

Klimzowiec według algorytmu

Piotr Banaszek

Chorzowsko-Świętochłowickie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji

Im więcej zmiennych wpływających na proces uwzględnianych w algorytmie, tym większa szansa na jego optymalne prowadzenie. W celu osiągnięcia wyższych parametrów technologicznych, na Oczyszczalni Ścieków Klimzowiec ma być stworzony zaawansowany system sterowania oparty o matematyczne modele osadu czynnego z szerszym wykorzystaniem urządzeń AKPiA.

PIERWSZY ETAP
Przeprowadzenie dokładnej analizy zużycia energii elektrycznej w podziale na poszczególne procesy technologiczne

W latach 2009-2011 oczyszczalnia została gruntownie przebudowana i zmodernizowana. Objętość reaktorów biologicznych została zwiększona o ponad 100%, powstała instalacja do recyrkulacji wewnętrznej osadu, proces stabilizacji tlenowej został zastąpiony fermentacją metanową. Praktycznie wszystkie urządzenia służące do oczyszczania ścieków i przetwarzania osadów ściekowych zostały wymienione na nowe. Powstał również nowy system wizualizacji i sterowania składający się między innymi z systemu SCADA, sterowników Mitsubishi połączonych siecią światłowodów oraz urządzeń do pomiarów parametrów fizykochemicznych i elektrycznych.

Analiza zużycia energii

Po „dotarciu” oczyszczalni rozpoczęto, od wiosny 2012 roku, prace nad optymalizacją zużycia energii elektrycznej. Pierwszym etapem prac było przeprowadzenie dokładnej analizy zużycia energii w podziale na poszczególne procesy technologiczne. Dokonano weryfikacji możliwości jej pomiaru oraz ustalono o jakie pomiary należy ułożyć rozwinać. Stworzono instrukcję opisującą zasady odczytu informacji o energii elektrycznej. Obecnie dysponujemy bazą danych, która umożliwia nam ocenę wpływu wprowadzanych zmian w układach technologicznych na zużycie energii.

Dane o zużyciu energii czerpane są z trzech podstawowych źródeł:

- liczników energii diris: napowietrzanie; budynek przeróbki osadów; dział laboratorium i dział transportu;
- przetwornic częstotliwości Mitsubishi (pompy);
- pomiaru czasu pracy urządzeń (mieszadła).

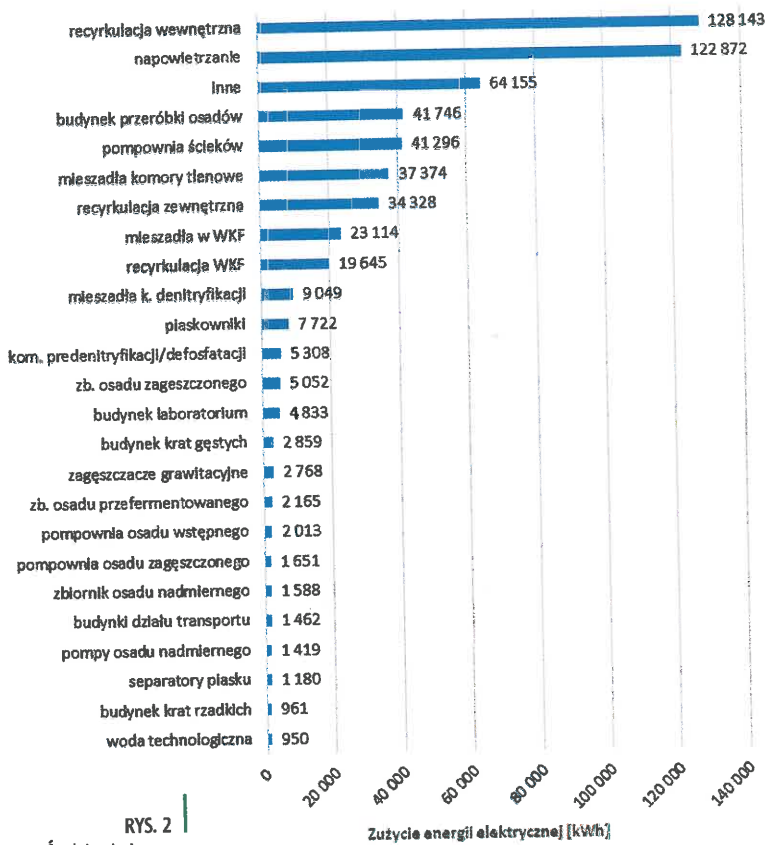
Najbardziej energochłonnymi procesami na oczyszczalni Klimzowiec jest proces recyrkulacji wewnętrznej oraz proces napowietrzania ścieków. W pierwszym półroczu 2014 roku procesy te pochłonęły odpowiednio – 22,81% i 21,87% całkowitego zużycia energii. Oba te procesy są związane

