

## AUTOMATYZACJA PROCESU PODCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW Z ZASTOSOWANIEM KOMPAKTOWEGO STEROWNIKA PLC

### Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę procesu podczyszczania ścieków pod kątem jego automatyzacji z zastosowaniem kompaktowego sterownika PLC. Artykuł zawiera opis trójstopniowego oczyszczania ścieków składający się z etapu mechanicznego, chemicznego i biologicznego. Dla każdego z tych etapów przeprowadzono analizę w celu określenia zasobów sprzętowych sterownika koniecznych do właściwej obsługi zastosowanych urządzeń. Ponadto przeprowadzono bilans wymaganych zasobów sprzętowych całego sterownika i dobrano przykładowy sterownik z rodziny SIEMENS S7-1200. Artykuł uzupełniają wiadomości o możliwościach wynikających z zastosowania paneli operatorskich (HMI) i interfejsów komunikacyjnych.

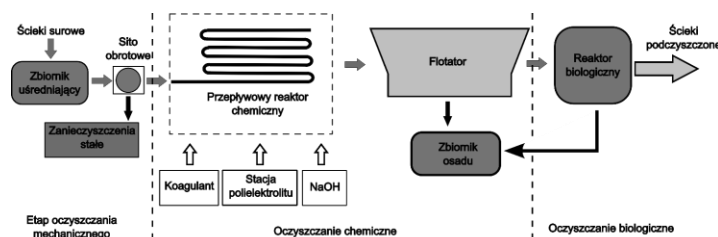
### WSTĘP

Dynamiczny rozwój cyfrowych układów sterowania pozwala obecnie na przeprowadzenie kompleksowej automatyzacji całych procesów produkcyjnych poprzez zastosowanie programowalnych sterowników logicznych (PLC). Szczególnie istotne jest to, że możliwości tych urządzeń w ostatnich latach znacznie wzrosły nie prowadząc jednocześnie do wzrostu ich cen. Te dwa czynniki powodują, że udział kompaktowych sterowników PLC w rynku sterowników stosowanych do automatyzacji produkcji wciąż rośnie. Sterowniki te wypierają w prostych aplikacjach znacznie droższe sterowniki modułowe. Artykuł przedstawia analizę automatyzacji procesu oczyszczania ścieków realizowanego w podczyszczalni ścieków. Przedstawiono tu analizę procesu w celu określenia wymagań wobec sterownika a następnie zaproponowano sterownik kompaktowy spełniający wymagania wynikające z liczby i rodzaju aktuatorów i czujników obecnych w procesie. Należy podkreślić, że przedstawione w artykule informacje znajdują potwierdzenie w zrealizowanych zagadnieniach automatyzacji, a procesy podczyszczania ścieków zautomatyzowane w przedstawiony tu sposób zostały wdrożone.

### 1. PRZYKŁADOWY PROCES PODCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

Zadaniem przykładowych oczyszczalni ścieków jest przetworzenie ścieków surowych do postaci, która jest akceptowana przez oczyszczalnie ścieków przetwarzające ścieki komunalne. Proces oczyszczania ścieków realizowany w oczyszczalniach przykładowych można podzielić na trzy główne etapy: oczyszczanie mechaniczne, oczyszczanie chemiczne i oczyszczanie biologiczne [1]. Oczyszczanie mechaniczne pozwala usunąć ze ścieków surowych zanieczyszczenia na tyle duże, aby mogły być wyodrębnione na drodze filtracji mechanicznej. W zależności od charakterystyki tych zanieczyszczeń stosować można różne urządzenia począwszy od sit (tzw. sit skratkowych) aż do skomplikowanych układów takich jak becznieniowe filtry mechaniczne. Mechaniczna obróbka ścieków surowych pozwala zmniejszyć parametry BZT<sub>5</sub> o około 40% a ChZT o 50%. Oczyszczone wstępnie ścieki są przepompowywane do reaktora chemicznego (najczęściej przepływowego) nazywanego również flokulatorem. Wprowadzone do przepływających ścieków odczynniki chemiczne pomagają wytrącić ze ścieków mikrozwiesiny i koloidy. Wytrącone zanieczyszczenia tworzą większe aglomeraty zwane flokulami. Proces separacji wytrąconych flokul

prowadzony jest w urządzeniach zwanych flotatorami, gdzie oczyszczane ścieki nasycane są sprężonym powietrzem za pomocą pomp saturacyjnych. Mikropełcherzyki powietrza pomagają transportować wytrącone flokuly na powierzchnię, skąd zgarniane są mechanicznie do zbiornika osadu. Na dnie flotatora gromadzi się osad, który również musi być odprowadzany do zbiornika osadu. Sprawność działania flotatora zależy od wielkości pełcherzyków powietrza i ich udziału w objętości ścieków wypełniających flotator. W celu poprawy sprawności działania flotatora możliwe jest zastosowanie innych gazów niż sprężone powietrze - na przykład ozonu czy dwutlenku węgla [2]. Ostatni etap oczyszczania ścieków polega na oczyszczaniu biologicznym prowadzonym w reaktorach biologicznych. Proces ten opiera się o działanie mikroorganizmów dobranych do konkretnego zadania. Reaktory biologiczne są największymi zbiornikami w oczyszczalni. Ich wielkość wynika z długiego czasu trwania prowadzonego w nich cyklu oczyszczania biologicznego.



