław Gorączko**, Polskie Towarzystwo Nukleoniczne, Zarząd SIOR
- dr inż. **Krzysztof Boryczko**, Politechnika Rzeszowska
- dr inż. **Marcin Chełkowski**, Wyższa Szkoła Biznesu – National Louis University, Nowy Sącz
- dr inż. **Wojciech Góra**, Politechnika Poznańska
- dr **Eugeniusz Klaczyński**, Envirotech Sp. z o.o.
- dr inż. **Iwona Lasocka-Gomuła**, Aquanet S.A.
- dr inż. **Klara Ramm**, Politechnika Warszawska
- dr inż. **Tadeusz Rzepecki**, prezes Tarnowskich Wodociągów sp. z o.o., przewodniczący Rady IGWP (ekspert)
- dr inż. **Dawid Szpak**, Politechnika Rzeszowska
- dr inż. **Łukasz Weber**, Nentech
- inż. **Ryszard Szambelańczyk**, Nentech
- mgr inż. **Barbara Mulik**, Doradztwo w zakresie bezpieczeństwa i jakości wody
- mgr inż. **Zenon Świgoń**, ekspert RPO, rzeczoznawca PZITS

Czasopismo recenzowane.

Nakład 2 000 egz.

Redakcja zastrzega sobie prawo do skracania artykułów.

Materiałów niezamówionych nie zwracamy.

Redakcja nie odpowiada za treść reklam i artykułów sponsorowanych.

Wytyczne dla autorów znajdują się na stronie internetowej: 2ktechnologie.pl

Warunki prenumeraty:

Prenumeratę prosimy zamawiać przez biuro@2ktechnologie.pl

WYDARZENIA

- 3 Stormwater Poland 2025: Jak miasta mogą lepiej gospodarować wodą deszczową?
- 6 Certyfikowani i gotowi do działania – odbyła się kolejna edycja certyfikacji serwisantów małych oczyszczalni ścieków
- 7 WaterFolder Day 2025 – Gdzie technologia spotyka się z wodą!
- 8 Woda, ludzie, pomysły – co działo się na ostatniej XXII Konferencji Licheńskiej?
- 10 Ograniczanie wielkości i skutków powodzi a planowanie przestrzenne. Podsumowanie dyskusji w sesji 2 w ramach V Wodnego Okrągłego Stołu 2025
- 14 Gospodarka osadowa: od problemu do zasobu – nauka, technologia i praktyka na konferencji w Łasku
- 16 IV Kongres Gospodarowania Wodami i Ochrony Przeciwpowodziowej
- 18 Za nami XXVII edycja Ogólnopolskiego Sympozjum Hydroprezentacje 2025
- 20 O Sympozjum – Akademii HABA Engineering
- 23 Józef Wiśniewski – budowniczy struktur wodociągowych
- 24 10 grzechów głównych nieświadomego turysty

NAUKA I TECHNIKA

- 28 Indywidualne systemy oczyszczania ścieków bytowych we Francji
- 33 Przydomowa oczyszczalnia ścieków – aspekty techniczne i ekonomiczne budowy
- 40 Jakość wód opadowych według badań krajowych i zagranicznych
- 46 Czy specjacja pierwiastków w wodzie ma sens? Część X – formy chemiczne radonu w wodzie
- 54 Indywidualne systemy oczyszczania ścieków w Japonii
- 58 Strącanie fosforanów przy użyciu różnych koagulantów ze ścieków i cieczy nadosadowych
- 62 Metody pomiaru stężenia radonu w wodzie

ZAGADNIENIA PRAWNE

- 66 Zmiany systemów wynagrodzeń w sektorze wodociągowo-kanalizacyjnym w świetle Dyrektywy 2023/970 i nowelizacji Kodeksu pracy

PRAKTYKA I EKSPLOATACJA

- 70 Staw infiltracyjny i stacja uzdatniania wody – kluczowe elementy systemu wodociągowego w Obornikach
- 72 Wybrane metody optymalizacji pracy układów pompowych
- 81 Analiza doświadczeń wynikających z prac modernizacyjnych związanych z kompleksową wymianą złóż filtracyjnych na jednostopniowych filtrach pośpiesznych na SUW Zaborze w Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Oświęcimiu
- 88 Plan Bezpieczeństwa Wody w praktyce – analiza skuteczności procedur w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej, Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Środzie Wielkopolskiej
- 92 Przełomowe wyniki badań trwałości rur polietylenowych opublikowane przez brytyjski sektor wodny
- 96 Zasuwa nożowa ERHARD ERU K1
- 98 Nowoczesna automatyka w stacjach uzdatniania wody: korzyści z zastosowania elektrycznych siłowników J+J do zaworów hydraulicznych

Z KART HISTORII

- 100 Rachel Carson – głos w obronie środowiska



Strony z reklamami: 4, 5, 17, 38, 39, 53, 65, 72-80, 92-99



Zdjęcie na 1. stronie okładowej: Dobrochna Ginter-Kramarczyk

Analiza doświadczeń wynikających z prac modernizacyjnych związanych z kompleksową wymianą źróź filtracyjnych na jednostopniowych filtrach pośpiesznych na SUW Zaborze w Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Oświęcimiu

Marcin Kos,
Zbigniew Wacławek

1. Wprowadzenie

Publikacja opisuje działania podjęte w latach 2020-2024 przy kompleksowej wymianie źróź filtracyjnych w trzech z czterech jednostopniowych filtrach typu otwartego zlokalizowanych na Stacji Uzdatniania Wody „Zaborze” w Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji w Oświęcimiu. Jest to jedna z dwóch stacji należących do Przedsiębiorstwa, na której uzdatniana jest woda głębinowa charakteryzująca się ponadnormatywną zawartością żelaza i manganu. W procesie technologicznym na obiekcie wykorzystuje się niezbyt skomplikowaną metodę napowietrzania oraz filtracji pośpiesznej.

