

Załącznik nr 6 do SWZ

OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA (OPZ)

„Analiza efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków”

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	2
2. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	2
3. PRZEDMIOT ZAMÓWIENIA	3
A. PRACE PRZYGOTOWAWCZE	4
B. AUDYT SIECI PLC	4
C. KOMPLEKSOWY AUDYT TECHNOLOGICZNO-EKSPLOATACYJNY	5
D. SYSTEM EKSPERCKI OPARTY NA ML/AI	6
WYMAGANIA FUNKCJONALNE	7
1. MODUŁ ZASILANIA DANYMI	7
2. MODUŁ DECYZYJNY (ETAP BADAŃ I ROZWOJU)	8
3. MODUŁ DECYZYJNY (PEŁNA WERSJA)	10
4. MODUŁ RAPORTOWANIA	11
5. WYMAGANIA ARCHITEKTONICZNE SYSTEMU	12
E. REALIZACJA PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA	14

1. WSTĘP

Spółka Katowickie Inwestycje S.A. jako Koordynator Katowickiego Klastra Energii, zawarła 9 października 2024 r. ze Skarbem Państwa - Ministrem Klimatu i Środowiska - Umowę o objęcie wsparciem bezzwrotnym z planu rozwojowego nr KPOD.03.12-IP.05-0091/23 Przedsięwzięcia „Rozwój Katowickiego Klastra Energii” w ramach Inwestycji B2.2.2/G1.1.2 Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO): Instalacje OZE realizowane przez społeczności energetyczne Część A (wsparcie przedinwestycyjne).

Obecnie, w ramach II etapu realizacji przewidziane są działania polegające na przygotowaniu dokumentacji przedinwestycyjnych. Jednym z działań jest przygotowanie „Analizy efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków”.

2. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

1. W trakcie realizacji przedmiotu zamówienia Wykonawca powinien wziąć pod uwagę i stosować obowiązujące przepisy europejskie i krajowe, a także dokumenty strategiczne Unii Europejskiej i Polski, w szczególności:
 - ✓ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych
 - ✓ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/944 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej oraz zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE
 - ✓ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1791 z dnia 13 września 2023 r. w sprawie efektywności energetycznej oraz zmieniająca rozporządzenie (UE) 2023/955
 - ✓ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/3019 z dnia 27 listopada 2024 r. dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych
 - ✓ Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne
 - ✓ Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii
 - ✓ Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. wraz z założeniami z marca 2022 r. do jej aktualizacji
 - ✓ Inne przepisy prawa mające zastosowanie do przedmiotu zamówienia.
2. Przy realizacji przedmiotu zamówienia należy wziąć pod uwagę opracowania strategiczne i plany dla miasta Katowice i najbliższego otoczenia w szczególności:
 - ✓ Plan działań na rzecz zrównoważonej energii i klimatu dla miasta Katowice
 - ✓ Inne dokumenty strategiczne mające wpływ na realizację przedmiotu zamówienia.
3. Opracowania w ramach przedmiotu zamówienia powinny zostać oznakowane ciągiem 3. znaków (tj. znakiem Krajowego Planu Odbudowy, znakiem barw Rzeczypospolitej Polskiej oraz znakiem NEXT GENERATION EU) i wykonane zgodnie z wytycznymi zawartymi w dokumentach wskazanych poniżej:
 - ✓ *Strategia Promocji i Informacji Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności*
 - ✓ *Księga identyfikacji wizualnej Krajowego Planu Odbudowy*

Powyższe dokumenty wraz ze wzorami znaków znajdują się na stronie <https://www.kpo.gov.pl/strony/o-kpo/dla-instytucji/dokumenty/strategia-promocji-i-informacji-kpo/>).

3. PRZEDMIOT ZAMÓWIENIA

Przedmiotem zamówienia jest opracowanie analizy pn. „*Analiza efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków*” (zwanej dalej „Analizą”) w ramach Projektu pn. „*Rozwój Katowickiego Klastra Energii*” w ramach Inwestycji B2.2.2/G1.1.2 Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO): Instalacje OZE realizowane przez społeczności energetyczne Część A (wsparcie przedinwestycyjne).

Przeprowadzenie analizy zwiększenia efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków to kluczowy element dążenia do samowystarczalności energetycznej w mieście. Optymalizacja procesów technologicznych, zgodna z nową dyrektywą ściekową (Dyrektywa 91/271/EWG zmieniona Dyrektywą 2024/3019), umożliwi produkcję energii z odnawialnych źródeł (biogaz) a przez to zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju. Inwestycja ta poprawi efektywność działania oczyszczalni, umożliwiając jej bardziej ekologiczne funkcjonowanie, w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego. Zakłada się, że oczyszczalnia zwiększy produkcję biogazu, poprawi bilans energetyczny i znacząco zmniejszy koszty eksploatacji oraz ograniczy oddziaływanie na środowisko.