Rys. 1. Trzy etapy oczyszczania ścieków w podczyszczalni przykładowej

Poprawne przeprowadzenie podczyszczania ścieków gwarantuje uzyskanie parametrów pozwalających na ich wprowadzenie do kanalizacji. Ze względu na możliwą zmienność parametrów fizykochemicznych surowych ścieków niezautomatyzowane optymalizowanie pracy oczyszczalni dotyczy głównie stopnia biologicznego. Dobór właściwych mikroorganizmów warunkuje prawidłowe działanie reaktora biologicznego i nie podlega automatyzacji. Pozostałe etapy podczyszczania, w których występuje wiele parametrów czasowych i przepływowych można efektywnie automatyzować z zastosowaniem sterowników programowalnych PLC.

## 2. KOMPAKTOWE STEROWNIKI PLC I ICH NAJWAŻNIEJSZE MOŻLIWOŚCI

Kompaktowy sterownik PLC charakteryzuje się tym, że jego jednostka główna zawiera oprócz układów CPU również wejścia i wyjścia sygnałów binarnych a czasami również analogowych. Oczywiście liczba we/wy jest ograniczona, ale podstawowym zadaniem sterownika kompaktowego jest umożliwienie automatyzacji prostych zagadnień bez konieczności rozbudowywania sterownika o dodatkowe moduły. Ta idea kształtuje rynek sterowników kompaktowych, choć obecnie trudno mówić o ograniczonych możliwościach tychże sterowników. Wynika to z wprowadzenia na rynek szerokiej gamy modułów rozszerzających możliwości jednostki głównej sterownika.

Obecnie rynek kompaktowych sterowników PLC jest bardzo bogaty, a dostępne urządzenia posiadają możliwości spotykane do niedawna jedynie w sterownikach modułowych. Pośród zagadnień związanych ściśle z automatyzacją procesów technologicznych najistotniejsze to:

- możliwość przetwarzania sygnałów cyfrowych, jedno-bitowych ;
- możliwość przetwarzania sygnałów analogowych (akwizycja i generowanie);
- możliwość integracji układów opartych o rozproszone sterowniki kompaktowe (komunikacja pomiędzy sterownikami),
- możliwość komunikacji z układem sterowania przez światową sieć komputerową,
- możliwość interakcji z układem sterowania za pomocą paneli operatorskich.

## 3. ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAUTOMATYZOWANIA PROCESU PODCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW Z ZASTOSOWANIEM KOMPAKTOWEGO STEROWNIKA PLC

Automatyzację procesu oczyszczania ścieków prowadzi się w celu optymalizacji tego procesu poprzez dążenie do wysokiej sprawności i niezawodności działania układów oczyszczalni. Każdy etap oczyszczania ścieków znajduje swoje odzwierciedlenie w układach wejściowych i wyjściowych układu sterowania wpływając na liczbę wejść i wyjść sterownika, a zatem na jego cenę. Ta zależność wymaga przeprowadzenia analizy automatyzowanego procesu pod kątem liczby czujników zainstalowanych w układzie i liczby elementów wykonawczych. Warto zwrócić uwagę na to, że każdy element wykonawczy oprócz sygnału sterującego jego pracą wprowadza na sterownik sygnał cyfrowy lub analogowy niosący informację o jego stanie.

Oprócz obsługi sygnałów binarnych konieczne jest coraz częściej zapewnienie zdalnego dostępu do układu sterowania. To pociąga za sobą konieczność zakupu modułu (lub modułów) komunikacyjnego albo wybranie sterownika z wbudowanym takim modulem.

Analiza układu poprzedzająca automatyzację procesu prowadzi do określenia wymagań, które powinien spełnić sterownik zastosowany do jego automatyzacji.