Opisany poniżej jest przebieg prac podczas wymiany złoź na trzech takich samych filtrach i na bazie prac podejmowanych przy każdym z nich powstały trzy zupełnie różne opowieści. Doświadczenia wyniesione z prac przy pierwszym filtrze, pozwoliły pracownikom uniknąć błędów i pomyłek w pracach przy kolejnych filtrach co zdecydowanie skróciło czas potrzebny na wpracowanie się nowych złoź filtracyjnych. Zastosowanie nowych złoź filtracyjnych w różnym stopniu wymieszanych z częścią starego, wpracowanego już złoź (prace przy filtrach 1 i 4), w którym ziarna piasku pokryte były znaczną warstwą tlenków manganu pozwoliło na szybsze usuwanie z wody żelaza i manganu i przez to skrócenie czasu potrzebnego na całkowite wpracowanie złoź. Natomiast samoistne wpracowywanie się nowego złoź (modernizacja pierwszego filtra – filtr nr 2), bez dodatku starego wpracowanego złoź, trwało zdecydowanie dłużej. W tym przypadku czas potrzebny na pokrycie ziaren piasku kwarcowego w złoź tlenkami w wyraźny sposób zależał przede wszystkim od składu wody, prędkości napływu wody na filtry oraz częstotliwości jego płukania. Im więcej w wodzie jest manganu i żelaza w formie rozpuszczalnej tym szybciej następuje pokrywanie się ziaren piasku warstwą absorpcyjną i tym samym wpracowywanie złoź.

2. Charakterystyka Ujęć i Stacji Uzdatniania Wody

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Oświęcimiu posiada dwa ujęcia wody zlokalizowane w różnych częściach miasta.

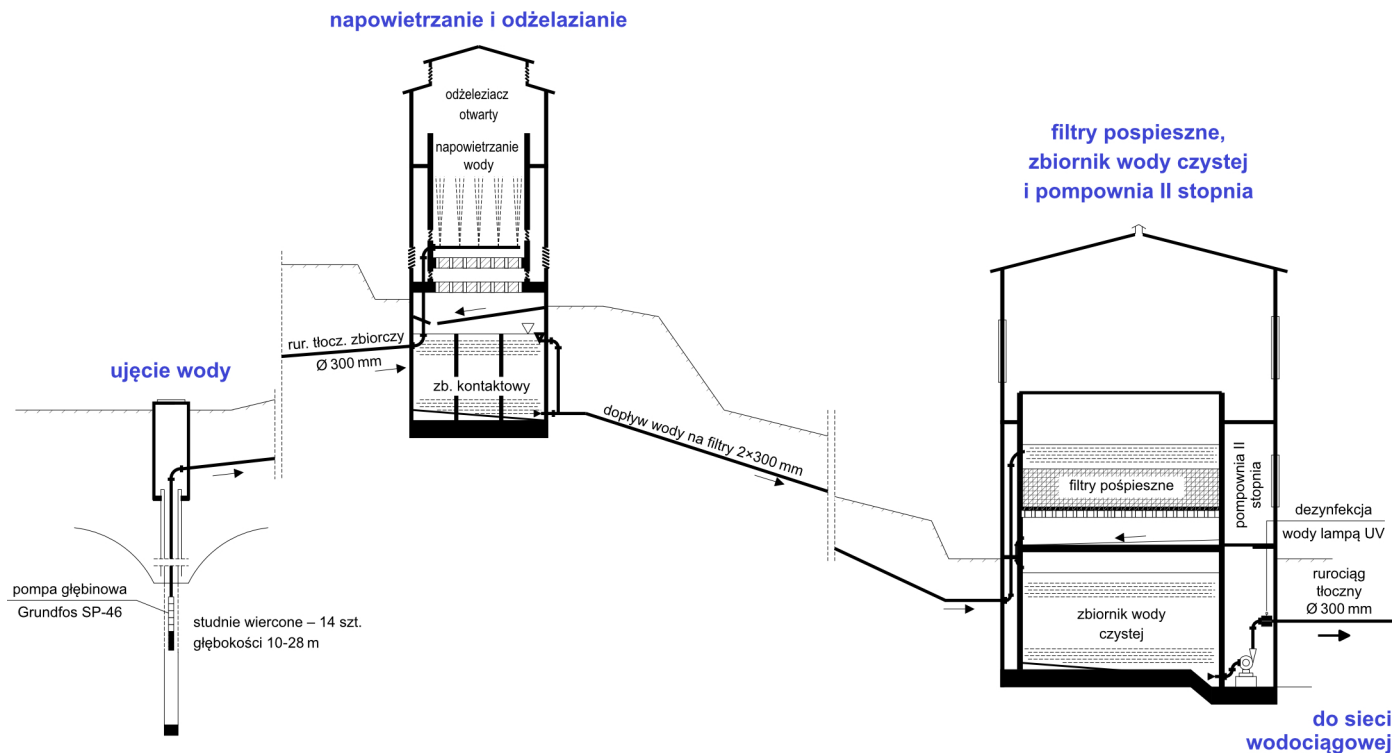
Ujęcie „Zasole” o wydajności 5 800 m³/h, gdzie ujmowana jest infiltacyjnie woda powierzchniowa z rzeki Soły. Składa się ono z 14 studni kopano-wierconych, które za pomocą układu lewarowego dostarczają wodę do studni zbiorczej, skąd woda dalej przesyłana jest rurociągiem tłocznym do Stacji uzdatniania SUW Zasole.