RYS. 1
Obraz w systemie SCADA danych z przetwornicy pompy ścieków

Pomiary_Falownika					
f_out	42,6 Hz	Ipp_out	16,42 A	CE_Time	25050 h
I_out	135,7 A	Upp_out	571,10 V	AO_Time	6582 h
U_out	296,4 V	Pp_in	58,2 kW	Mot_Loadf	52,3 %
f_in	43 Hz	Pp_out	56,5 kW	Cum_Power	55419 kWh
run_speed	1279,00 obr/min	ITS	592,0	Zab_fmin	00,0 Hz
Uconv_out	553,10 V	OTS	51,0	Zab_fmax	00,0 Hz
Reg_Brake_Duty	000,0 %	Load	42,3 %		
WspEIPrzekTerm	000,0 %				Wyjscie

Ścieki komunalne powstające na terenie miast Chorzów i Świętochłowice odprowadzane są kolektorem ogólnospławnym Rawa do mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków „Klimzowiec”. Obiekt zlokalizowany jest na granicy Chorzowa i Katowic. Oczyszczalnia pracuje w oparciu o metodę osadu czynnego w technologii BARDENPHO. Ładunek dopływający do oczyszczalni wynosi około 200 000 RLM. Średniodobowa ilość ścieków dopływających wyniosła w 2013 roku 29,2 tys. m³/d.

Średniomiesięczne zużycie energii elektrycznej na OŚ Klimzowiec (dane za I półrocze 2014)



RYS. 2 Średniomiesięczne zużycie energii elektrycznej na OŚ Klimzowiec

z usuwaniem azotu: napowietrzanie-nitryfikacja, recykulacja wewnętrzna-denitryfikacja. Pierwotnie algorytmy sterowania stosowane na oczyszczalni były bardzo uproszczone. Przykładowo proces napowietrzania ścieków w trybie automatycznym dążył do utrzymania zadanego stężenia tlenu, z możliwością nastawiania pożądanej wartości w porze dziennej i nocnej.

RYS. 3

Widok panelu sterowania napowietrzaniem stref III komór napowietrzania w systemie SCADA

Stężenie azotu amonowego

W roku 2013 wprowadziliśmy do algorytmów sterowania dane z sondy jonoselektywnej mierzącej

stężenie azotu azotanowego oraz azotu amonowego w kanale pomiędzy komorami tlenowymi a osadnikami wstępnymi. Pomiar stężenia azotu amonowego wykorzystywany jest do sterowania napowietrzaniem w strefach III komór tlenowych. Strefy te znajdują się na końcu reaktora. Algorytm jest bardzo prosty w swojej budowie. Dla każdej strefy III w pięciu komorach tlenowych określamy stężenie azotu amonowego, po przekroczeniu którego zostanie uruchomione automatyczne sterowanie przepustnicy ZR3 od zdanego stężenia tlenu. Spadek stężenia azotu amonowego poniżej zadanej wartości powoduje przełączenie przepustnicy w tzw. „Automat od czasu”. W trybie tym strefa pracuje jako komora denitryfikacji, jednak co zadany czas (25 minut) przepustnica otwiera się na 5 minut, aby wspomóc mieszanie osadu.

Podczas opadów

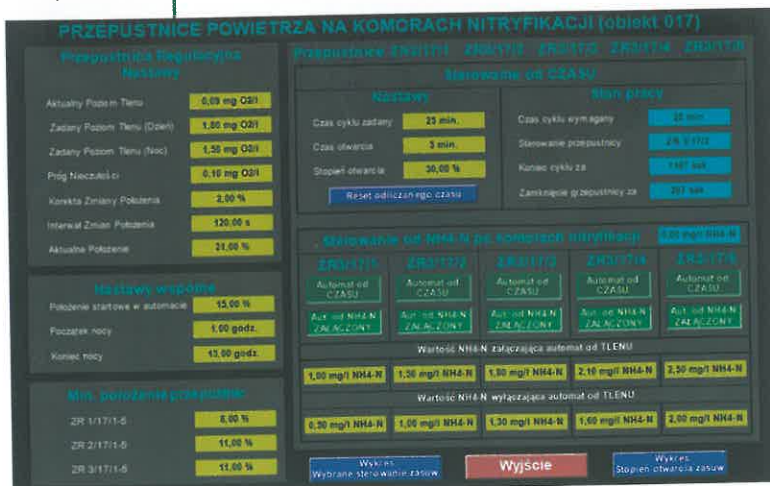
Zwiększanie stref tlenowych jest konieczne zwłaszcza podczas napływu wód deszczowych. Z uwagi na całkowicie ogólnospławny charakter kanalizacji, podczas pierwszego opadu następującego po kilkudniowym okresie bez opadów, napływa na naszą oczyszczalnię duży ładunek zanieczyszczeń – następuje przepłukanie kanalizacji. Długotrwałe opady mogą z kolei powodować przetlenienie komór tlenowych.

