



Be Right™

Koncepcja wdrożenia systemu RTC na oczyszczalni ścieków w Dziwnowie

Przygotował:

Paweł Kuciera, Digital Solution Specialist

+48 532 394 150

pawel.kuciera@hach.com

Andrzej Łojek, Digital Solution Specialist

+48 604 229 150

andrzej.lojek@hach.com



Spis treści

1.	Propozycja systemu RTC.....	3
2.	Charakterystyka proponowanych modułów optymalizacji.....	4
2.1	Optymalizacja nitryfikacji – Moduł N-RTC.....	4
2.2	Optymalizacja recyrkulacji wewnętrznej – Moduł IRC-RTC	5
2.3	Optymalizacja dozowania koagulantu – Moduł P-RTC	5
3.	PROGNOSYS.....	6
4.	Propozycja optymalizacji pracy oczyszczalni ścieków w Dziwnowie	7
5.	Koncepcja rozmieszczenia urządzeń pomiarowych	8
6.	Korzyści płynące z zastosowania rozwiązań firmy Hach	9
7.	Podsumowanie	10

1. Propozycja systemu RTC

System RTC firmy HACH jest nowoczesnym, modułowym systemem sterowania on-line prowadzącym dynamiczną analizę i optymalizację działania wybranych procesów oczyszczania ścieków. Został on stworzony w oparciu o wiedzę i doświadczenie ekspertów oraz bazuje na zaawansowanych modelach procesów oczyszczania ścieków dostosowywanych do pracy na konkretnej oczyszczalni ścieków. Moduły sterowania z wykorzystaniem aparatury pomiarowej on-line w sposób ciągły analizują aktualne ładunki zanieczyszczeń w istotnych dla optymalizacji prowadzenia procesu punktach oczyszczalni oraz aktualne warunki pracy (temperatura, stężenie osadu, wiek osadu) określając na tej podstawie wartości optymalne parametrów prowadzenia procesu takich, jak: intensywność napowietrzania, recyrkulacja wewnętrzna, zmiana wieku osadu, dozowanie środków strącających fosfor itp. Każdy mierzony parametr jest walidowany w celu odrzucenia błędnych odczytów z przetworników pomiarowych.

System RTC firmy HACH dla Oczyszczalni Ścieków w Dziwnowie w wersji docelowej może zostać wyposażony w moduły optymalizujące:

- napowietrzanie w celu uzyskania wymaganej efektywności nitryfikacji przy jednoczesnej oszczędności energii elektrycznej z uwagi na optymalną dystrybucję powietrza do reaktorów biologicznych (RTC-N);
- recyrkulację wewnętrzną w celu uzyskania wymaganej efektywności usuwania azotanów przy jednoczesnym optymalnym wykorzystaniu mieszadeł pompujących (RTC-IRC)
- OPCJONALNIE: dozowanie koagulantu pod kątem strącania ortofosforanów (RTC-P)

Wszystkie moduły kontroli procesu technologicznego RTC firmy HACH działają wspólnie w celu zapewnienia optymalnej i pełnej kontroli procesu oczyszczania oraz automatycznego dostosowania parametrów pracy oczyszczalni do zmian ładunków zanieczyszczeń w ściekach surowych i zadanych wartości granicznych ścieków oczyszczonych w czasie rzeczywistym. W efekcie końcowym uzyskuje się stabilne warunki pracy części ściekowej i osadowej oczyszczalni ścieków przy zmniejszonym zapotrzebowaniu na energię elektryczną oraz środki chemiczne takie, jak koagulant do strącania fosforu, czy też polielektrolit, przy jednoczesnym spójnym sterowaniu i monitoringu przebiegu procesów oczyszczania ścieków na podstawie pomiarów on-line.

Należy podkreślić, że modułowość proponowanego rozwiązania umożliwia etapowe rozbudowywanie systemu o kolejne moduły w zależności od potrzeb oraz technicznej możliwości wprowadzenia na



obiekt pomiarów oraz wykorzystania uzyskiwanych z modułów nastaw. Z tego też względu w niniejszym opracowaniu przedstawiono wszystkie moduły, które są możliwe do wdrożenia na analizowanej oczyszczalni. Wdrożenie można wykonywać etapowo, w międzyczasie uzupełniając układ technologiczny oczyszczalni o brakujące urządzenia pomiarowe, jak i niezbędne urządzenia wykonawcze (np. falowniki).