Ujęcie „Zaborze” – które jest tematem opracowania – o wydajności 6 300 m³/h pozyskuje wodę z 14 studni głębinowych dostarczających wodę na SUW „Zaborze”. Obszar ujęcia zlokalizowany jest na prawobrzeżnym wysokim tarasie rzeki Soły i częściowo Wisły. Studnie ujmują wodę z utworów czwartorzędowych. SUW „Zaborze” została wybudowana w latach 1941-1942 okresie II wojny światowej na potrzeby budowanych ówczesnie Zakładów Chemicznych IG Farben koncernu chemicznego IG Farbenindustrie A.G. obecnie Synthos S.A. Miała ona zaopatrywać w wodę pitną wspomniane już Zakłady Chemiczne oraz tworzące się na terenie Oświęcimia osiedle mieszkaniowe dla niemieckich oficerów i pracowników. W latach powojennych właścicielem stacji były Zakłady Chemiczne Oświęcim, a w roku 1971 została przekazana Przedsiębiorstwu Wodociągowemu w Oświęcimiu.

Układ technologiczny SUW Zaborze

Ujęcie wody skupione jest na 14 studniach głębinowych (rysunek 1). Studnie w zależności od ukształtowania terenu mają głębokość od 9 do 25 m. Każda ze studni zbudowana jest z rur PE o średnicy 0,5 m oraz filtr ze stali nierdzewnej typu „Johnson” w którym opuszczona jest pompa głębinowa o wydajności 50 m³/h i wysokości podnoszenia do 60 mH₂O. Ze studni woda jest tłoczona rurociągami do kolektorów zbiorczych doprowadzających wodę do odzależniacza (rysunek 1).

Z powodu nadmiernej ilości w wodzie żelaza, manganu oraz gazów CO₂ i H₂S do jej uzdatniania stosuje się procesy odzależniania i odmanganiania na odzależniaczu typu otwartego. Odzależniacz stanowi wolnostojący budynek. Część nadziemna budynku to 4 komory napowietrzania o całkowitej powierzchni 72 m² z systemem rur i 25 dysz w każdej z komór. Część podziemną budynku stanowią 4 zbiorniki kontaktowe o łącznej pojemności 400 m³. Woda rozpylana przez dysze z nadziemnej części budynku spada na podwójny ruszt ociekowy wykonany z belek żelbetowych a potem kolejno przepływa do zbiorników kontaktowych. Odpowiedni system żaluzji w dolnej i górnej części budynku zapewnia naturalne napowietrzenie oraz odprowadzenie wydzielanych gazów. Spływ wody ze zbiorników odbywa się grawitacyjne dwoma rurociągami o średnicy 0,225 m na filtry. Osad wodorotlenków żelaza i manganu ze zbiorników kontaktowych uchodzi do odstojników, a potem jest wywożony na wysypisko przy pomocy samochodów asenizacyjnych.



Rys. 1. Schemat technologiczny SUW Zaborze

Budynek filtrów składa się z filtrów, zbiornika wody czystej pod filtrami, pompowni II stopnia, pompowni do płukania filtrów. Filtracja wody odbywa się w filtrach pospiesznych typu otwartego (rysunek 1), zbudowanych z 4 komór o wymiarach 13×3 m. Złoże filtracyjne stanowi piasek kwarcowy o rozmiarach 0,8-1,2 mm i miąższości 1,5 m. Jest ono ułożone na drenażu z dysz polipropylenowych wkręconych do elementów płyty dennej. Warstwa, która podtrzymuje złoże składa się z żwiru o uziarnieniu w granicach 2-10 mm i miąższości 0,3 m. Nad złożem znajduje się warstwa wody o wysokości od 0,4 do 0,5 m. Co 4 dni dochodzi do czyszczenia filtrów poprzez ich płukanie strumieniem wody i powietrza w kierunku odwrotnym do kierunku filtracji.

Pod filtrami znajduje się żelbetowy zbiornik wody czystej (rysunek 1) o pojemności 480 m³ i zdolności do zatrzymywania zasobów wodnych wynoszącej ok. 2 h. Na wysokości dna zbiornika wody czystej zlokalizowana jest pompownia II stopnia (rysunek 1).

Do dezynfekcji wody w końcowym etapie uzdatniania wody stosuje się lampę UV średniociśnieniową – Berson B2020H typu inLine 750 Summit – o wydajności 320 m³/h.