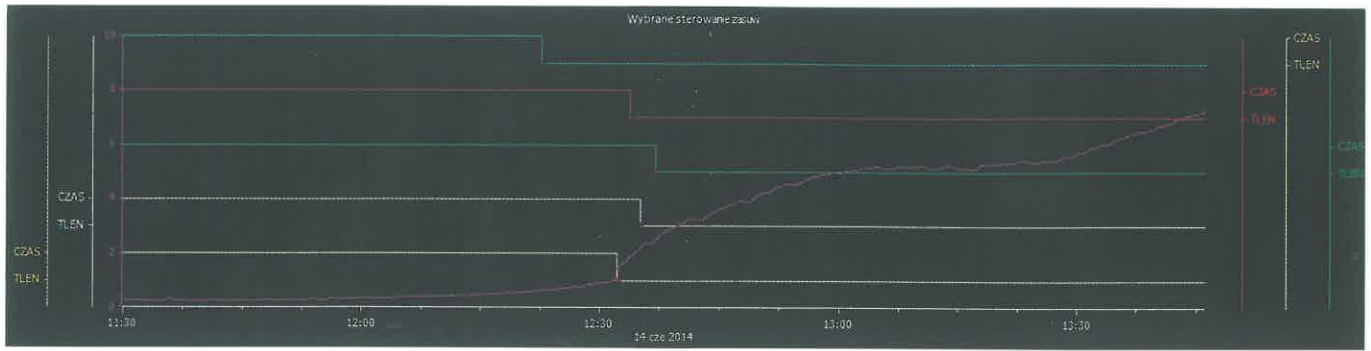
W efekcie naszych prac udało się ograniczyć w roku 2013 zużycie energii elektrycznej w stosunku do roku 2012 o 11,13%. Współczynnik jednostkowej energochłonności oczyszczalni w roku 2013 wyniósł 0,62 kWh/m³ i był o 20% niższy niż w roku 2012 (0,78 kWh/m³). Należy jednak zaznaczyć, że rok 2013 obfitował w opady (przepływ ścieków był o 12% większy). Wskaźnik zużycia energii na usunięcie azotu ogólnego wyniósł w 2012 roku 13,17 kWh/kgN_{og}, a w 2013 roku 9,94 kWh/kgN_{og}.

Szansa na optymalizację procesu

Proces oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego jest bardzo dynamiczny, a na jego efekt wpływa wiele czynników: temperatura w reaktorze, wiek osadu, obciążenie osadu, występowanie inhibitorów itd. Im więcej zmiennych wpływających na proces uwzględnimy w algorytmie, tym większą mamy szansę na jego optymalne prowadzenie. Pomimo prowadzonych prac nadal jesteśmy oczyszczalnią energochłonną. W celu osiągnięcia wyższych parametrów technologicznych oczyszczalni zamierzamy stworzyć zaawansowany system sterowania oparty o matematyczne modele osadu czynnego z szerszym wykorzystaniem będących na naszym wyposażeniu urządzeń AKPiA.

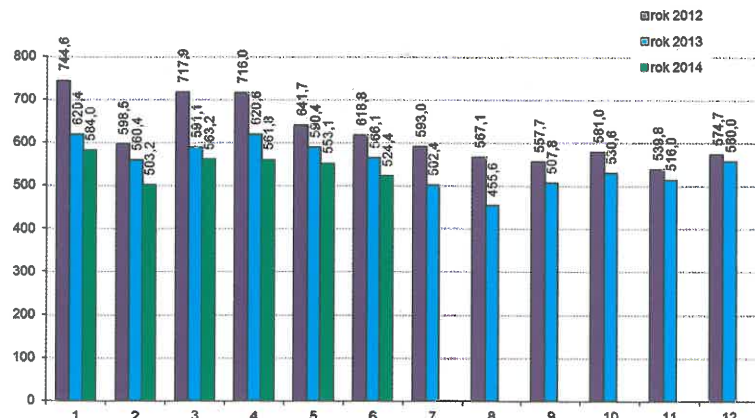
W kwietniu 2014 roku przedsiębiorstwo nawiązało współpracę z Instytutem Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej oraz firmą ZAPSOFT Sp. z o.o. z Wrocławia. Celem współpracy jest optymalizacja energetyczna oczysz-





