



I. Minimalne parametry techniczne dostaw obiektów, urządzeń oraz materiałów objętych zapytaniem ofertowym

Symbol na schemacie	Rodzaj / typ	Wydajność / parametry charakterystyczne/ kubatura	Wykonanie materiałowe / charakterystyka materiałowa wypozażenia/ podstawowe gabaryty
Urządzenia			
T104	Zbiornik awaryjny skręcany, zamknięty	D=11 m Hc.= 17,3 m V _{cz} = 1600 m ³	Panele ścienne i dach: stal szklwiona/ emaliowana, Króćce i włazy: min. AISI 316l, Podest roboczy, podest pośredni i drabina: stal ocynkowana, Dach z konstrukcji segmentowej o nachyleniu 15-20°, Izolacja: wełna mineralna min.100 mm w płaszczu z blachy trapezowej.
P104	Pompa transferowa wirowa, suchostojąca,	Q= 100 m ³ /h H – 12 m H ₂ O	Korpus: Stal Duplex 1.4593, Wirnik: Stal Duplex 1.4593, przystosowana do współpracy z falownikiem.
M104A/B	Mieszadła zbiornika awaryjnego boczne,	Mieszadła mają zapewnić 100% wymieszanie zbiornika w celu wykluczenia martwych stref zawartości; Prędkość obrotowa: maks. 350 obr./min.; Montaż na ścianie zbiornika, połączenie ze zbiornikiem poprzez kołnierz przyłączeniowy;	Sztuk: 2, Wał i wirnik (elementy w kontakcie z medium): AISI 316 L, Pozostałe elementy: Stal węglowa, Klasa izolacji F, Obsługa/wymiana uszczelnienia zasadniczego mieszadła – bez opróżniania zbiornika, Przewidziane odciążenie króćca zbiornika (rama lub fundament), Przystosowane do współpracy z falownikiem.
K701	Wentylator off-gazów	Q= 3500 Nm ³ /h	Wykonanie: wg Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX) - ws. stref zagrożonych wybuchem. Zabezpieczenie termiczne: PTC.

	Promieniowy, chemoodporny		
V601A	Zbiornik biogazu membranowy	V= 20 m ³ Ciśnienie robocze 30mbar	<p>Zbiornik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membranowy, • z pionową teleskopową kolumną centralną mocowaną z jednej strony w fundamencie z drugiej do górnej części membrany, • ze stalową platformą balastową montowana na górnej powierzchni membrany zbiornika, • ciśnienie w zbiorniku wytwarzane poprzez balast ułożony na platformie balastowej, • w obudowie z płyt warstwowych montowanej na fundamencie nie związanej/połączonej z membraną. <p>Wyposażenie dodatkowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • detekcja gazu, • wentylator wyciągowy, wykonanie: wg Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX) - ws. stref zagrożonych wybuchem, • ciągły pomiar poziomu, wykonanie: wg Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX) - ws. stref zagrożonych wybuchem.
K601	Dmuchawa biogazu bocznokanałowa	Q=350 m ³ /h Spręż: 150-210 mbar	<p>Wykonanie: wg Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX) - ws. stref zagrożonych wybuchem (nieiskrzące, przeciwwybuchowe), Korpus: stop aluminium, wykonanie gazoszczelne, Filtr wlotowy, Przystosowana do współpracy z falownikiem 35-60Hz.</p>