3. Jakość wody napływającej i uzdatnianej na SUW Zaborze

Skład chemiczny wody podziemnej zależy głównie od budowy i właściwości pokładów hydrogeologicznych, z których woda jest ujmowana. Na ujęciu Zaborze wody głębinowe są ujmowane z pokładów czwartorzędowych. Cechują się one zawartością znacznych ilości żelaza, manganu oraz dodatkowo jonów amonowych. Usuwanie z wody żelaza i manganu jest dość uciążliwe. Oba pierwiastki najczęściej występują w tych wodach w postaci rozpuszczalnych form dwuwartościowych, które po utlenieniu przekształcają się w formy nierozpuszczalne dające się łatwo usunąć z wody na złożach filtracyjnych. Porównanie podstawowego składu fizykochemicznego wody surowej napływającej na SUW Zaborze oraz wody uzdatnionej (wartości średnie za rok 2024) przedstawia tabela 1.

Z tabeli wynika, że średnioroczna zawartość żelaza w wodzie surowej w 2024 rok wyniosła 5 820 µg/l, natomiast manganu 856 µg/l. W wodach gruntowych żelazo występuje głównie w postaci Fe(HCO₃)₂. Związek ten stosunkowo łatwo hydrolizuje

Tab. 1. Skład fizykochemiczny wody surowej na dopływie do SUW Zaborze oraz wody uzdatnionej

Parametr	Jednostka	Woda	
		surowa	uzdatniona
Mętność	NTU	57	0,16
Barwa	mg/l Pt	429	<5
pH	pH	7,3	7,3
Przewodność elektryczna właściwa	µS/cm	744	700
Amoniak	mg/l	1,36	<0,10
Azotyny	mg/l	<0,05	<0,05
Azotany	mg/l	<1	4,38
Chlorki	mg/l	53,51	50,99
Siarczany	mg/l	66,5	57,9
Żelazo ogólne	µg/l	5820	22
Mangan	µg/l	856	6
Twardość ogólna (AZ)	mg CaCO ₃ /l	322	318
Wapń (AZ)	mg/l	91	96
Magnez	mg/l	23,88	20,41

tworząc $\text{Fe}(\text{OH})_2$, który w wyniku napowietrzania tworzy wytrącający się $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Dzięki zastosowaniu w stacji napowietrzania i odżelaziania udaje się zredukować kolejno ilość żelaza do wartości 22 $\mu\text{g}/\text{l}$, a manganu do 6 $\mu\text{g}/\text{l}$. Oznacza to usunięcie z wody do ponad 99,5% początkowej ilości żelaza oraz zmniejszenie ilości manganu poniżej 1% jego początkowej ilości.

4. Badania laboratoryjne

Wszystkie badania kontrolne jakości wody surowej, wody podfiltrowej oraz wody uzdatnionej wykonywane były na bieżąco przez akredytowane laboratorium Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Oświęcimiu posiadające certyfikat akredytacji PCA AB 1353. Okresowo badano jakość mikrobiologiczną pobieranych próbek kontrolnych oznaczając w nich liczbę/NPL bakterii grupy coli, *Escherichia coli* oraz enterokoków. Po wymianie złoża i zalaniu wodą danego modernizowanego filtra codziennie były wykonywane oznaczenia fizykochemiczne: pH, barwy, mętności, żelaza i manganu. Wyniki badań pokazały, że nowe złoża dość szybko poradziły sobie z wyłapywaniem z wody żelaza i poziom tego pierwiastka w wynikach badań próbek wody podfiltrowej szybko osiągnął wartości akceptowalne. Inaczej sprawa przedstawiała się z wyłapywaniem przez filtry manganu co zostanie opisane poniżej. Zmiany zawartości manganu w badanych próbkach wody podfiltrowej pobieranych z poszczególnych filtrów zostały graficznie przedstawione na rysunkach 7, 9, 10.

5. Opis realizowanych prac

5.1. Wymiana złoża w filtrze nr 2

(prace trwały od 28.05 do 30.08.2020)

Duże ilości związków żelaza i manganu w wodzie surowej powodują zabrudzenie filtrów i konieczność ich częstego płukania. Dodatkowo ziarna złoża filtracyjnego, szczególnie z górnej warstwy, na przestrzeni lat obrastają tlenkami i ich początkowe uziarnienie od 0,8 do 1,2 mm znacznie się zwiększa (rysunek 2).

Powoduje to problemy w pracy filtra. Dochodzi do częstego zapowietrzania się filtra czyli brak możliwości grawitacyjnej infiltracji wody przez filtr co wymusza jego częstsze płukanie i tym samym straty wody.

Wobec powyższego konieczna okazała się wymiana złoża filtracyjnego. Wymiana złoża we wszystkich filtrach nie jest możliwa w jednym procesie. Nie możliwe jest wyłączenie stacji na kilka miesięcy z uwagi na potrzeby dostawy wody do odbiorców. Operację więc rozłożono na 4 lata. W każdym roku jeden filtr. Prace rozpoczęto w roku 2020 od filtra nr. 2. Z archiwalnych informacji znajdujących się w dokumentacjach technicznych doszukano się informacji o początkowych wartościach uziarnienia złoża filtracyjnego. Zakupiono piasek kwarcowy o ziarnie 0,8-1,2 mm oraz żwirek kwarcowy o ziarnie 2,0-10,0 mm.

Wymiana złoża odbywała się w dniach 7-11.05.2020 r. Prace rozpoczęto od opróżnienia starego złoża (rysunek 3). Wykonano to za pomocą samochodu asenizacyjnego, a dolną warstwę usunęto częściowo ręcznie.