Celem analizy jest przygotowanie oczyszczalni do pełnej modernizacji w kierunku automatyzacji procesów i wdrożenia systemu „inteligentnej oczyszczalni”. Zakres obejmuje przygotowanie analizy efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków składającej się z następujących elementów:

- Kompleksowy audyt technologiczno-eksploatacyjny wraz z diagnozą przyczyny niskiej efektywności procesu fermentacji;
- Instalację kluczowych czujników pomiarowych (przepływomierze, sondy gęstości, analizatory biogazu), rozumianą jako analiza i wskazanie zakresu koniecznych uzupełnień technologicznych;
- Wdrożenie systemu eksperckiego opartego na ML/AI, analizującego dane i generującego rekomendacje optymalizacyjne dla operatorów. Model powinien być trenowany ręcznie w ustalonych odstępach czasu.

Lokalizacja oczyszczalni:

Oczyszczalnia Ścieków Gigablok w Katowicach
ul. Obrońców Westerplatte 130, 40-355 Katowice

Oczyszczalnia ścieków „Gigablok” znajduje się na terenie województwa śląskiego w mieście Katowice w śródmiejskiej części miasta, na działkach ewidencyjnych o numerach ewidencyjnych 880/6, 1165/14, 717/12, 874/5, 611/14, 692/56, 698/56, 712/11, 689/56, 1167/56, 624/14, 882/7, 884/8, 878/4, 695/56, 709/56, 706/56, 891/14, 876/5, 645/14, 703/56, 1222/14, 1223/14, 890/14, 1225/56, 1224/56, 1162/14, 1161/14 (km. 4, obręb 0005 Roździeń), dz. nr 33, 46, 16, 17, 49, 47, 52, 14, 5, 50, 54, 39, 53, 35, 40, 37, 45, 41, 38, 51, 48, 44, 34, 15/1, 15/2, 42, 43, 20/1, 24, 27, 28, 25, 30, 31, 26, 29, 23, 21, 22, 55/2, 55/1 (km. 46, obręb 0002 Dz. Bogucice-Zawodzie), dz. Nr 191/1 (km. 44,

obręb 0002 Dz. Bogucice-Zawodzie) oraz dz. Nr 177/55,117/27 (km. 11, obręb 0004 Dąbrówka Mała) w jednostce ewidencyjnej Miasto Katowice.

Technologia:

Na OŚ Gigablok przeróbka osadów powstających w procesie oczyszczania ścieków, realizowana jest jako proces prowadzony w zamkniętych komorach fermentacyjnych z produkcją biogazu.

Biogaz wytwarzany w procesie beztlenowej stabilizacji osadów ściekowych, jest ujmowany w zbiorniku biogazu o pojemności 1500m³. Medium wykorzystywane jest w kogeneratorze o mocy 400 kW i kotle biogazowo-olejowym do produkcji energii elektrycznej oraz ciepła do procesów technologicznych i ogrzewania budynków administracyjnych. Nadmiar biogazu spalany jest w pochodni biogazu.

Zdiagnozowane problemy:

W kwietniu 2025 r. Katowickie Inwestycje S.A. zleciły badania biogazodochodowości osadu zmieszanego zagęszczonego faktycznie podawanego do procesu fermentacji. Potwierdziły one niską produkcję biogazu z 1 tony osadu wprowadzanego do komór fermentacyjnych, na poziomie 10 m³/t przy relatywnie niskim stopniu odfermentowania na poziomie 29%, bez widocznych znamion inhibicji procesu fermentacji.

A. PRACE PRZYGOTOWAWCZE

Zanim Wykonawca przystąpi do przygotowania audytu technologiczno-eksploatacyjnego Zamawiający wskazuje na potrzebę przeprowadzenia prac przygotowawczych, które pozwolą ustalić realny potencjał produkcji biogazu oraz wykluczyć / potwierdzić ewentualne problemy dotyczące ścieków / osadów w kontekście efektywnego prowadzenia procesu fermentacji. Prace przygotowawcze powinny obejmować:

- Dodatkowe badanie osadów podawanych do procesu fermentacji (minimum 1 próba, badanie prowadzone w laboratorium specjalistycznym);
- Weryfikację jakości i składu ścieków surowych i mechanicznie oczyszczonych (faktyczne ładunki BZT₅, ChZT, azotu i fosforu) w oparciu o badania dostarczone przez Zamawiającego z okresu przynajmniej 3 lat wstecz.