2. Charakterystyka proponowanych modułów optymalizacji

2.1 Optymalizacja nitryfikacji – Moduł N-RTC

Moduł sterowania w czasie rzeczywistym RTC-N służy do optymalizacji procesu nitryfikacji w biologicznych oczyszczalniach ścieków z ciągłym napowietrzaniem. Moduł RTC-N działa w otwartej pętli sterowania z wykorzystaniem pomiaru stężenia azotu amonowego wchodzącego do procesu (punkt pomiarowy w reaktorze biologicznym, w komorze zawsze nienapowietrzanej) oraz jednocześnie w pętli zamkniętej sterowania z wykorzystaniem pomiaru stężenia azotu amonowego wychodzącego z procesu (punkt pomiarowy na końcu komory napowietrzanej). Ponadto do działania modułu wykorzystywane są pomiary: temperatury w komorze napowietrzanej (informacja z czujnika pomiaru stężenia tlenu rozpuszczonego) oraz informacje dotyczące ilości ścieków dopływających do reaktora i recyrkulacji zewnętrznej. Dodatkowo moduł sterowania wykorzystuje pomiar stężenia suchej masy osadu w celu określenia wieku osadu czynnego w reaktorze. Na podstawie powyższych danych oraz zastosowanego modelu matematycznego procesów osadu czynnego (IWA ASM1) moduł określa wymagane nastawy stężenia tlenu rozpuszczonego, które należy utrzymać w komorze napowietrzanej.

Sygnały wyjściowe z modułu RTC-N do PLC:

- nastawa stężenia tlenu rozpuszczonego;
- sygnał statusu sterownika.

Sygnały wejściowe z PLC do RTC-N:

- przepływ ścieków surowych (Q_in) do każdego z reaktorów biologicznych;
- przepływ osadu recyrkulowanego (Q_RAS);
- przepływ recyrkulacji wewnętrznej (Q_IRC).

Sygnały wejściowe z sieci sc1000 do modułu RTC-N:

- wartość stężenia azotu amonowego w komorze anoksycznej;
- wartość stężenia azotu amonowego na wyjściu z reaktora (koniec komory napowietrzanej);
- stężenie suchej masy osadu w komorze napowietrzanej;
- aktualna wartość stężenia tlenu rozpuszczonego i temperatury w poszczególnych punktach pomiarowych;
- walidacja pomiarów poprzez system PROGNOSYS.

Główne parametry wejściowe:

- parametry do sterowania na podstawie modelu (pętla otwarta);
- parametry do sterowania PID (pętla zamknięta);
- min/max wartości stężenia tlenu rozpuszczonego, max. szybkość zmian;
- wymagane stężenie azotu amonowego na wyjściu z reaktora.

2.2 Optymalizacja recyrkulacji wewnętrznej – Moduł IRC-RTC

Z modułem RTC-N ściśle współpracuje moduł RTC-IRC. Celem zastosowania modułu RTC- IRC jest ustalenie optymalnej wielkości przepływu recyrkulacji wewnętrznej na podstawie pomiaru stężenia azotu azotanowego na końcu komory denitryfikacji i na końcu komory napowietrzanej. Ponadto minimalna i maksymalna wielkość recyrkulacji wewnętrznej może zostać zdefiniowana przez operatora dla dodatkowego bezpieczeństwa.

Sygnały wyjściowe z modułu RTC- IRC do PLC:

- Q.rec. wew.;
- Sygnał statusu sterownika.

Sygnały wejściowe z sieci sc1000 do modułu RTC- IRC:

- Stężenie azotanów na końcu komory anoksycznej;
- Stężenie azotanów na końcu komory napowietrzanej.