Po usunięciu całości złoża dokonano niezbędnych prac remontowych w komorze podfiltrowej oraz wymieniono wszystkie stare porcelanowe dysze na nowe wykonane z polipropylenu (rysunek 4). Tak przygotowany filtr rozpoczęto zasypywać nowym złożem. Wykonano to za pomocą samochodu cysterny gdzie najpierw żwirek a następnie piasek kwarcowy podawano za pomocą węża przy pomocy sprężonego powietrza.

Nowe złożo zalano wodą i rozpoczęto proces wielokrotnego płukania. Płukanie filtra trwało 2 dni. Po płukaniu zdezynfekowano złożo dwutlenkiem chloru i ponownie wypłukano. Wypłukany filtr wprowadzono do ruchu 13.05.2020 r., ale wodę początkowo skierowano do kanalizacji do czasu przeprowadzenia badań laboratoryjnych wody. Badania wykonane w dniu 14.05.2020 r. wykazały prawidłową zawartość żelaza i manganu w wodzie podfiltrowej i tego samego dnia zdecydowano o oddaniu filtra do ruchu. Przez następne dwa tygodnie wyniki oznaczeń obu pierwiastków fluktuowały, ale cały czas mieściły w granicach dopuszczalnych wartości parametrycznych.

a)



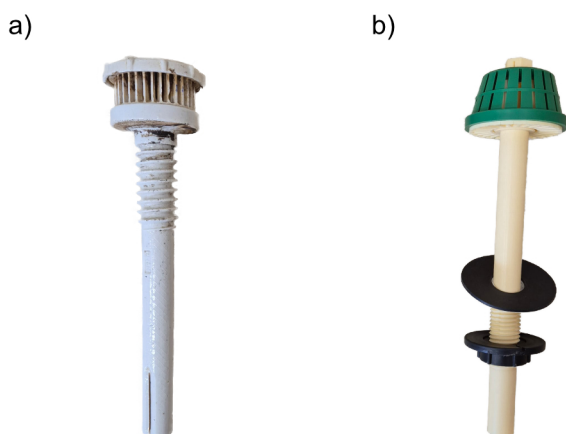
b)



Rys. 2. Piasek kwarcowy: a) stary, b) nowy (fot. Marcin Kos)



Rys. 3. Opóźnianie starego złoża (fot. Marcin Kos)



Rys. 4. Dysze filtracyjne: a) stara porcelanowa, b) nowa wykonana z PP (fot. Marcin Kos)

I nagle w dniu 28.5.2020 r. kolejne rutynowe badanie wody wykazało znaczne przekroczenie zawartości manganu w wodzie wynoszące $790 \mu\text{g/l}$. Wyłączono filtr z ruchu, a wodę skierowano ponownie do kanalizacji. Rozpoczęto szukanie przyczyn pogorszenia się pracy filtra.

W międzyczasie wyczyszczono wszystkie dysze w odżelaziaczu aby zwiększyć proces natlenienia wody i całkowicie wyczyszczono zbiornik spod odżelaziacza. Jednak żadne z prac nie przyniosły pożądanego efektu. Szukano informacji w literaturze fachowej i stwierdzono że filtr niestety wymaga czasu, aby się wpracował. Problemem okazała się duża zawartość manganu. Aby skutecznie eliminować mangan, złoża filtracyjne w dolnej warstwie musi zostać „zaszczepione” tlenkami manganu. Czas takiego szczepienia w zależności od wody surowej i posiadanej technologii może wynosić nawet rok. W przypadku filtracji jednostopniowej a taką posiadamy, złoża w warstwie górnej eliminuje żelazo a w dolnej mangan. Ważne jest również pH wody oraz stopień natlenienia. Dlatego bardzo ważne przy tego typu filtrach jest ustawienie napływu wody

na filtr i czas filtracji, aby skutecznie pozbyć się najpierw żelaza, a następnie manganu.

Rok czasu na wpracowanie filtra był nie do zaakceptowania więc zaczęto poszukiwać metod na jego szybsze wpracowanie. Szukano pomocy wśród uczelni wyższych i nawiązano kontakt z Politechniką Krakowską z prof. Wojciechem Dąbrowskim. Po wizycie na miejscu i zapoznaniu się z parametrami wody, zaproponowano następujące szczepienie filtra.

Przepłukano filtr, aby pozbyć się kłaczek żelaza. Następnie zalano filtr 2% roztworem siarczanu manganu (II) MnSO_4 (rysunek 5) i pozostawiono na około 10 h. Następnie spuszczo ten roztwór i zalano 2% nadmanganianem potasu KMnO_4 (rysunek 6) i pozostawiono na jedną dobę. Ten roztwór przygotowany na uzdatnionej wodzie (odżelazonej). Założenie było takie, że mangan z siarczanu dobrze przyłgnie do ziaren, a następnie zostanie utleniony przez Mn siedmiowartościowy i że w rezultacie powstanie dwutlenek manganu na ziarnach.

Po tej operacji rozpoczęto codzienne badania laboratoryjne zawartości żelaza i manganu. Napływ wody na filtr początkowo był ustawiony minimalnie. Płukania filtra również odbiegały od normy. Zruszanie złoża sprężonym powietrzem trwało tylko minutę po czym podawano wodę również w okrojonym czasie aby nadmiernie nie ruszać dolnej warstwy. Po każdym badaniu wody gdy wyniki się poprawiały otwierano napływ wody aż do 100% otwarcia.