B. AUDYT SIECI PLC

W ramach etapu przygotowawczego należy przeprowadzić audyt sieci PLC/SCADA w części osadowej w zakresie:

- inwentaryzacji urządzeń sterujących (typy, wersje, firmware) oraz weryfikacji stanu aktualnego obecnie wykorzystywanego systemu SCADA,
- weryfikacji połączeń i protokołów komunikacyjnych (Modbus, OPC, TCP/IP),
- weryfikacja zgodności z licencjonowaniem,
- oceny bezpieczeństwa i separacji sieci technologicznej od sieci biurowej,
- sprawdzenia synchronizacji czasu i jakości danych (ciągłość, stabilność odczytów),

- określenia możliwości integracji read-only z systemem eksperckim (identyfikacja tagów i parametrów możliwych do poboru),
- wskazania podstawowych zaleceń modernizacyjnych (aktualizacje, kopie zapasowe, kontrola dostępu).

Z audytu należy sporządzić raport zawierający mapę topologiczną sieci fizyczną i logiczną, wykaz wszystkich urządzeń i punktów danych, identyfikację ryzyk oraz rekomendacje działań poprawiających gotowość integracyjną i bezpieczeństwo systemu automatyki.

C. KOMPLEKSOWY AUDYT TECHNOLOGICZNO-EKSPLOATACYJNY

W zakresie tej części przedmiotu zamówienia jest przeprowadzenie audytu techniczno-technologicznego oczyszczalni ścieków „Gigablok” w Katowicach oraz opracowanie koncepcji optymalizacji efektywności procesu fermentacji osadów.

Główny cel tej części zamówienia to określenie stanu techniczno-technologicznego obiektu oraz wyznaczenie kierunków dalszego rozwoju w części osadowej/biogazowej i w obiektach technologicznie powiązanych.

Szczegółowy zakres prac:

1. Audyt układu technologicznego

Audyt i analiza istniejącego układu technologicznego oczyszczalni ścieków pod kątem wyposażenia technologicznego oraz aktualnie zastosowanych rozwiązań techniczno-technologicznych, w oparciu o dokumentację projektową, wizje lokalne i wywiady z eksploatatorem, z uwzględnieniem realizowanych i planowanych przez Zamawiającego zadań rozbudowy ścieżki osadowej oczyszczalni (stacja odbioru odpadów/osadów do kofermentacji, budowa trzeciej wydzielonej komory fermentacyjnej).

2. Audyt obciążeń i efektywności

- Audyt faktycznego obciążenia hydraulicznego i ładunku zanieczyszczeń, opracowany na podstawie danych historycznych z okresu przynajmniej 3 lat wstecz, z uwzględnieniem zwiększenia obciążenia oczyszczalni z przekierowania ścieków.
- Ocena efektywności oczyszczalni w zakresie uzyskiwanych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych (m.in. BZT₅, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny, fosfor ogólny), w oparciu o badania laboratoryjne ścieków udostępnione przez Zamawiającego z okresu przynajmniej 3 lat wstecz.

3. Audyt reżimu pracy

Audyt i analiza aktualnego reżimu pracy oczyszczalni ścieków pod kątem ilości i jakości osadów odbieranych z układu przetwarzania osadów ściekowych (nadmierny, zmieszany, wstępny zagęszczony, nadmierny zagęszczony, przefermentowany, odwodniony) oraz flotatów, z uwzględnieniem zmian tych parametrów związanych z realizowanymi i planowanymi zadaniami rozbudowy ścieki osadowej.

4. Opis układu technologicznego (część osadowa/biogazowa)

- Opracowanie opisu ogólnego układu technologicznego w części osadowej/biogazowej wraz z obiektami powiązanymi, z uwzględnieniem realizowanych i planowanych obiektów ścieki osadowej.
- Przegląd i analiza zastosowanych technologii, rozwiązań pomiarowych oraz algorytmów (wytycznych technologicznych) sterowania przewidzianych w ramach ewentualnej modernizacji.
- Ustalenie wstępnego reżimu technologicznego pracy oczyszczalni w stanie obecnym i po ewentualnej modernizacji.