Nr na schemacie	Mierzony parametr	Zakres pomiarowy	Funkcjonalność
QC _(COD) 152C QC _(COD) 161A QC _(COD) 851B	ChZT	Parametry: OWO, OWN, OW, Lotny Węgiel Organiczny (ChZT, BZT); Zakres pomiarowy 0-10 000mg/l;	<ul style="list-style-type: none"> Pomiar online ChZT na strumieniach: <ul style="list-style-type: none"> ➤ ścieków surowych, ➤ ścieków do procesu beztlenowego, ➤ ścieków oczyszczonych. Wybór zakresu pomiarowego: automatyczny lub ręczny Port próbek donoszonych tolerancja na chlorki: do 30 % Dopuszczalna próbka bez filtracji, duża tolerancja na cząstki - do 2 mm Komunikacja cyfrowa Interwał pomiarowy nie dłuższy niż 15min
QC _(TN, TP) 851A	TP, TN	Zakres pomiarowy 0-200mgN/l (1 kanał pomiarowy); Zakres pomiarowy 0-200Pmg/(1kanał pomiarowy);	<ul style="list-style-type: none"> Pomiar ciągły online TP oraz TN na strumieniu ścieków oczyszczonych, Port próbek donoszonych, Dopuszczalna próbka bez filtracji, tolerancja na cząstki - do 2 mm, Komunikacja cyfrowa, Interwał pomiarowy nie dłuższy niż 15min.
QC _(NH4) 252A	NH4	Zakres pomiarowy 0,02-5 / 0,05-20 / 1-100 / 10-1000 mg/l NH ₄ -N; System ultrafiltracji (wielkość pora <0,45µm);	<ul style="list-style-type: none"> Cyfrowy analizator azotu amonowego online (NH₄-N) , Możliwość przełączania zakresu pomiarowego z poziomu menu, Metoda pomiaru: elektroda gazoczuła GSE, Automatyczne zerowanie / czyszczenie, Układ przygotowania próbki, Klimatyzowana obudowa analizatora, pozwalająca na instalację bezpośrednio na obiekcie z pełnym dostępem do części analitycznej (on-site)



			<ul style="list-style-type: none"> Interwał pomiarowy nie dłuższy niż 15min
<p>QC_(pH, temp.)104</p> <p>QC_(NO₃)152A</p> <p>QC_(REDOX)152B</p> <p>QC_(pH, temp.)152D</p> <p>QC_(TSS)302</p>	<p>NO₃,</p> <p>REDOX,</p> <p>pH,</p> <p>temperatura,</p> <p>mętność (TSS)</p>	<p>Zakres pomiarowy REDOX: -1500 -1500 mV;</p> <p>Zakres pomiarowy NO₃: 0,1-90mg/NO₃ ;</p> <p>Zakres pomiarowy pH: 0-14 pH;</p> <p>Zakres pomiarowy temperatury: 0-100°C;</p> <p>Zakres pomiarowy TSS: 0,001-50 g/l sm;</p>	<p>Niezależne sondy pomiarowe na strumieniu ścieków surowych:</p> <ul style="list-style-type: none"> pH/temperatura – 2 szt., redox – 1 szt., NO₃ – 1 szt., TSS – 1 szt. Pomiary ciągły online, Sonda QC(pH,temp.)104 w króćcu zbiornika, Sondy pH: cyfrowy czujnik pH z zintegrowaną elektroniką Analog-Digital, elektroda kombinowana, Sonda redox: cyfrowy czujnik redox z zintegrowaną elektroniką Analog-Digital, elektroda kombinowana, Sonda do ciągłych pomiarów azotanów - metoda pomiaru: pomiar absorpcji UV, Sonda do ciągłych pomiarów zawiesiny (TSS) - metoda pomiaru: rozproszenie światła podczerwonego do pomiaru niezależnego od barwy; pomiar mętności wg. DIN EN 27027. Dedykowany system montażu. Komunikacja cyfrowa, przetwornik z modułem wyświetlacza.

II. Cyfrowy, automatyczny system predykcyjnej kontroli i optymalizacji procesów oczyszczania ścieków

1. Ogólny opis systemu

System zbudowany w technologii „cyfrowego bliźniaka” czyli odwzorowaniu całego układu technologicznego oczyszczania ścieków, w tym procesów fizycznych, chemicznych i biochemicznych w nim zachodzących, w tym ich wzajemne powiązania i oddziaływania z wykorzystaniem cyfrowych modeli matematycznych, w szczególności modeli mechanistycznych. Cyfrowy model oczyszczalni ścieków ma umożliwiać zarówno symulację dla stanów ustalonych jak i symulacje dynamiczne.