### 3.1. Automatyzacja etapu mechanicznego oczyszczania ścieków

Pierwszym blokiem oczyszczalni ścieków jest zbiornik ścieków surowych nazywany również zbiornikiem uśredniającym. Tutaj gromadzone są ścieki zanim poddane zostaną oczyszczeniu. Zbiornik ten często wyposażony jest w kosz pozwalający odseparować se ścieków zanieczyszczenia stałe, które ze względu na swoje wymiary mogłyby doprowadzić do zakłóceń pracy oczyszczalni lub nawet do jej zatrzymania. Podstawową informacją dla układu stero-

wania pochodzącą z tego zbiornika jest poziom ścieków w nim zgromadzony. W zależności od poziomu ścieków i gotowości oczyszczalni na przyjęcie ścieków w celu ich oczyszczenia możliwe jest uruchomienie pompy (lub pomp) ścieków surowych. Aby uniknąć konieczności częstego oczyszczania zbiornika ścieków surowych z osadów montuje się w nim mieszadło mechaniczne zapobiegające nadmiernej sedymentacji i homogenizujące ścieki. Najważniejszym i często jedynym parametrem opisującym stan zbiornika ścieków surowych jest jego wypełnienie.

Informację o objętości ścieków można przekazać do sterownika w postaci sygnału analogowego, binarnego lub stosując czujnik pomiarowy z przetwornikiem posiadającym interfejs komunikacyjny. Najczęściej stosowane są czujniki z wyjściem analogowym, prądowym. Czujniki z interfejsem komunikacyjnym dają możliwość przekazywania informacji na większych odległościach jednak są droższe. Przykładem czujnika, którego parametry są wystarczające do pomiaru poziomu ścieków w zbiorniku uśredniającym jest sonda hydrostatyczna w obudowie odpornej na działanie agresywnego chemicznie otoczenia.

Urządzenia umieszczone w zbiorniku uśredniającym i sterowane przez sterownik to mieszadło i pompa ścieków surowych. Bilansując pierwszy blok oczyszczalni można stwierdzić, że będzie on dla sterownika źródłem jednego sygnału analogowego, a sterownik musi mieć możliwość wygenerowania sygnału załączenia silnika pompy ścieków surowych i mieszadła ścieków. Aby kontrolować poprawność załączania silników sterownik otrzymuje również sygnały zwrotne z przekąźników- styczników.

Dla obsługi zbiornika ścieków surowych sterownik musi posiadać jedno wejście sygnału analogowego, dwa wejścia sygnałów binarnych i dwa wyjścia sygnałów binarnych.

Na podstawie sygnału z sondy hydrostatycznej można obliczyć poziom ścieków w zbiorniku. Poziom ścieków nie zawsze jest proporcjonalny do objętości ścieków zgromadzonych w zbiorniku. Możliwość przeprowadzenia obliczeń arytmetycznych z wykorzystaniem funkcji trygonometrycznych jest niezbędne, kiedy konieczne jest obliczenie objętości ścieków zgromadzonych w zbiorniku, która nie jest proporcjonalna do poziomu ścieków w nim zgromadzonych. Kolejnym istotnym parametrem sterownika powinna być możliwość wykonywania obliczeń arytmetycznych. Obecnie wszystkie sterowniki kompaktowe posiadają takie możliwości.

Ścieki pompowane ze zbiornika uśredniającego trafiają do urządzenia filtrującego. Najczęściej stosowanym urządzeniem jest tu sito z mechanicznym układem odprowadzania wyodrębnionych zanieczyszczeń. Sito takie posiada element zgarniający zanieczyszczenia napędzany silnikiem elektrycznym. Sito narażone jest na przepelnienie w przypadku zapchania odpływu ścieków, co wymaga zastosowania czujnika poziomu ścieków. Sito jako układ automatyczny powinno być oczyszczane na przykład przy pomocy wody pod ciśnieniem. Wprowadzenie automatycznego czyszczenia sita skorelowanego z kalendarzem możliwe jest jeżeli sterownik posiada zegar czasu rzeczywistego. Obsługa daty systemowej przez wbudowane funkcje sterownika pozwala przeprowadzać różne działania w ustalonych odstępach czasu skorelowanych z kalendarzem. Okresowe czyszczenie sita jest przykładem takiego działania.

Automatyczna praca sita wymaga sygnału załączenia napędu sita i towarzyszącemu mu sygnału potwierdzającego załączenie napędu. Dodatkowo konieczne jest monitorowanie poziomu ścieków w sicie w celu zapobiegania jego przepelnieniu. Wystarczającym czujnikiem spełniającym to zadanie jest czujnik działający jak wyłącznik krańcowy – pomiar poziomu ścieków w sicie nie jest konieczny.