5. Ocena stanu technicznego

Ogólna ocena stanu technicznego i technologicznego istniejących/eksploatowanych obiektów części osadowej/biogazowej, instalacji i urządzeń oczyszczalni, z wyłączeniem oceny w branży konstrukcyjno-budowlanej.

6. Rekomendacje modernizacyjne

- Wskazanie kierunków i wytycznych dla projektowanego wyposażenia technologicznego obiektów oraz dla algorytmów (wytycznych technologicznych) sterowania w ramach modernizacji, w celu zapewnienia optymalizacji pracy oczyszczalni w części osadowej/biogazowej wraz z obiektami powiązanymi, z uwzględnieniem realizowanych i planowanych obiektów ścieżki osadowej.
- Określenie priorytetów i etapów realizacyjnych w ww. zakresie.

7. Wizje lokalne

Przeprowadzenie wizji lokalnych (inspekcji terenowych) w celu sprawdzenia stanu faktycznego obiektu i wyposażenia w zakresie przedmiotu zamówienia.

8. Raport

Raport z audytu powinien zawierać:

- Raport technologiczno-eksploatacyjny zawierający opis stanu bieżącego.
- Koncepcję optymalizacji procesu fermentacji wraz z kierunkami modernizacji, z uwzględnieniem realizowanych i planowanych obiektów ścieżki osadowej.
- Rekomendacje krótkoterminowe i długoterminowe oraz priorytety inwestycyjne.

D. SYSTEM EKSPERCKI OPARTY NA ML/AI

System ekspercki powinien służyć do integracji danych i tworzenia środowiska analitycznego. W tym celu wymagane jest:

- Zgromadzenie danych ze SCADA, arkuszy Excel, badań laboratoryjnych i nowo zainstalowanych czujników (jeśli dotyczy);
- Budowa repozytorium (SQL + Python), przepływy ETL do standaryzacji i kontroli jakości danych.

- Modele uczenia maszynowego, trenowane ręcznie w ustalonych odstępach czasu, pozwalające na kontrolę kosztów i optymalną rozbudowę, na każdym poziomie wdrożenia;
- Reguły eksperckie sugerujące optymalne nastawy (np. częstotliwość dozowania, docelową temperaturę).
- System przygotowany w ramach pkt. 1 i 2 (poniżej) musi umożliwić rozbudowę w przyszłości o funkcjonalności opisane w pkt. 3 i 4 (poniżej).

Wymagania funkcjonalne

1. Moduł zasilania danymi

Moduł zasilania danymi będzie odpowiedzialny za pozyskiwanie danych z wielu źródeł. Celem istnienia modułu jest dostarczenie funkcjonalności działającej na zasadzie wzorca adaptera, pozwalającej na podłączenie źródeł takich jak:

- SCADA
- Microsoft Excel
- Ustrukturyzowane i nieustrukturyzowane raporty laboratoryjne
- Dane z czujników w dowolnym formacie (CVS/JSON/XML/etc)
- Bazy danych (Oracle, PostgreSQL, MySQL, MS SQL Server)
- Interfejsy API REST/SOAP
- Protokoły przemysłowe (OPC UA, Modbus, MQTT)
- Pliki płaskie i dzienniki systemowe

Moduł musi pozwalać na definiowanie, konfigurowanie i integracje nowych źródeł danych bez konieczności modyfikacji istniejących oraz przerywania ich działania.

Adaptory odpowiedzialne za poszczególne źródła muszą:

- Gwarantować ujednolicenie danych do ustandaryzowanego formatu danych;
- Wykrywać odstępstwa w formacie danych źródłowych mogące prowadzić do błędnego importu;
- Pozwalać na asynchroniczne przetwarzanie danych w przypadku wyższego obciążenia systemu tak by nie wpływać negatywnie na wydajność źródeł;
- Obsługiwać mechanizmy retry z konfigurowalnymi strategiami ponawiania w przypadku błędów komunikacji;
- Implementować buforowanie danych w przypadku niedostępności źródła;
- Walidować dane zgodnie z predefiniowanymi regułami biznesowymi;
- Obsługiwać różne kodowania znaków i formaty dat/czasu.