2.3 Optymalizacja dozowania koagulantu – Moduł P-RTC

Moduł RTC-P firmy HACH reguluje dozowanie czynnika strącającego na podstawie pomiaru ładunku ortofosforanów na odpływie z reaktorów biologicznych. Dozowanie czynnika strącającego jest kontrolowane w czasie rzeczywistym tak, by została zadozowana wymagana jego ilość i jednocześnie zostało zapewnione uzyskanie założonej wartości stężenia fosforu na odpływie



przy zapewnieniu minimalnych kosztów eksploatacji (koszty koagulantu oraz obróbki osadu pokoagulacyjnego w części osadowej oczyszczalni).

Możliwe jest wprowadzenie do systemu wartości minimalnej dawki czynnika strącającego, która będzie zawsze dozowana do ścieków, nawet w przypadku braku takiej konieczności według obliczeń wykonanych przez moduł RTC.

Sygnały wyjściowe z modułu P-RTC do PLC:

- Wymagana wydajność pompy dozującej PIX;
- Sygnał statusu sterownika.

Sygnały wejściowe z sieci sc1000 do modułu P-RTC:

- Przepływ ścieków surowych do każdego z reaktorów;
- Przepływ osadu recyrkulowanego;
- Stężenie ortofosforanów na wylocie z reaktora biologicznego.

3. PROGNOŚYS

Z systemem optymalizacji firmy HACH opartym na modułach RTC standardowo współpracuje system diagnostyczny urządzeń kontrolno-pomiarowych dostarczający informacji o wiarygodności pomiaru i wymaganiach serwisowych. System PROGNOŚYS firmy HACH wykorzystuje wielozmienne oprogramowanie diagnostyczne uwzględniające status przyrządu i sygnały wykonania/wartości mierzone.

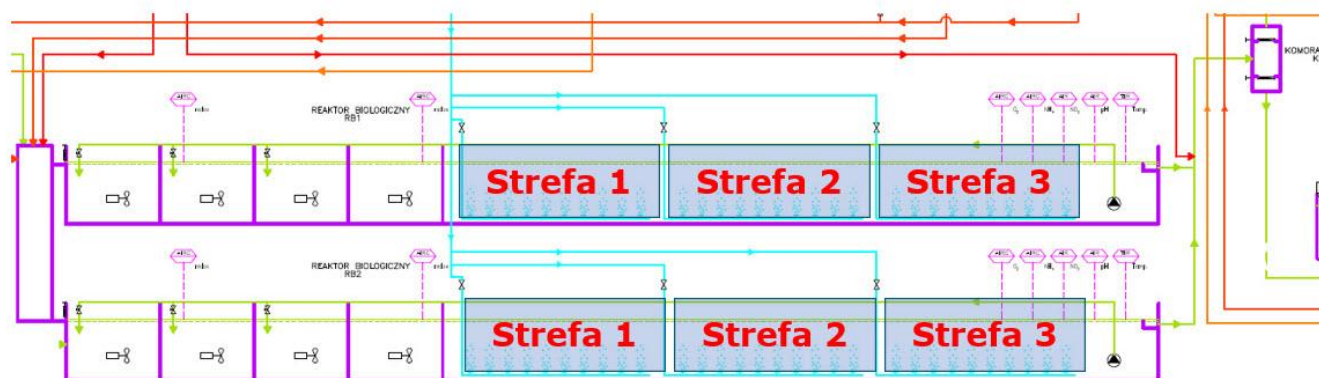
System diagnostyki predykcyjnej PROGNOŚYS działa na platformie sc1000 wyświetlając dwa wskaźniki stanu dla każdego podłączonego urządzenia współpracującego z tym systemem. Wskaźniki te dostarczają informacji niezbędnych do planowania konserwacji w sposób prewencyjny i unikania nieprzewidzianych awarii. Wskaźnik pomiaru monitoruje podzespoły aparatury i na podstawie analizy zgromadzonych danych sygnalizuje z wyprzedzeniem konieczność przeprowadzenia konserwacji przed utratą wiarygodności pomiarów. Wskaźnik serwisowy natomiast odlicza liczbę dni do kolejnej czynności eksploatacyjnej.

Zastosowanie systemu PROGNOŚYS pozwala na eliminację ratunkowych prac eksploatacyjnych prowadzonych w ostatniej chwili, często prowadzących do przestoju systemu sterowania.