## 3.2. Automatykacja reaktora chemicznego

Stopień chemiczny podczyszczalni składa się z reaktora chemicznego i flotatora. Sprawność flotatora zależy od właściwego przygotowania ścieków przepływających przez reaktor. Chemikalia dodawane do ścieków mają za zadanie usprawnienie procesu tworzenia floku i korekcję odczynu ścieków w kierunku sprzyjającym działaniu mikroorganizmów ( $6,5 < \text{pH} < 7,3$ ) obecnych w ostatnim etapie oczyszczania. Aby zapewnić prawidłowe działanie reaktora należy:

1. kontrolować przepływ objętościowy ścieków przez reaktor i utrzymywać na zadanym poziomie,
2. kontrolować odczyn ścieków i korygować go przez wprowadzanie korektorów.

Utrzymanie właściwego przepływu przez flotator ma na celu zapewnienie właściwego mieszania ścieków z wprowadzanymi do nich odczynnikami. Niektóre odczynniki wprowadzane do ścieków w reaktorze wymagają wstępnego przygotowania. Polielektrolit dostępny jest w handlu w postaci proszku, który dopiero po wymieszaniu z wodą tworzy flokulant. Ostateczne stężenie polielektrolitu w sporządzonym roztworze nie przekracza najczęściej 0,3%. Przygotowanie polielektrolitu obejmuje dokładne dawkowanie do wody, mieszanie i dojrzewanie. W celu zapewnienia prawidłowego przygotowania polielektrolitu budowane są dodatkowe urządzenia tzw. stacje polielektrolitu. W urządzeniach tych proszek zmagazynowany jest w zasobniku. Poniżej zasobnika znajduje się zbiornik na roztwór. Przygotowanie polielektrolitu zaczyna się po opróżnieniu zbiornika z poprzednio przygotowanej porcji. Podczas napełniania zbiornika wodą podawany jest do niej polielektrolit proszkowy. Mieszadło umieszczone w zbiorniku pracuje przez cały czas przygotowywania polielektrolitu i wyłączane jest dopiero po zakończeniu okresu dojrzewania.

Dodatkowa stacja polielektrolitu wymaga sterowania zaworem wody, silnikiem mieszadła i napędem dozownika proszku. Poziom polielektrolitu można określać sondą hydrostatyczną (sygnał analogowy) lub czujnikiem konduktometrycznym. Czujnik konduktometryczny współpracuje z dedykowanym przetwornikiem pomiarowym.

W celu automatyzacji pracy stacji polielektrolitu należy zapewnić sterownik mogący generować trzy sygnały załączenia (zawór wody, silnik mieszadła i silnik dozownika proszku), przetwarzający 3 sygnały potwierdzające załączenie aktuatorów (sygnały binarne) i przynajmniej 2 sygnały poziomu polielektrolitu w zbiorniku. Dodatkowo niezbędne jest kontrolowanie obecności proszku w zasobniku - uruchomienie procesu przygotowania polielektrolitu bez zapewnienia wystarczającej ilości proszku prowadzi do przygotowania flokulantu o niewłaściwym składzie.

Innymi odczynnikami dodawanymi do ścieków przepływających przez reaktor są koagulanty żelazowe. Dzięki ich obecności możliwe jest usuwanie ze ścieków siarkowodoru, strącanie fosforu, usuwanie bakterii nitkowatych.

Dodawanie polielektrolitu i koagulantu żelazowego realizowane jest powszechnie za pomocą pomp dozujących. Jeżeli oczyszczalnia-reaktor pracują na ustalonym przepływie objętościowym ścieków nie ma konieczności korygowania dawkowania tych odczynników przez sterownik oczyszczalni. Wprowadzenie soli żelaza powoduje obniżenie pH ścieków i sprzyja korozji instalacji oczyszczalni. Z tego powodu i dla zapewnienia właściwych warunków dla mikroorganizmów bytujących w reaktorze biologicznym konieczne jest utrzymywanie pH ścieków o wartości co najmniej 6,5.

Kwaśny odczyn ścieków koryguje się przez dawkowanie zasad, najczęściej NaOH. Zmienny odczyn ścieków surowych sprawia, że dawkowanie wodorotlenku sodu musi być kontrolowane przez sterownik. Odczyn ścieków przepływających przez reaktor mierzony jest po wymieszaniu z polielektrolitem i koagulantem żelazowym.

Odczyn mierzony jest czujnikami wyposażonymi w przetworniki pomiarowe dające sygnał analogowy wprost proporcjonalny do odczynu ścieków. Sygnał ten musi być zmierzony przez układ przetwornika A/C. Na podstawie wyniku pomiaru generowany jest sygnał sterowania pompą dozującą NaOH. Sygnał ten może być sygnałem o zmiennej częstotliwości lub o stałej częstotliwości ale zmiennym wypełnieniu (PWM). W takim przypadku korzystne będzie zastosowanie sterownika z wyjściami tranzystorowymi. Innym sposobem sterowania wydajnością pompy jest generowanie sygnału analogowego prądowego lub napięciowego.