Moduł zasilania danymi musi:

- Zapisywać wszystkie dane pochodzące z adapterów w relacyjnej bazie danych SQL;
- Dostarczać mechanizmów pozwalających na kontrole oraz mierzenie jakości danych;
- Korelować dane z różnych źródeł i zapewniać brak duplikacji rekordów;

- Działać w obrębie serwerowni oczyszczalni bez wykorzystywania komponentów chmurowych lub oprogramowania klasy SaaS;
- Wznawiać działanie po awarii, tak aby uniknąć utraty danych wejściowych jakie mogły powstać w okresie awarii;
- Zapewniać pełną audytowalność procesu importu danych (kto, kiedy, co, skąd);
- Obsługiwać harmonogramy importu (cykliczne, jednorazowe, event-driven);
- Implementować mechanizmy transformacji danych (mapowanie pól, konwersje jednostek, agregacje);
- Monitorować wydajność i generować alerty w przypadku przekroczenia progów (czas importu, ilość błędów);
- Obsługiwać wersjonowanie danych i możliwość cofnięcia zmian;
- Zapewniać szyfrowanie danych wrażliwych podczas transmisji i przechowywania;
- Implementować mechanizmy kontroli dostępu na poziomie źródeł danych i typów operacji;
- Obsługiwać dane inkrementalne oraz pełne importy z mechanizmem CDC (Change Data Capture);
- Generować raporty z przeprowadzonych operacji importu i eksportu;
- Udostępniać API do zarządzania konfiguracją i monitorowania stanu modułu;
- Zapewniać skalowalność poziomą dla obsługi rosnącej liczby źródeł i wolumenu danych;
- Implementować mechanizmy archiwizacji danych historycznych zgodnie z polityką retencji;
- Obsługiwać transakcyjność operacji zapisu do bazy danych;
- Weryfikować integralność danych poprzez sumy kontrolne i mechanizmy hashowania.

2. Moduł decyzyjny (etap badań i rozwoju)

Moduł decyzyjny w wersji opracowanej po etapie badań i rozwoju (Proof of Concept) ma za zadanie prezentować zdolność rekomendowania optymalnych parametrów produkcyjnych na podstawie analizy danych procesowych. Głównym celem tej fazy jest walidacja koncepcji i skuteczności modeli AI/ML w rzeczywistych warunkach technologicznych.

Funkcjonalności

1. Integracja danych procesowych z wielu źródeł, w tym:
 - systemów SCADA, arkuszy Excel, raportów laboratoryjnych i czujników;
 - relacyjnej bazy danych SQL z mechanizmami ETL do standaryzacji danych.
2. Model uczenia maszynowego trenowany ręcznie:
 - modele ML są trenowane w zdefiniowanych odstępach czasu;
 - proces uczenia jest nadzorowany przez zespół technologiczny;
 - celem jest określenie jakości danych, wpływu zmienności procesu i skuteczności algorytmów.

3. System ekspercki z regułami decyzyjnymi:

- generowanie rekomendacji dla operatorów dotyczących optymalnych nastaw (np. temperatury, częstotliwości dozowania, czasu retencji, czasów otwarcia/zamknięcia, czasów pracy itp.);
- możliwość oceny decyzji przez człowieka przed wdrożeniem automatyki.

4. Wstępna integracja z infrastrukturą automatyki:

- opracowanie interfejsu komunikacji między modulem eksperckim a sterownikami PLC,
- możliwość przysyłania rekomendowanych parametrów w trybie półautomatycznym,
- testy bezpieczeństwa i walidacja wpływu zmian na stabilność procesu.

5. Walidacja działania i raportowanie:

- ocena wpływu rekomendacji na wydajność fermentacji i produkcję biogazu;
- raporty i dashboardy przedstawiające efekty działania systemu;
- dokumentacja jakościowa i techniczna jako podstawa do pełnej automatyzacji w etapie kolejnym;

6. Interfejs wymiany informacji z operatorem;

- Interfejs użytkownika (operatora) powinien umożliwiać prezentację rekomendacji generowanych przez system ekspercki, ich akceptację lub odrzucenie oraz przekazanie informacji zwrotnej o faktycznym wprowadzeniu zalecanych nastaw.

System powinien:

- prezentować rekomendacje w formie listy z opisem celu, proponowanej wartości, zakresu tolerancji, oczekiwanego efektu i uzasadnienia;
- umożliwiać operatorowi wybór akcji: „akceptuję i wprowadzę”, „odrzucaam (z komentarzem)”;
- automatycznie rejestrować informację, czy i w jakim czasie zalecane nastawy zostały faktycznie wprowadzone w systemie SCADA/PLC;
- odnotowywać datę, godzinę oraz użytkownika, który potwierdził lub odrzucił rekomendację;
- przechowywać historię zaleceń, decyzji i wyników weryfikacji (status: zrealizowano / niezrealizowano / w toku);
- udostępniać raport z realizacji rekomendacji wraz z oceną skuteczności (np. wpływ na produkcję biogazu, czas reakcji operatora).