Ostatecznie wpracowanie filtra trwało do czasu uzyskiwania stabilnych badań laboratoryjnych i zakończyło się oddaniem do ruchu 31.08.2020 r. Wyniki wpracowania złoża przedstawia wykres na rysunku 7.

5.2. Wymiana złoża w filtrze nr 1

(prace trwały od 28.10.2021 do 17.01.2022)

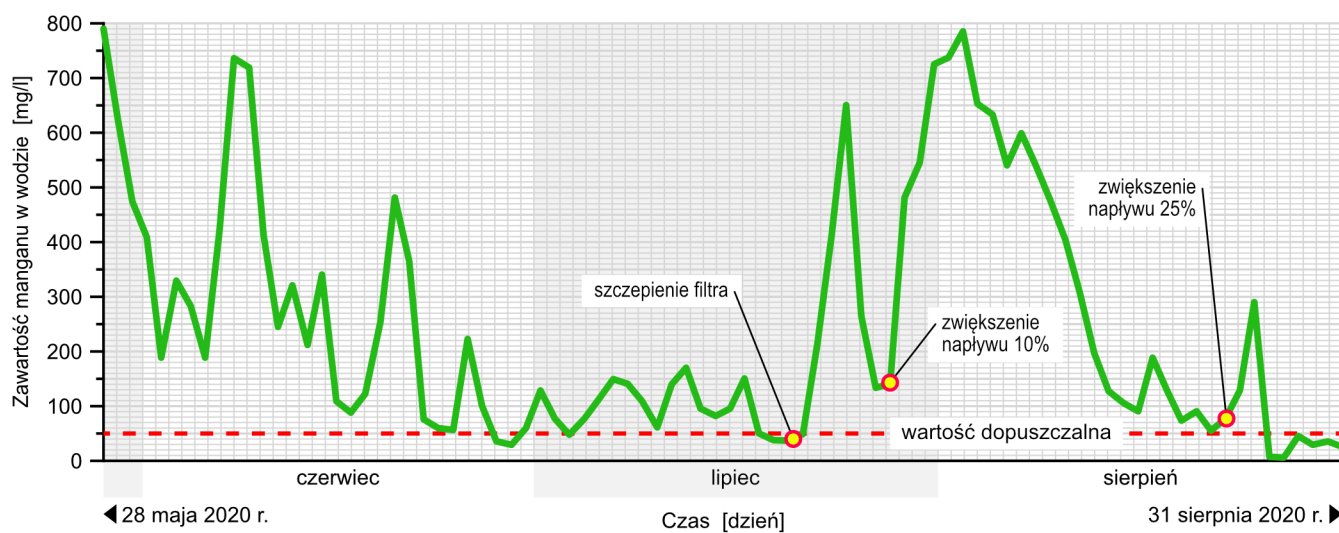
Na bazie doświadczeń zdobytych podczas pierwszej wymiany złoża, przestudiowaniu wielu opracowań naukowych, doszukano się informacji, że stare złoża obciążone już tlenkami manganu potrafi w dość krótkim czasie zaszcześcić nowe złoża.



Rys. 5. Zalewanie złoża roztworem siarczanu manganu (fot. Marcin Kos)



Rys. 6. Zalewanie złoża roztworem nadmanganianu potasu (fot. Marcin Kos)



Rys. 7. Wykres redukcji manganu podczas całego okresu zatrzymania filtra nr 2

Postanowiono więc zachować niewielką część złoża manganowego.

W chwili usunięcia górnej warstwy złoża i dostaniu się do warstwy manganowej, ręcznie przeniesiono 2 m³ żwirku do zbiorników (rysunek 8) i odstawiono utrzymując stały przepływ wody przez zbiornik. Prowadząc dalsze prace związane z wymianą złoża w międzyczasie wykonywano badania laboratoryjne magazynowanego złoża.

Po wykonaniu wszystkich kolejnych prac na filtrze, w momencie dostawy nowego złoża, ponownie wsypano magazynowane złożo manganowe. Tak przygotowany filtr zalano wodą, przepłukano i puszczono napływ wody surowej. W pierwszych dniach wodę kierowano do kanalizacji, ale po trzech dniach, w celu zredukowania strat wody podczas procesu wpracowania filtra, wykonano tymczasową instalację i wodę spod filtra przekierowano na pozostałe filtry. Po około 2 tygodniach zauważono już zdecydowany spadek zawartości manganu

w wodzie podfiltrowej. Zwiększono napływ wody na około 50%. Ponownie zawartość manganu wzrosła lecz po następnych kilku dniach zaczęła spadać. Ostatecznie po osiągnięciu około 75% otwarcia zasuw i prawidłowych wynikach oddano filtr do ruchu w dniu 16.01.2021 r. Wyniki wpracowania złoża przedstawia wykres na rysunku 9.