**Rys. 2.** Efekty prawidłowo dobranych parametrów oczyszczania w stopniu chemicznym to wytrącenie floku i klarowanie ścieków

Utrzymanie stałego przepływu przez reaktor to z kolei konieczność pomiaru tego przepływu i sterowania pompą zasilającą reaktor. Pomiar przepływu realizowany jest najczęściej przepływomierzami udostępniającymi sygnał analogowy lub (i) impulsowy. Pompa zasilająca reaktor napędzana jest najczęściej trójfazowym, asynchronicznym silnikiem indukcyjnym zasilanym za pośrednictwem falownika. Częstotliwość prądu, którym falownik zasilą silnik pompy zadawana jest sygnałem analogowym. To pociąga za sobą konieczność wyposażenia sterownika w dodatkowe wyjście analogowe (sterowanie falownikiem) i wejście analogowe (pomiar przepływu przez reaktor).

Po przepłynięciu przez reaktor ścieki dostarczane są do flotatora. Część ścieków przepływa przez pompę saturacyjną, gdzie sprężone powietrze rozpuszczone jest w ściekach. Przygotowane w ten sposób ścieki napływają do flotatora, w którym lekkie aglomeraty wypływają na powierzchnię a struktury o większej gęstości opadają na dno flotatora. Niezbędne jest regularne odprowadzanie osadu z flotatora. W tym miejscu zastosowanie znajdują urządzenia pozwalające na pomiar czasu (liczniki czasu nazywane timerami) i funkcje pozwalające na obsługę zegara systemowego. Zrzut osadu realizowany jest przez cykliczne otwieranie zaworów spustowych. Zgarnianie flokulantów wyniesionych na powierzchnię przez pęcherzyki gazu odbywa się mechanicznie - przez zgarniacz napędzany silnikiem indukcyjnym. Na tym etapie oczyszczania ścieki są pozbawione w wysokim stopniu zanieczyszczeń stałych, co sprzyja utrzymaniu w czystości reaktorów biologicznych.

Ścieki mają również odczyn sprzyjający mikroorganizmom działającym w reaktorze biologicznym.

## 3.3. Automatykacja stopnia biologicznego

Ostatni etap oczyszczania ścieków nie ma charakteru przepływowego, co determinuje objętość reaktora - największą spośród wszystkich zbiorników oczyszczalni. Reaktor biologiczny przyjmuje ścieki podczyszczone w dwóch poprzednich etapach. Mikroorganizmy bytujące w reaktorze rozkładają zanieczyszczenia organiczne



niemożliwe lub trudne do usunięcia ze ścieków przez zastosowanie oczyszczania mechanicznego i chemicznego. Mikroorganizmy te to bakterie tlenowe wymagające zawartości tlenu w ściekach umożliwiającej ich rozwój. To właśnie wymaga dostarczania do ścieków tlenu i kontrolowania jego zawartości. Tlen dostarczany jest w powietrzu wtłaczanym do reaktorów przez dysze rozmieszczone ponad dnem reaktora. Aby poprawić sprawność energetyczną procesu natleniania ścieków silniki napędzające dmuchawy powietrza sterowane są podobnie jak silnik pompy zasilającej flotator - za pośrednictwem falowników. Osiągnięcie zadanej zawartości tlenu w ściekach jest celem regulacji wydatku dmuchaw - prędkości obrotowej silników napędzających dmuchawy. Określenie zawartości tlenu w ściekach możliwe jest przez zastosowanie sond tlenowych z wbudowanym przetwornikiem pomiarowym. Sondy te dostarczają do sterownika sygnał analogowy. Jego wartość służy sterownikowi do korekcy prędkości obrotowej silnika dmuchawy wysyłając do falownika sygnał analogowy.

Prawidłowe działanie reaktora biologicznego wymaga ponadto okresowego mieszania ścieków prowadzonego za pomocą mieszadeł. Czujniki zainstalowane w reaktorach wysyłają do sterownika informacje o natlenieniu ścieków i o poziomie ścieków. Oba sygnały są sygnałami analogowymi. Sterownik generuje sygnał załączenia mieszadła i załączenia falownika dmuchawy powietrza. Prędkość obrotowa dmuchawy zadawana jest sygnałem analogowym. Ponadto sterownik włącza napęd mieszadła.

Po zakończeniu procesu oczyszczania ścieków w reaktorze biologicznym ścieki odprowadzane są do kanalizacji, a nadmiar osadu jest przepompowywany do zbiornika osadu. Te dwie pompy obciążają dwa wyjścia i dwa wejścia binarne sterownika.