Interfejs ma działać w sieci lokalnej oczyszczalni, bez użycia komponentów chmurowych i być w pełni audytowalny.

Cele etapu badawczo-rozwojowego

- Opracowanie modelu rekomendacyjnego wspierającego decyzje operatorów;
- Walidacja poprawności integracji danych z różnych źródeł;
- Potwierdzenie efektywności algorytmów ML w kontekście procesu fermentacji;
- Opracowanie podstaw do dalszej automatyzacji i wdrożenia systemu nadrzędnego AI/ML (pkt 3.).

3. Moduł decyzyjny (pełna wersja)

Docelowy moduł decyzyjny będzie stanowił nadrzędny system AI/ML, realizujący w pełni automatyczne sterowanie procesem przygotowania osadu i wytwarzania biogazu w komorach fermentacyjnych. W odróżnieniu od wersji badawczej, wersja pełna w pętli zamkniętej, powinna samodzielnie analizować dane i korygować parametry procesowe w czasie rzeczywistym.

W rezultacie działania modelu decyzyjnego Zamawiający oczekuje maksymalizacji produkcji biogazu dzięki ciągłej optymalizacji parametrów procesu fermentacji, zwiększenia jego stabilności, tj. zminimalizowania ryzyka awarii i odchyłeń od norm, a tym samym redukcji kosztów energii i materiałów.

Kluczowe funkcjonalności systemu

1. Pełna integracja danych w czasie rzeczywistym:
 - dane z czujników, systemów SCADA, analizatorów i baz danych są konsolidowane w jednym repozytorium;
 - mechanizmy walidacji, korelacji i ujednolicenia danych zapewniają spójność i kompletność informacji.
2. Zaawansowana analityka i samouczenie się systemu:
 - moduł wykorzystuje sieci neuronowe i algorytmy predykcyjne do prognozowania zmian obciążenia;
 - na podstawie bieżących pomiarów system samodzielnie koryguje nastawy (np. temperatury, przepływu, częstotliwości dozowania);
 - proces uczenia jest ciągły - system dostosowuje swoje modele do zmieniających się warunków.
3. Automatyzacja sterowania w pętli zamkniętej:
 - decyzje podejmowane przez moduł są automatycznie przekazywane do sterowników PLC;
 - system reaguje na odchylenia od normy (np. spadek pH, niska zawartość CH₄) generując korekty lub alerty;
 - w razie awarii przechodzi w tryb bezpieczny.
4. System monitorowania i raportowania:
 - interaktywne dashboardy prezentujące stan procesów i decyzji systemu;
 - automatyczne raporty dzienne, tygodniowe i miesięczne;
 - integracja z modulem raportowym i systemami utrzymania ruchu (np. predictive maintenance).
5. Audytowalność i bezpieczeństwo:
 - pełny rejestr decyzji podejmowanych przez moduł (kto, kiedy, jakie parametry zmienił);
 - mechanizmy ABAC (Attribute Based Access Control) dla kontroli dostępu;
 - szyfrowanie transmisji danych i audyt działań użytkowników.

6. Skalowalność i dalszy rozwój:

- możliwość rozbudowy o nowe modele ML, czujniki i procesy technologiczne,
- integracja z modułami predykcji awarii, optymalizacji energetycznej i zarządzania kogeneracją.

4. Moduł raportowania

System raportowania musi pozwalać na przeglądanie wszystkich danych źródłowych oraz decyzji podjętych przez Moduł decyzyjny. Celem jest dostarczenie operatorowi danych w czasie bliskim rzeczywistemu.

Dane wykorzystywane przez moduł raportowy nie mogą być przetwarzane lub przechowywane poza serwerownią oczyszczalni. Niedopuszczalne jest wykorzystanie wykorzystywanie komponentów chmurowych lub oprogramowania klasy SaaS.

Moduł raportowy musi spełniać następujące wymagania:

- Możliwość definicji kokpitów z wykresami bez konieczności zmiany modułu - użytkownik końcowy powinien mieć możliwość samodzielnej konfiguracji.
- Możliwość wyświetlania danych jako:
 - Wykresy liniowe
 - Wykresy słupkowe
 - Macierze
 - Tabele
 - Wykresy kołowe
 - Mapy cieplne (heatmapy)
 - Wykresy rozproszenia (scatter plots)
 - Wykresy Gantta
 - Wskaźniki jednoliczbowe (single stat)
 - Mierniki (gauge)
 - Wykresy świecowe
 - Histogramy
 - Wykresy pudełkowe (box plots)
- Możliwość odświeżania danych w czasie bliskim rzeczywistemu
- Raportowanie danych tabelarycznych oraz osadzonych w czasie
- Konfigurowanie alertów i powiadomień na zdefiniowane przez użytkownika zdarzenia.
 - Wielokanałowe powiadomienia (email, SMS, webhook)
 - Konfiguracja progów alertów z histerezą
 - Harmonogramy alertów (okresy aktywności/wyciszenia)
 - Grupowanie i deduplikacja alertów
 - Możliwość definiowania alertów wielowarunkowych
 - Kokpit stanu alertów z historią
 - Integracja z systemami ticketowymi
 - Eskalacja alertów według zdefiniowanych reguł
- Wsparcie dla zmiennych i parametrów w kokpitach
- Możliwość tworzenia szablonów kokpitów
- Obsługa adnotacji na wykresach (oznaczanie zdarzeń)

- Funkcje drill-down do szczegółowych danych
- Możliwość łączenia wielu źródeł danych na jednym wykresie
- Transformacje danych w czasie rzeczywistym
- Funkcje agregacji (suma, średnia, min, max, percentyle)
- Możliwość stosowania wyrażeń matematycznych na danych
- Wsparcie dla zapytań z użyciem regularnych wyrażeń
- Grupowanie i filtrowanie danych
- Możliwość porównywania danych z różnych okresów
- Obliczenia moving average, rate, derivative
- Działanie w przeglądarce internetowej bez konieczności instalowania dodatkowego oprogramowania do przeglądania lub konfiguracji raportów
- Eksport kokpitów do PDF
- Generowanie raportów okresowych
- Eksport danych do CSV/Excel
- Harmonogram automatycznego generowania raportów

5. Wymagania architektoniczne systemu

System musi być zbudowany modułowo w oparciu o mikrouслуги spakowane ze swoimi zależnościami i konfiguracjami, tzw. kontenery. Całość infrastruktury musi być konfigurowalna przez podejście Infrastructure as Code i pozwalać na odtworzenie środowiska bez manualnych kroków konfiguracyjnych. Wykonawca wykorzysta istniejące środowisko do instalacji oprogramowania typu *open source* na potrzeby wdrażania i skalowania kontenerów oraz zarządzania nimi, tj. do uruchomienia klastra, np. Kubernetes. W przypadku konieczności uzupełnienia wyposażenia, Wykonawca wskaże konieczne do zakupu elementy.

Wymagania konteneryzacji:

- Wszystkie komponenty systemu jako obrazy Docker zgodne z OCI (Open Container Initiative)
- Rejestr kontenerów (Container Registry) z wersjami wszystkich obrazów w ramach wewnętrznej infrastruktury.
- Multi-stage builds dla optymalizacji wielkości obrazów
- Skanowanie obrazów pod kątem podatności (vulnerability scanning)
- Podpisywanie cyfrowe obrazów kontenerowych
- Obrazy bazowe oparte na minimalnych dystrybucjach (Alpine Linux, distroless)
- Kontrola stanu zdrowia (Health checks) i sondy gotowości (readiness probes) dla każdego kontenera
- skoordynowanie zamykania aplikacji, by w miarę możliwości dokończyć bieżące zadania i dopiero potem przejść do faktycznego wyłączania poszczególnych komponentów, tzw. graceful shutdown wszystkich komponentów
- Wsparcie dla kontenerów inicjujących do przygotowania środowiska

Zastosowane technologie i języki programowania muszą gwarantować wysoką precyzję obliczeń matematycznych. Każda z wprowadzonych technologii musi być dostarczana przez producenta w standardzie LTS (Long term support).

Architektura danych systemu musi wspierać przechowywanie wszystkich surowych danych z minimum 5 lat i gwarantować nie gorszy niż liniowy spadek wydajności w miarę wzrostu wolumenu danych.

Wymagania odnośnie przechowywania danych:

- Automatyczne kopie zapasowe przyrostowe (co godzinę)
- Pełne kopie zapasowe (co tydzień)
- Point-in-time recovery z dokładnością do 1 minuty
- RTO (Recovery Time Objective) < 4 godziny
- RPO (Recovery Point Objective) < 1 godzina
- Regularne testy przywracania (min. raz na kwartał)
- Immutable backups (WORM - Write Once Read Many)

Ze względu na wrażliwość danych oraz powagę skutków decyzji modułu decyzyjnego oczekiwane jest wdrożenie pełnego procesu audytu czynności jakie zachodzą w systemie oraz zabezpieczenie przed nieautoryzowanym dostępem do danych i funkcjonalności przez system uprawnień oparty o model ABAC (Attribute Based Access Control).