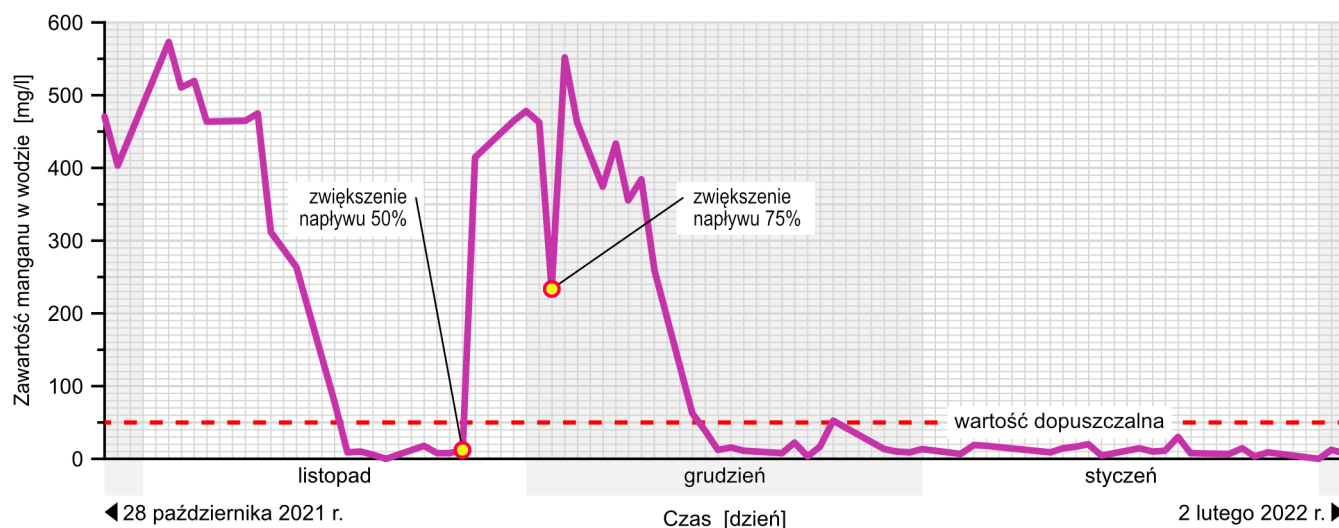
5.3. Wymiana złoża w filtrze nr 4

(prace trwały od 13.11.2024 do 11.01.2025)

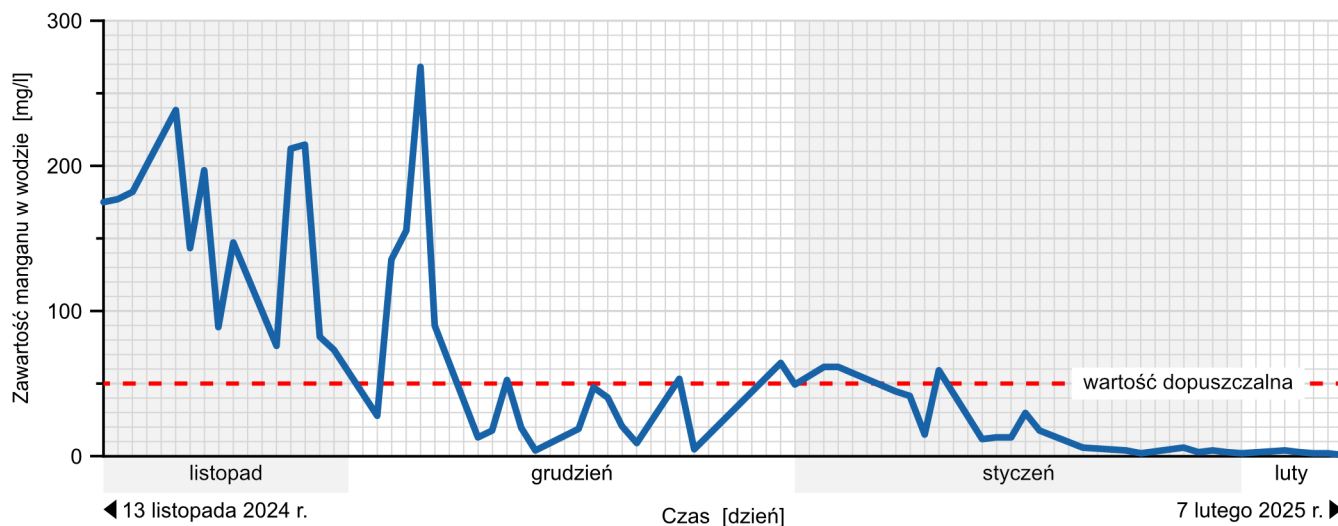
Prace na filtrze nr 4 prowadzono w identyczny sposób jak na filtrze nr 1. Zachowano część złoża manganowego, lecz tym razem zwiększono je o 100% w ilości 4 m³. Ostatecznie wpracowanie filtra trwało 4 tygodnie do czasu uzyskiwania stabilnych badań laboratoryjnych i zakończyło się oddaniem do ruchu w dniu 11.01.2025 r., zachowując pewność stabilności wyników. Wyniki wpracowania złoża przy napływie wody na filtr w granicach 30% przedstawia wykres na rysunku 10.