Nie dopuszcza się zastosowania układów sterowania (również predykcyjnych) pojedynczych procesów i urządzeń bez uwzględnienia ich wzajemnego powiązania wynikającego z - i zgodnego z układem technologicznym oczyszczalni ścieków przemysłowych w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy. System sterowania ma umożliwiać symulację przepływów strumieni masy, wynikających z symulacji kinetyki procesów fizyczno-chemicznych i biochemicznych zarówno w obrębie urządzeń / procesów jak i pomiędzy nimi (parametry wyjściowe z jednego procesu mają być parametrami wejściowymi kolejnego – zgodnie z rzeczywistym układem technologicznym oczyszczalni ścieków przemysłowych w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy).

2. Polityka archiwizacji i backupu dla systemu cyfrowego bliźniaka DT

- 1) Zakres danych objętych backupem (minimum)
 - a. Konfiguracje systemu DT (parametry, ustawienia sterowania).
 - b. Bazy danych SCADA (historian, alarmy, zdarzenia).
 - c. Aktualne parametry nastaw sterownika PLC.
- 2) Szacowana ilość danych
 - a. Dane historyczne mogą być kompresowane w celu optymalizacji przestrzeni.
- 3) Polityka backupu
 - a. Backup pełny: raz w tygodniu.
 - b. Backup przyrostowy: codziennie (zmiany w konfiguracji i bazach danych).
- 4) Procedury odtworzeniowe
 - a. Testy odtworzeniowe raz na kwartał.
 - b. Dokumentacja procedur dostarczana z projektem.



3. Wymagane modele:

- biokinetyczne / chemiczne,
- procesów jednostkowych / urządzeń / reaktorów,
- sterowników,

Wymagane modele w systemie „cyfrowego bliźniaka”, mają umożliwić konfigurację cyfrowego modelu oczyszczalni ścieków w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy, zgodną z obecnym układem technologicznym oczyszczalni oraz szybką rekonfigurację modelu w przypadku wprowadzenia w przyszłości zmian w schemacie procesowym oczyszczalni:

- Produkcja osadu biologicznego i pobór tlenu (z uwzględnieniem zapotrzebowania na substancje biogenne do wzrostu biomasy);
- Przemiany materii organicznej (w postaci zawiesiny, koloidalnej oraz rozpuszczalnej) – tlenowe i beztlenowe;
- Obliczanie OWO / ChZT;
- Przemiany azotu (minimum: asymilacja, amonifikacja);
- Przemiany fosforu (minimum: asymilacja, uwalnianie fosforu do ścieków).;
- Flokulacja;
- Hydroliza;
- Fermentacja wieloetapowa (acydogenna, acetogenna, metanogenna heterotroficzna i autotroficzna – z biomasą AMETO i HMETO (z uwzględnieniem zapotrzebowania na substancje biogenne do wzrostu biomasy);
- Utlenianie/redukcja/strącanie siarki: chemiczne i biologiczne z biomasą ASRO, HSRO, SOO
- Obliczanie siły jonowej;
- Obliczanie pH;
- Obliczanie zasadowości;
- Entalpia;
- Dozowanie kwasów i zasad;
- Obliczanie potencjału redox;
- Emisja gazów cieplarnianych do atmosfery;
- Obliczanie składu chemicznego fazy gazowej;
- Obliczanie składu chemicznego biogazu, jego kaloryczności;
- Wytwarzanie energii z biogazu: ciepło;
- Transfer gazów;
- Stripping;
- Napowietrzanie;



- Dynamiczna predykcja współczynnika alfa;
- Predykcja odwadnialności osadów;
- Zawartość wody interstycjalnej;
- Zawartość wody błonkowej (adhezyjnej);
- Zawartość wody hydratacyjnej.