Wymagania odnośnie systemu uprawnień:

1. Polityki dostępu oparte na atrybutach użytkownika, zasobu, środowiska i akcji
2. Dynamiczna ewaluacja uprawnień w czasie rzeczywistym
3. Centralne zarządzanie politykami (Policy Administration Point)
4. Policy Decision Point (PDP) z cache'owaniem decyzji
5. Policy Enforcement Points (PEP) we wszystkich modułach
6. Atrybuty kontekstowe (czas, lokalizacja, typ urządzenia)
7. Delegacja uprawnień z ograniczeniami czasowymi
8. Separation of duties (SoD) dla krytycznych operacji
9. Wsparcie dla hierarchii organizacyjnej

Wymagania odnośnie sprzętu i oprogramowania:

1. Sprzęt i oprogramowanie muszą pochodzić z autoryzowanego kanału sprzedaży.
2. Sprzęt i oprogramowanie muszą być fabrycznie nowe.
3. Wykonawca dostarczy na wszystkie nowo dostarczone urządzenia i oprogramowanie wsparcie producenta umożliwiające w szczególności aktualizację oprogramowania oraz bezkosztową naprawę urządzenia lub systemu. Okres obowiązywanie wsparcia musi pokrywać w całości okres gwarancji.
4. Jeżeli do pełnej funkcjonalności systemu wymagane jest dostarczenie licencji w formie subskrypcji, wymagana jest ich dostawa na okres nie krótszy niż okres gwarancji.

E. REALIZACJA PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

1. W celu sprawnej realizacji przedmiotu zamówienia Zamawiający i Wykonawca będą ściśle współpracować:
 - a) Wykonawca przedstawi harmonogram prac koncepcyjnych,
 - b) Przewiduje się spotkanie tzw. otwierające Wykonawcy i Zamawiającego w siedzibie Zamawiającego w celu omówienia i uzgodnienia metodyki przygotowania opracowań technicznych i opracowania koncepcji oraz doboru narzędzi,
 - c) Wykonawca zobowiązany jest na bieżąco przekazywać opracowane materiały do analizy i akceptacji Zamawiającego i pozostałych Członków Klastra. Wykonawca jest zobowiązany do uwzględniania wprowadzanych przez Zamawiającego zmian, korekt, uzupełnień. Z tytułu wykonywania tych czynności nie będzie przysługiwało dodatkowe wynagrodzenie i przyjmuje się, że Wykonawca ujął je w cenie ofertowej,
 - d) Wykonawca zobowiązany jest do przygotowywania miesięcznych raportów z realizacji przedmiotu zamówienia, obrazujących postęp prac koncepcyjnych. Raporty powinny być przygotowane i przesyłane elektronicznie na adres e-mail: mariusz.skiba@kisa.katowice.pl w terminie do 5. dnia miesiąca następującego po okresie sprawozdawczym.
 - e) Wykonawca przygotuje prezentację w formie graficznej przedstawiającą opracowaną Analizę, którą zaprezentuje podczas spotkania zamykającego.

Z tytułu wykonywania czynności wskazanych w pkt. a) do e) powyżej i kosztów z tym związanych (w tym transportu) nie będzie przysługiwało Wykonawcy dodatkowe wynagrodzenie i przyjmuje się, że Wykonawca ujął je w cenie ofertowej.

2. Wykonawca może powierzyć wykonanie części zamówienia podwykonawcy. Zamawiający żąda wskazania przez Wykonawcę części zamówienia, których wykonanie zamierza powierzyć podwykonawcom i podania przez Wykonawcę nazwy firm podwykonawców (o ile są znane).
3. Wykonawca zobowiązany jest wykonać i dostarczyć Zamawiającemu
 - raport z audytu, wykonany zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia w liczbie po 2 egzemplarze w wersji papierowej oraz w wersji elektronicznej w formacie .pdf oraz w formacie edytowalnym np. .doc, .xls;
 - instrukcję obsługi
4. Odbiór całości przedmiotu zamówienia nastąpi na podstawie protokołu odbioru końcowego, po uprzedniej akceptacji kompletnej Analizy (w tym analiz technicznych) przez Zamawiającego.
5. Wykonawca zobowiązany jest do przekazania wszystkich haseł do nowo dostarczonych urządzeń i systemów z uprawnieniami administracyjnymi najpóźniej w dniu odbioru.