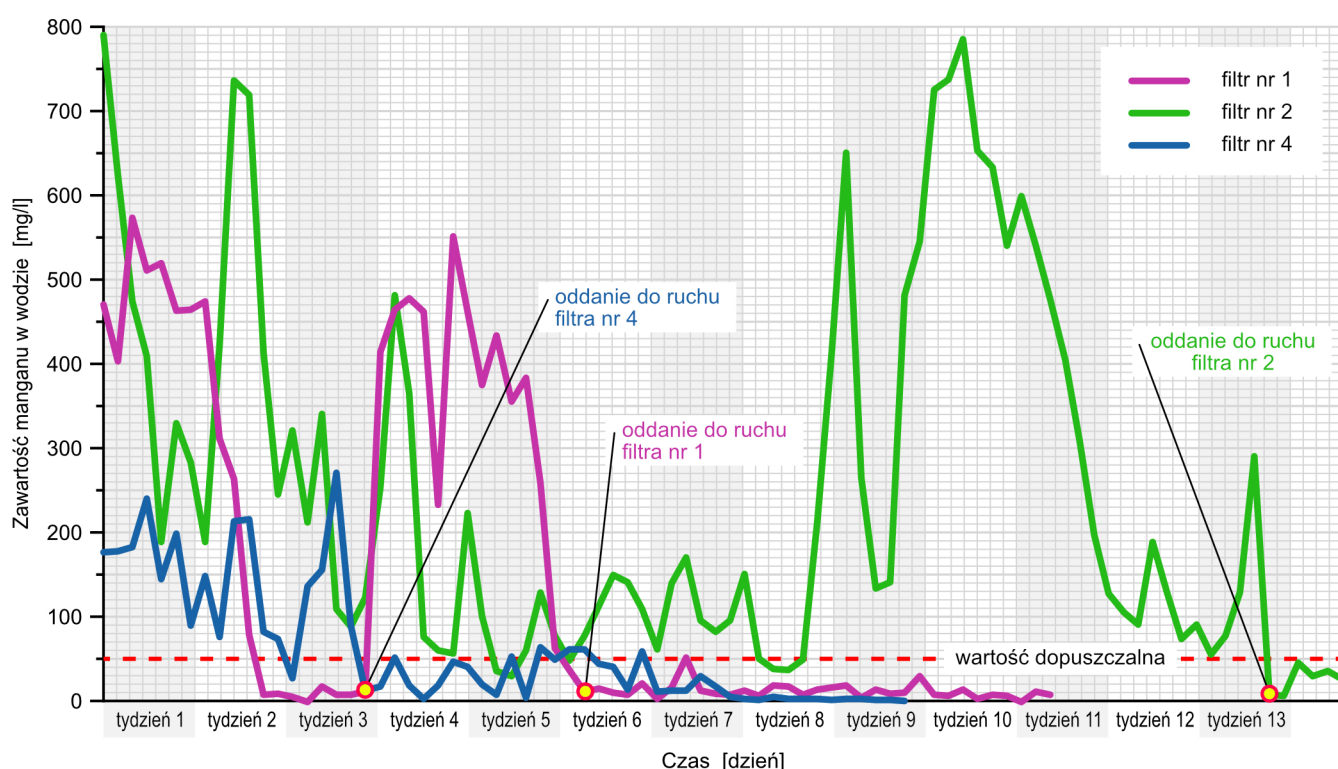
Rys. 8. Magazynowanie złoża manganowego (fot. Marcin Kos)



Rys. 9. Wykres redukcji manganu podczas całego okresu zatrzymania filtra nr 1



Rys. 10. Wykres redukcji manganu podczas całego okresu zatrzymania filtra nr 4



Rys. 11. Zestawienie zbiorcze czasów wpracowania filtrów nr 1, 2 i 4

6. Wnioski

Wymiana złoża w filtrach otwartych pospiesznych z pozoru wydaje się łatwą operacją. I taką jest faktycznie. Sama wymiana nie sprawia większych problemów. Należy oczywiście wziąć pod uwagę kilka problemów związanych z logistyką, zabezpieczeniem infrastruktury przed uszkodzeniami, zabezpieczeniem przed pyleniem w momencie zasypywania filtrów. Natomiast jak się okazało, największym wyzwaniem stało się to, co następuje po wymianie, mianowicie wprowadzeniem filtra do ruchu (rysunek 11). Jak pokazała pierwsza wymiana w filtrze nr 2 całkiem nowe złoże potrzebuje dużo czasu, aby zaczęło skutecznie pracować. Naturalne wpracowanie złoża trwa bardzo długo i dlatego podjęto próby skrócenia tego czasu przez sztuczne zaszczepienie złoża. W ten sposób czas od pogorszenia się pracy filtra do czasu jego oddania do ruchu wyniósł nieco ponad 3 miesiące. Aby jeszcze skrócić ten czas w najprostszy sposób,

sensownym okazało się pozostawienie niewielkiej ilości, ale jakże cennej, starego złoża i dosypanie go do nowego. Pozwoliło to skrócić czas na wpracowanie nowego złoża do 10 tygodni w przypadku filtra nr 1 oraz do 5 tygodni w przypadku filtra nr 4, zaoszczędzając w ten sposób tysiące m³ wody.

Prace przy wymianie filtrów prowadził Dział Produkcji Wody pod kierownictwem:

- Marcina Kosa – kierownika wydziału,
- Łukasza Zemana – mistrza ds. produkcji wody,
- Bartłomieja Krawczyka – mistrza ds. remontów.

mgr inż. Marcin Kos

Kierownik Wydziału Produkcji Wody PWiK Oświęcim

mgr Zbigniew Wacławek

Kierownik Laboratorium PWiK Oświęcim