4. Propozycja optymalizacji pracy oczyszczalni ścieków w Dziwnowie

W ramach koncepcji optymalizacji sterowania reaktorów biologicznych na OŚ w Dziwnowie przygotowano wariant sterowania obejmujący wykorzystanie opisanych powyżej modułów RTC.



Schemat 1. Wariant sterowania napowietrzaniem.

Wariant ten zakłada sterowanie stężeniem tlenu na każdej ze stref reaktora biologicznego. Wszystkie strefy napowietrzania wyposażone będą w sondę tlenu kontrolującą czy osiągnięte są parametry tlenu wyliczone przez system RTC. W związku z tym należy założyć konieczność doposażenia układu w 4 dodatkowe sondy tlenu. Ponieważ strefa 3 na obydwu reaktorach posiada już umiejscowioną sondę tlenu to dodatkowe sondy należy umieścić w strefie 1 oraz 2. Wariant ten wymaga również dodatkowego wyposażenia reaktora biologicznego z pomiary związków azotu amonowego oraz azotanowego na końcu komory denitryfikacji reaktora jeden oraz dwa. Pomiar ten będzie realizowany przy pomocy sondy jonoselektywnej. Reaktory biologiczne należy również wyposażyć w pomiar gęstości osadu. Sondy te mogą zostać umieszczone na wylocie komory denitryfikacji każdego z reaktorów. Dokładne przedstawienie niezbędnych do działania systemu pomiarów zostało przedstawione w punkcie „5. Koncepcja urządzeń pomiarowych”.

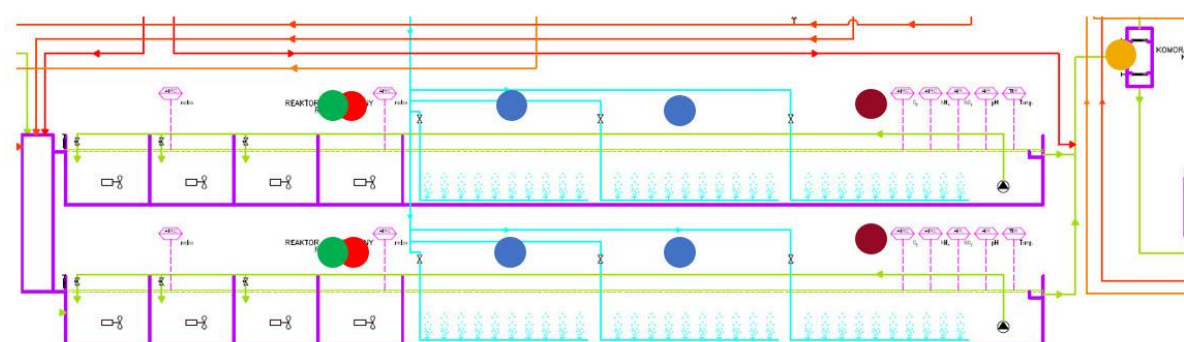
Wariant ten aby móc osiągnąć zakładaną funkcjonalność wymaga doposażenia każdej z przepustnic powietrza w napęd elektryczny z możliwością zdalnej regulacji stopnia otwarcia. W sumie potrzebne jest 6 napędów. Po 3 na reaktor.

Realizacja powyższych założeń umożliwi pełną implementację modułów sterowania systemem napowietrzania oraz recyrkulacją wewnętrzną. Sterowanie dozowaniem koagulantu wymagało by dodania opcjonalnego pomiaru ortfosforanów na komorze rozdziału przed osadnikami wtórnymi.

5. Koncepcja rozmieszczenia urządzeń pomiarowych

Urządzenia pomiarowe jakości ścieków są podstawą systemu optymalizacji i to od ich ilości oraz jakości zależy skuteczność działania takiego systemu. W przypadku OŚ Dziwnów doposażenia reaktorów biologicznych w niezbędne do jego działania urządzenia pomiarowe zostało przedstawione na schemacie II. Ze względu na przyjęte moduły optymalizacji istnieje konieczność instalacji przede wszystkim pomiarów form azotu amonowego oraz azotanowego a także pomiarów tlenu oraz gęstości osadu.