4. Wymagane modele matematyczne procesów jednostkowych / urządzeń,

Wymagane modele matematyczne procesów jednostkowych / urządzeń, mają umożliwić konfigurację cyfrowego modelu oczyszczalni ścieków w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy, zgodną z obecnym układem technologicznym oczyszczalni oraz szybką rekonfigurację modelu w przypadku wprowadzenia w przyszłości zmian w schemacie procesowym oczyszczalni, umożliwiające pełną konfigurację cyfrowego modelu obecnych urządzeń i procesów oczyszczania ścieków przy pełnej elastyczności konfiguracyjnej:

- Dopływ i odpływ ścieków;
- złoża biologiczne (CIRCOX);
- Beztlenowe bioreaktory typu IC (lub reaktory beztlenowe wysoko-obciążone z granulowaną biomasą);
- Dozowanie soli metali (glinu, żelaza II i III);
- Dozowanie środków chemicznych;
- Rozdzielniki i łątniki;
- Nadawa osadów (do stacji odwadniania);
- Zbiorniki wyrównawcze (buforowe);
- Separatory (sito; piaskownik);
- Flotacja wysokociśnieniowa (DAF);
- Urządzenia do odwaniania osadów ściekowych (wirówka);
- Filtr piaskowy.

5. Wymagane modele matematyczne urządzeń energetycznych

Wymagane modele matematyczne urządzeń energetycznych mają umożliwić konfigurację cyfrowego modelu oczyszczalni ścieków w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy, zgodną z obecnym układem technologicznym oczyszczalni oraz szybką rekonfigurację modelu w przypadku wprowadzenia w przyszłości zmian w schemacie procesowym oczyszczalni:

- Pompy;

- Dmuchawy;
- Kocioł;
- Zbiornik biogazu;
- Pochodnia;
- Konektory, rozdzielacze i łączniki strumieni gazów.

6. Wymagane modele matematyczne sterowników

Wymagane modele matematyczne sterowników mają umożliwić konfigurację cyfrowego modelu oczyszczalni ścieków Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy, zgodną z obecnym układem technologicznym oczyszczalni oraz szybką rekonfigurację modelu w przypadku wprowadzenia w przyszłości zmian w schemacie procesowym oczyszczalni:

- Sterownik proporcjonalno-całkująco-różniczkujący (PID),
- Sterownik proporcjonalny (P),
- Regulator stosunku/proporcji,
- Sterownik strefy martwej,
- Sterownik przełącznikowy (Switch),
- Sterownik czasowy (timer).

7. Wymagane modele statystyczne

Wymagane modele statystyczne mają umożliwić konfigurację cyfrowego modelu oczyszczalni ścieków w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy, zgodną z obecnym układem technologicznym oczyszczalni oraz szybką rekonfigurację modelu w przypadku wprowadzenia w przyszłości zmian w schemacie procesowym oczyszczalni:

- Sumator,
- MIN/MAX,
- Średnia ruchoma;
- Szum pomiarowy czujnika;
- Czas odpowiedzi czujnika.

8. Sposób działania i funkcjonalność predykcyjnego systemu sterowania

Cyfrowy bliźniak ma działać w cyklu: gromadzenie danych online → symulacje numeryczne scenariuszowe → analiza wariantowa i wybór parametrów optymalnych → wizualizacja i rekomendacje → przesyłanie nastaw do PLC/SCADA (po zatwierdzeniu operatora lub automatycznie).

Model ma prognozować stany procesów w horyzoncie godzinowym i dobowym, a nawet kilkudniowym, umożliwiać testowanie scenariuszy w oparciu o automatyczne algorytmy optymalizacyjne bez ryzyka dla rzeczywistego układu oraz generować system wczesnego ostrzegania przed zaburzeniami procesów. Algorytmy sterowania umożliwiają mają automatyczne przekierowanie ścieków o ponadnormatywnych parametrach do nowego zbiornika awaryjnego oraz automatyzować i optymalizować dozowanie środków chemicznych.

Elementy funkcjonalne predykcyjnego systemu sterowania:

- cyfrowy bliźniak całej instalacji (ang. digital twin DT) — matematyczny model odwzorowujący procesy mechaniczne, biologiczne i chemiczne oraz ich wzajemne interakcje; zgodny z układem technologicznym oczyszczalni ścieków przemysłowych w Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy w Tychach,
- algorytmy i moduły informatyczne: prognostyczne i optymalizacyjne minimalizujące koszty energii i reagentów, maksymalizujące produkcję biogazu, przekierowujące ścieki o ponadnormatywnych parametrach do zbiornika buforowego; przy uwzględnieniu zależności i wzajemnego oddziaływania procesów jednostkowych w obrębie eksploatowanego układu technologicznego
- moduły informatyczne: autokalibracji modelu matematycznego; czułości modelu; automatycznego restartu systemu; poprawności działania systemu;
- graficzny interfejs użytkownika (GUI) w języku polskim z następującym minimalnym zakresem elementów:
 - schematem blokowym wszystkich modelowanych urządzeń, procesów i sterowników;
 - przedstawieniem wartości parametrów wejściowych (z mierników online) oraz obliczonych jako wynik symulacji i optymalizacji parametrów technologicznych (rekomendowanych nastaw procesowych) w formie graficznej (wykresy) i cyfrowej;
 - okna dialogowe akceptacji rekomendowanych zmiennych procesowych.

9. Infrastruktura teleinformatyczna - Elementy sprzętowe cyfrowego bliźniaka:

- Komputer PC: (procesor, Intel Core i& (minimum); 32 GB RAM (minimum); 1 TB (SSD); Windows 11/WinServer (64 bit), MS Office; monitor, klawiatura, mysz
- Moduły komunikacji / karty sieciowe PLC/SCADA do PC (kompatybilne z architekturą siecią w oczyszczalni ścieków Tymbark-MWS Sp. z o.o. Oddział Tychy w Tychach),
- Komunikacja cyfrowy bliźniak – PLC/SCADA zgodny z OPC-UA.
- kompleksowy system pomiarów online (analizatory i sondy: ChZT, NO₃, NH₄, TN, TP, P-PO₄, zawiesiny, CH₄, LKT/ALK, REDOX, pH, mierniki przepływów) z transmisją Modbus TCP/Profinet/OPC i integracją z SCADA;

- PLC S7-1500 (nowy sterownik) i automatycznymi pętle sterowania — tryb semi-automatyczny i automatyczny z zachowaniem trybów ręcznych;
- Budowa systemu z uwzględnieniem urządzeń/struktur/rozwiązań IT – wraz z ofertą Wykonawca zobowiązany jest przedstawić schemat blokowy systemu sterowania, uwzględniający główne elementy sprzętowe i programowe oraz ich powiązania funkcjonalne.

10. Deklarowana dokładność:

- wartości przewidywane stanu procesów oczyszczania ścieków, w tym jakości ścieków oczyszczonych z użyciem ‘predykcyjnego sterowania’ mieszczą się w zakresie błędów analiz laboratoryjnych (wartości wyznaczone w akredytowanym laboratorium jako „niepewność rozszerzona - U” analizy danego parametru lub zgodne z wartościami podanymi w opracowaniu American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Baird R.B., Eaton A.D., Rice E.W. , eds. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23rd ed. Washington DC: APHA Press; 2017) i wyznaczonego w trakcie procedury walidacyjnej błędu modelu matematycznego dla określonego parametru, zdefiniowanego jako błąd średni kwadratowy - RMSE (ang. *root mean squared error*),:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_{i,obs} - y_i)^2}$$

Gdzie:

$y_{i,obs}$ – wartość pomiarowa (rzeczywista) zmiennej stanu na wyjściu w punkcie i ,

y_i – przewidywana przez model wartość zmiennej stanu na wyjściu w punkcie i ,

n – liczba punktów pomiarowych dla zmiennej y .

- nastawy procesowe rekomendowane przez predykcyjny system sterowania nie mogą doprowadzić do pogorszenia jakości ścieków oczyszczonych określonych w aktualnym pozwoleniu zintegrowanym (IKO.6223.1.2016.EO z późniejszymi zmianami):



L.p.	Badany parametr	Wartość dopuszczalna	Jednostka miary
1	Odczyn	6.5 - 9	-
2	Zawiesiny Ogólne	35	mg/l
3	BZT5	25	mg/l
4	ChZT	120	mg/l
5	Azot amonowy	10	mg/l
6	Azot ogólny	30	mg/l
7	Fosfor ogólny	2	mg/l
8	Chlorki	1000	mg/l

- udzielenia bezpłatnego, rocznego wsparcia technologicznego posprzedażowego