#### 4. OKREŚLENIE MINIMALNEJ KONFIGURACJI STEROWNIKA PLC

Po przeanalizowaniu pełnego procesu technologicznego oczyszczania ścieków w podczyszczalni można sporządzić zestawienie pozwalające na wybór sterownika i dodatkowych modułów sygnałowych lub (i) komunikacyjnych co przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1. Bilans wejść i wyjść sterownika**

Urządzenie	Wejścia i wyjścia sterownika			
	Wejścia binarne	Wyjścia binarne	Wejścia analogowe	Wyjścia analogowe
Zbiornik uśredniający				
Pompa ścieków surowych	1	1	0	0
Czujnik poziomu ścieków	0	0	1	0
Mieszadło	1	1	0	0
Sito mechaniczne				
Napęd sita	1	1	0	0
Czujnik poziomu ścieków	1	0	0	0
Zawór mycia sita	1	1	0	0
Stacja przygotowania polielektrolitu				
Napęd dozownika proszku	1	1	0	0
Zawór wody	1	1	0	0
Mieszadło	1	1	0	0
Czujnik napełnienia zbiornika	4	0	1 <sup>1)</sup>	0
Czujnik proszku	1	0	0	0
Reaktor przepływowy				
Pompa dozująca polielektrolit	1	1	0	0
Pompa dozująca koagulant żelazowy	1	1	0	0
Pompa dozująca NaOH	1	1	0	1
Czujnik pH	0	0	1	0
Pompa zasilająca reaktor	1	1	0	1
Przepływomierz	1	0	1	0
Flotator				
Zgarniacz osadu	1	1	0	0
Czujnik poziomu	2	0	1 <sup>1)</sup>	0

Pompa saturacyjna	1	1	0	0
Sprężarka powietrza	1	1	0	0
Zawór spustu osadu	1	1	0	0
Dwa reaktory biologiczne				
Napęd dmuchawy	2	2	0	2
Czujnik zawartości tlenu	0	0	2	0
Mieszadło	2	2	0	0
Pompa ścieków	2	2	0	0
Pompa osadu	2	2	0	0
Urządzenia dodatkowe				
Wyłącznik bezpieczeństwa	1	0	0	0
<b>W sumie</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>max 7</b>	<b>4</b>

<sup>1)</sup> w przypadku zastosowania sondy hydrostatycznej

Aby umożliwić obsługę wszystkich sygnałów w automatyzowanej oczyszczalni należy zastosować sterownik o możliwościach co najmniej takich jak wynika z tabeli 1. Poniżej przedstawiono przykład doboru jednostek głównych i modułów rozszerzeń dla sterowników SIEMENS S7-1200.

**Tab. 2. Dobór sterownika i modułów rozszerzeń**

Urządzenie	Liczba wejść binarnych	Liczba wyjść binarnych	Liczba wejść analogowych	Liczba wyjść analogowych
Jednostka centralna 1214C DC/DC/DC	14	10	0	0
Moduł wejść/wyjść binarnych				
SM 1223	16	16	0	0
Moduł wejść binarnych				
SM 1221	8	0	0	0
Moduł wejść/wyjść analogowych SM 1234	0	0	4	2
Moduł wejść/wyjść analogowych SM 1234	0	0	4	2
W sumie	38	26	8	4
Nadwyżka	5	2	0	0

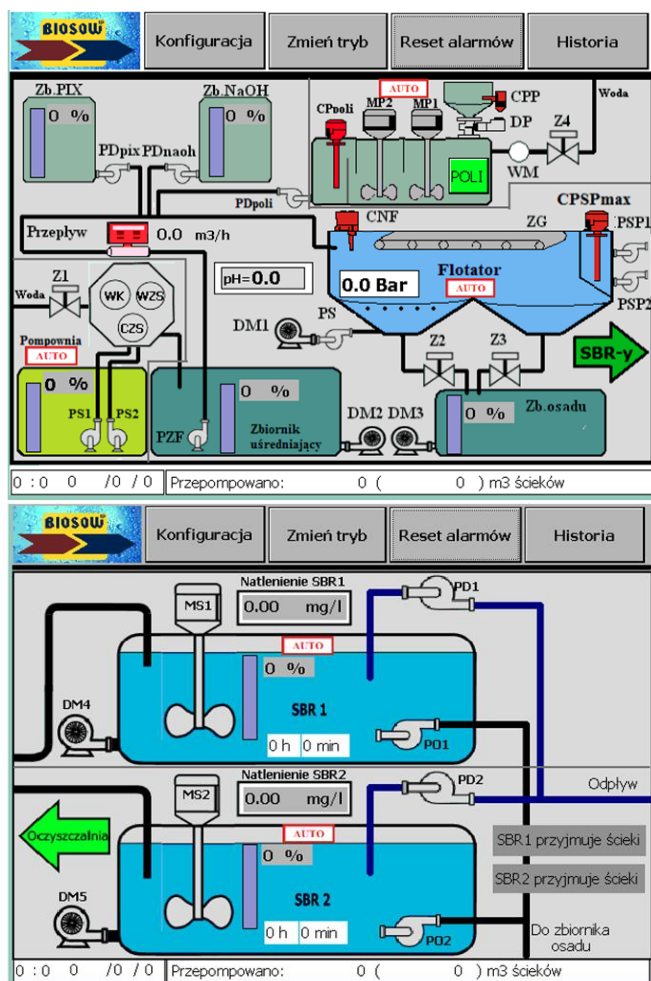
Jak widać dobrany sterownik posiada nadwyżkę wejść i wyjść binarnych. Umożliwi to niewielką rozbudowę układu sterowania bez konieczności wymiany sterownika czy zakupu modułu rozszerzeń.