Na schemacie II oznaczono urządzenia pomiarowe konieczne do dodania na etapie projektowania. Urządzenia już założone w projekcie reaktora biologicznego będą również wykorzystywane przez system sterowania i ich rozmieszczenie nie wymaga korekcie (formy azotu na wylocie z komory nitrifikacji, tlen w komorze nitrifikacji itd.).



Pomiary do dodania:

- Pomiar azotu amonowego NH_4 (Sonda jonoselektywna)
- Pomiar azotu azotanowego NO_3 (Sonda jonoselektywna)
- Pomiar gęstości osadu
- Pomiar tlenu rozpuszczonego
- Pomiar ortofosforanów PO_4 (Analizator – pomiar opcjonalny)

Schemat II. Koncepcja rozmieszczenia urządzeń pomiarowych

Urządzenia konieczne do dodania na potrzeby działania systemu RTC

- Sonda jonoselektywna – 2 sztuki - jednoczesny pomiar NO_3 oraz NH_4 na wylocie z komór denitryfikacji reaktorów 1 oraz 2.
- Sonda optyczna tlenu – 4 sztuk - pomiar O_2 - na każdej z wydzielonych stref stref napowietrzania.
- Sonda optyczna gęstości osadu – 2 sztuki – na wylocie każdej z komór nitrifikacji.

- **OPCJONALNIE: Pobór oraz filtracja próby na potrzeby analizatora ortofosforanów – 1 sztuka – na komorę rozdziału przed osadnikami wtórnymi.**

6. Korzyści płynące z zastosowania rozwiązań firmy Hach

Wdrożenie systemu optymalizacji RTC wraz z niezbędnymi pomiarami on-line i systemem Prognosys przyniesie następujące korzyści:

- Dla środowiska i eksploatacyjne:
 - Automatyczne dopasowanie warunków tlenowych w reaktorze w celu uzyskania założonych wartości stężeń azotu amonowego i azotanowego w ściekach oczyszczonych;
 - Zwiększenie stabilności procesów biologicznych i jakości ścieków oczyszczonych;
 - Pomiar stężeń form azotu (a także jonów chlorków i potasu) on-line daje natychmiastową informację o możliwym zaburzeniu procesu (np. poprzez zrzut ścieków dowożonych lub przemysłowych o niekorzystnej jakości), co pozwala na natychmiastowe podjęcie działań przez obsługę oczyszczalni i podjęcie próby wyeliminowania przyczyn awarii;
- Energetyczne
 - Optymalne zarządzanie napowietrzaniem, a więc optymalizacja zużycia energii elektrycznej na ten cel:
 - Pełne, kontrolowane wykorzystanie potencjału mikroorganizmów denitryfikujących do usuwania związków węgla organicznego;
 - Okresowe, kontrolowane wyłączenie napowietrzania w reaktorze w godzinach niskiego obciążenia oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń
- Eksploatacyjne
 - Bieżąca, stała kontrola przebiegu procesów dzięki informacji o wartości stężenia azotu amonowego on-line;
 - Bieżąca informacja o walidacji wartości pomiarowych dzięki systemowi Prognosys i automatyczne przełączenie się systemu optymalizacji na strategię zastępczą w przypadku zbyt mało wiarygodnych wartości pomiarowych;
 - Bieżąca informacja o najbliższych czynnościach eksploatacyjnych niezbędnych do wykonania przy poszczególnych urządzeniach:



- Możliwość zaplanowania i przygotowania pracy z wyprzedzeniem;
- Możliwość zabezpieczenia niezbędnych części zamiennych/testów do kalibracji itp. zanim ich użycie będzie niezbędne.

7. Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono koncepcję możliwości implementacji systemu RTC mającego na celu optymalizację procesu biologicznego przeprowadzanego na oczyszczalni ścieków po przez sterownię napowietrzaniem oraz recyrkulacją wewnętrzną w poszczególnych reaktorów biologicznych. Z możliwością opcjonalnego sterowania dozowaniem koagulantu na potrzeby strącania ortofosforanów.

System RTC jest rozwiązaniem, które firma Hach wdraża na oczyszczalniach ścieków w Polsce oraz na świecie od kilkunastu lat. RTC w żadnym wypadku nie jest to rozwiązaniem prototypowym. Firma Hach posiada liczne referencje użytkowników potwierdzające skuteczność działania systemu RTC.