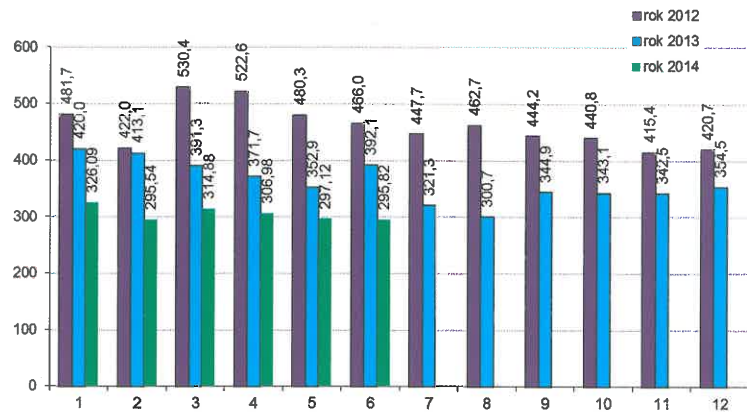
RYS. 4

Przykład reakcji systemu na wzrost stężenia azotu amonowego na wylocie z komór tlenowych podczas dużych opadów deszczu. Fioletowa linia to stężenie N-NH4. Przejście linii poziomej na „tlen” oznacza rozpoczęcie napowietrzania strefy III danej komory tlenowej



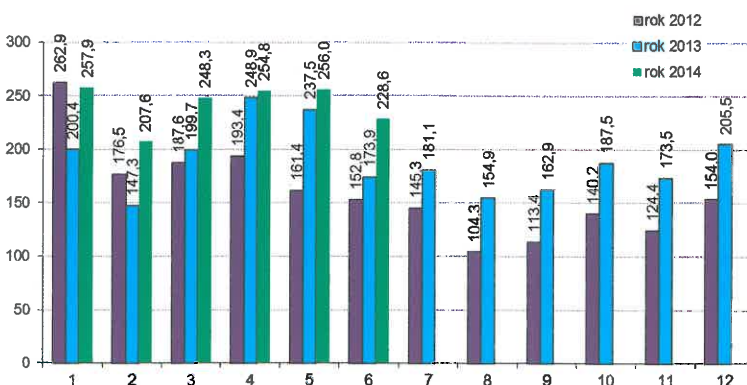
RYS. 5

Zużycie energii elektrycznej



RYS. 6

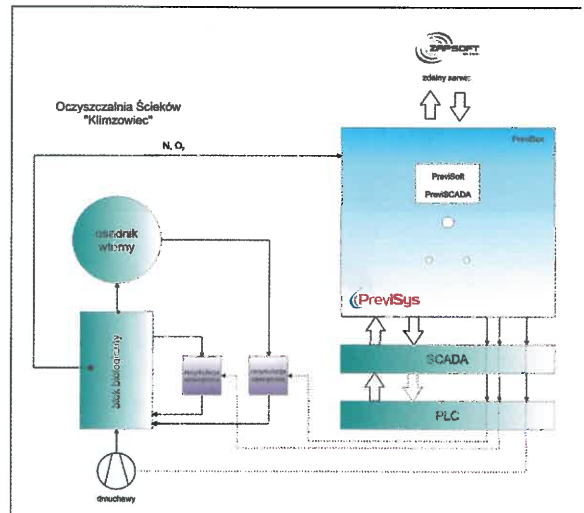
Zakup energii elektrycznej



RYS. 7

Produkcja energii elektrycznej

czalni, czego efektem będzie montaż we wrześniu 2014 roku na naszym obiekcie systemu PreviSys. Jest to układ składający się między innymi z urządzenia PreviBox powiązanego z systemem automatyki oczyszczalni oraz oprogramowania PreviSoft. PreviSoft to zaawansowane oprogramowanie wykorzy-



RYS. 8

Schemat połączenia systemu PreviSys z instalacją AKPiA oczyszczalni

stujące modele osadu czynnego klasy ASM (ang. Active Sludge Model) w algorytmach sterowania MPC (ang. Model Predictive Control). PreviSys będzie hierarchicznie zintegrowany z pracującym na oczyszczalni systemem SCADA i będzie pełnił rolę układu nadrzędnego. W pierwszym etapie prac PreviSys obejmie procesy sterowania napowietrzaniem i recykulacją osadu.

Jak pokazują doświadczenia z oczyszczalni, gdzie funkcjonują podobne systemy, ich stosowanie może znacząco obniżyć zużycie energii elektrycznej.