**Rys. 2.** Sterownik w szafie sterowania oczyszczalni zajmuje relatywnie mało miejsca w porównaniu z pozostałymi urządzeniami elektrycznymi. Najważniejsze układy zainstalowane w szafie sterowniczej [4]: 1- Sterownik PLC z modułami rozszerzeń, 2- zabezpieczniki, 3- zabezpieczenia silników elektrycznych, 4- styczniki, 5- przetwornice częstotliwości

## 5. OBSŁUGA STEROWNIKA POPRZECZ INTERFEJS OPERATORA (HMI)

Zmiana nastaw procesu, obsługa alarmów zgłaszanych przez urządzenia oczyszczalni, zmiana trybu pracy oczyszczalni i inne operacje wykonywane przez obsługę wymagają stworzenia wygodnego w obsłudze interfejsu. Obecnie interfejsy takie budowane są w oparciu o komputery wyposażone w ekran dotykowy. Urządzenia te służą do wizualizacji chwilowych wartości monitorowanych parametrów pracy procesów sterowanych za pomocą sterowników PLC. Głównym zadaniem tych urządzeń jest umożliwienie odczytu i modyfikacji pamięci danych sterownika PLC.



**Rys. 3.** Wizualizacja procesu na ekranie panelu sterowania na przykładzie oczyszczalni typu EKO-SYSTEM produkowanej przez firmę BIOSOW

Oprócz tego podstawowego zadania panele w podstawowych wersjach umożliwiają obsługę alertów zgłaszanych przez sterownik. Dostęp do nastaw sterownika możliwy jest na kilku poziomach autoryzacji. Można wydzielić nastawy możliwe do edycji jedynie przez administratora systemu oraz nastawy ogólnodostępne. Panele HMI najczęściej produkowane są przez wytwórców sterowników PLC w celu zapewnienia pełnej kompatybilności protokołów komunikacyjnych pomiędzy sterownikiem i panelem (SIEMENS, MITSUBISHI). Są jednak producenci oferujący panele wyposażone w biblioteki pozwalające na komunikację ze sterownikami innych producentów (np. WEINTEK).

Zupełnie innym podejściem jest zastosowanie sterownika ze zintegrowanym panelem operatorskim. Liderem na rynku takich sterowników jest izraelska firma UNITRONICS.

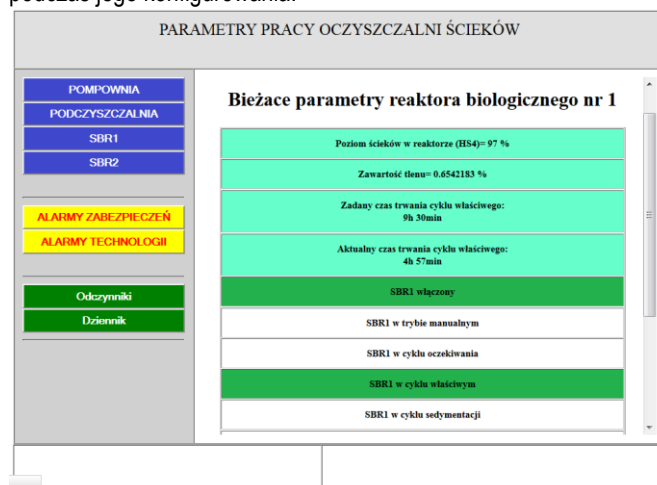
## 6. KOMUNIKACJA Z NADRZĘDNYM SYSTEMEM STEROWANIA I Z SIECIĄ INTERNET

Podczyszczalnia może funkcjonować jak obiekt autonomiczny dzięki dobranemu we właściwy sposób sterownikowi. Możliwość wymiany informacji z ogólnozakładowym systemem sterowania/nadzoru jest wymagana w zakładach, które posiadają wiele zautomatyzowanych procesów technologicznych nadzorowanych z jednego miejsca. Sterownik nadzorujący działanie podczyszczalni ścieków można wyposażyć w moduł na przykład PROFIBUS SLAVE CM 1242-5.

Wydzielony obszar pamięci sterownika można wysyłać na żądanie systemu nadrzędnego (MASTER) i tam poddawać dalszemu opracowaniu. Ze względu na rozproszenie układu sterowania na terenie zakładu transmisja danych realizowana sygnałami elektrycznymi jest narażona na zakłócenia. Zastosowanie układu światłowodowej transmisji danych pozwala na obsługę łącza o długości nawet 3km.

Interesujące możliwości oferują sterowniki wyposażone we wbudowany interfejs sieciowy ETHERNET. Możliwe jest włączenie sterownika do ogólnosiwiatowej sieci INTERNET i komunikowanie się z nim za pomocą narzędzi oferowanych dla systemów operacyjnych komputerów osobistych. Interfejs sieciowy obecny jest jako wbudowany/podstawowy interfejs komunikacyjny dla sterowników kompaktowych. Umożliwia on zmianę oprogramowania, monitorowanie stanu urządzeń sterownika, obsługę bufora diagnostycznego [3].

Ponadto możliwe jest uruchomienie na sterowniku serwera stron www i udostępnianie informacji o stanie urządzenia w postaci stron internetowych przygotowanych i wgranych do sterownika podczas jego konfiguracji.



**Rys. 4.** Przykład strony internetowej sterownika podczyszczalni ścieków. Widoczne są podstawowe parametry bieżącego cyklu podczyszczalni biologicznej

## WNIOSKI

Podczyszczanie ścieków jest procesem możliwym do zautomatyzowania przez zastosowanie sterownika kompaktowego PLC wyposażonego w dodatkowe moduły rozszerzeń. Najważniejsze cechy sterowników, które decydują o wyborze właściwego urządzenia to:

- wystarczająca liczba wejść i wyjść do obsługi sygnałów binarnych i analogowych,
- wystarczająca pojemność pamięci danych i pamięci programu,
- krótki czas wykonania cyklu programu (dla omawianej aplikacji około 5ms),
- możliwość zainstalowania panelu operatorskiego HMI,

- możliwość wymiany informacji z systemem nadrzędnym.

Sterowniki kompaktowe umożliwiają obecnie zdalny dostęp do kontrolowanego procesu za pośrednictwem interfejsu sieciowego (ETHERNET) i przemysłowych interfejsów komunikacyjnych jak na przykład PROFIBUS. Podsumowując można uznać, że automatyzacja procesu podczyszczania ścieków przez zastosowanie sterownika kompaktowego jest uzasadniona ekonomicznie i pozwala uzyskać zadowalające efekty oczyszczania ścieków. Dzięki elastyczności sterownika i możliwości łatwego zmieniania programu sterującego procesem możliwe jest optymalizowanie algorytmu sterowania.

## BIBLIOGRAFIA

1. Krzanowski S., Wałęga A., Paśmionka I., *Oczyszczanie ścieków z wybranych zakładów przemysłu spożywczego*. Polska Akademia Nauk, Kraków 2008.
2. L.H. Wen, P.M. Menon, J. Saththasivam, K. Thu, A. Ismail, and K.C. Ng., *Case Studies of microbubble waste water treatment*. *Desalination and Water Treatment* 30 (2011): 10-16. doi:10.5004/dwt.2011.1217
3. Siemens AG, *S7-1200 Programmable Controller System Manual*, SIEMENS AG 2012.
4. Materiały informacyjne firmy BIOSOW Robert Kostrzewa

## WASTEWATER TREATMENT AUTOMATION WITH COMPACT PLC CONTROLLER APPLICATION

### *Abstract*

*In this article analysis of wastewater treatment process automation by application of compact PLC controller was presented. The tri-stage wastewater treatment process based on mechanical, chemical and biological part was analyzed with focus on requirements for controller. For all process stages requirements for controller resources were identified and a controller meets expectations was proposed as one from SIEMENS S7-1200 controller family. Additionally issue of operator interface via Human Machine Interface (HMI) unit was described shortly. The author presents possibility of easy data exchange between controller and other devices based on Ethernet communication interface integrated with the controller.*

Autorzy:

**Sobiepański Michał** - Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki; 42-201 Częstochowa; al. Armii Krajowej 21. Tel: +48 34 3250509, Fax: +48 34 3250509

**Kostrzewa Robert** - BIOSOW Robert Kostrzewa; 98-300 Wieluń; al. Armii Krajowej 21. Tel: +48 43 8430450, Fax: +48 43 8430450