

Zignago Vetro – system ochrony przed zamarzaniem

Koncepcja techniczna, logika redundancji, integracja BMS/SSP/SCADA, kosztorys i plan odbiorów – REV. 2.0

Pole	Wartość
Inwestycja	Zignago Vetro
Zakres	Ochrona przeciwwamrożeniowa, monitoring i integracja
Status	Koncepcja i budżet materiałowy – do uzupełnienia danymi wykonawczymi
Data	13 lipca 2026 r.
Opracował	Interex Katowice – Mariusz Czapnik

Wersja REV. 2.0 – opracowanie robocze do uzgodnień międzybranżowych.

Podsumowanie zarządcze

Przyjęto system oparty na przewodach RAYCHEM XL-Trace LSZH, dwóch rozdzielnicach SBS-12-SNR oraz redundancji A/B. Aktualny budżet materiałowy wynosi 377 320,98 zł netto z rezerwą 15%. Najważniejszym warunkiem zamknięcia ceny jest dostarczenie danych trasowych, cieplnych, elektrycznych i integracyjnych.

Parametr	Założenie robocze
Linie	10 czynnych + 2 rezerwowe
Rozdzielnice	2 × RAYCHEM SBS-12-SNR
Przewody	Ok. 1200 m XL-Trace LSZH
Struktura	700 m 15XL2-ZH + 500 m 26XL2-ZH
Redundancja	Niezależne tory A/B według zatwierdzonego podziału
Budżet	377 320,98 zł netto, rezerwa 15%

1. Cel, status i sposób wykorzystania dokumentu

Opracowanie jest dokumentem bazowym do uzgodnień między inwestorem, projektantem instalacji tryskaczowej, projektantem elektrycznym, wykonawcą, integratorem automatyki oraz Interex jako dostawcą rozwiązania grzejnego. Jego zadaniem jest oddzielenie danych potwierdzonych od założeń roboczych i wskazanie informacji, bez których nie można odpowiedzialnie zamknąć ceny ani odpowiedzialności technicznej.

Dokument nie zastępuje projektu wykonawczego, obliczeń strat ciepła, schematów elektrycznych, selektywności zabezpieczeń ani projektu integracji. Każdy obwód musi otrzymać własną kartę doboru z długością, typem rury, izolacją, temperaturą obliczeniową, mocą, prądem rozruchowym, zabezpieczeniem i sposobem sterowania.

Wartość 377 320,98 zł netto z rezerwą 15% pozostaje budżetem materiałowym. Nie jest ceną ryczałtową robót ani potwierdzeniem kompletności wszystkich dostaw po stronie BMS, SSP, tras kablowych i zasilania.

2. Zakres opracowania i wyłączenia

Zakres obejmuje ochronę rurociągów przed zamarzaniem, przewody samoregulujące XL-Trace LSZH, osprzęt połączeniowy, koncepcję rozdzielnic SBS-12-SNR, redundantne tory A/B, diagnostykę, alarmowanie oraz warianty przekazywania sygnałów do systemów nadrzędnych.

Zakres nie obejmuje bez zatwierdzonego rozszerzenia: projektu konstrukcji wsporczych, pełnego projektu tras kablowych, wykonania izolacji, zasilania głównego, rozdzielnic nadrzędnych, licencji BMS/SCADA, programowania centrali SSP, infrastruktury IT, robót budowlanych, pomiarów powykonawczych i utrzymania serwisowego po okresie gwarancji.

Wpusty dachowe i inne urządzenia z własnymi grzałkami muszą być rozpatrywane osobno. Ich moce, prądy rozruchowe, wymagane zabezpieczenia i sposób monitorowania nie mogą zostać automatycznie włączone do obwodów XL-Trace bez dokumentacji producenta urządzenia.

3. Podstawa techniczna i ustalenia produktowe

Według aktualnej karty SBS-xx-SNR model SBS-12-SNR steruje maksymalnie dwunastoma obwodami, czyli sześcioma liniami tryskaczowymi z obwodem podstawowym i redundantnym. Dla dziesięciu linii czynnych oraz dwóch rezerwowych przyjęcie dwóch szaf jest uzasadnione funkcjonalnie, ale ostateczny podział należy powiązać z lokalizacją, obciążeniem faz i trasami zasilającymi.

SBS-12-SNR jest rozwiązaniem zasilanym z sieci 400 V AC, trójfazowej, z obwodami grzejnymi 230 V AC. Karta producenta wskazuje zabezpieczenia 16 A typu C na każdy obwód, automatyczne przełączenie na tor redundantny, temperaturę każdej linii oraz jeden zbiorczy bezpotencjałowy styk alarmowy.

Dokumentacje producenta wymagają kontroli wersji. Angielska karta 2025 podaje RCD 300 mA, a niemiecka karta o tym samym numerze i rewizji podaje 30 mA. Starsza specyfikacja wskazuje obudowę IP54. Przed zamówieniem trzeba uzyskać od dostawcy schemat i kartę konkretnej konfiguracji, potwierdzające RCD, IP, aparaturę, Icc i wyposażenie komunikacyjne.

Karta standardowej SBS-12-SNR nie potwierdza natywnego Modbus, BACnet ani OPC UA. Te protokoły należy traktować jako rozszerzenie realizowane przez dodatkowy sterownik, moduły wejść/wyjść, PLC lub bramkę protokołową, dopiero po zatwierdzeniu listy dostępnych sygnałów.

Element	Potwierdzone dane / zastrzeżenie
SBS-12-SNR	6 rurociągów tryskaczowych; 12 obwodów łącznie z redundantnymi; automatyczne przełączenie na tor rezerwowy.
Zasilanie szafy	400 V AC, 3 fazy; obwody grzejne 230 V AC, 50/60 Hz.
Zabezpieczenia obwodów	16 A, charakterystyka C, na każdy obwód – do potwierdzenia na schemacie dostawy.
Alarm standardowy	1 zbiorczy bezpotencjałowy styk alarmowy i lampka alarmowa na elewacji.
Sterowanie	Dwa regulatory cyfrowe na linię: tor podstawowy i redundantny; maksymalnie 12 regulatorów.
Czujniki	Czujnik otoczenia i czujnik linii dla każdej linii tryskaczowej według karty 2025.
XL-Trace LSZH	10/15/26 W/m przy 5°C dla ochrony przed zamarzaniem; projekt zakłada 15XL2-ZH i 26XL2-ZH.
RayClic	20 A, 240 V, maks. ekspozycja 65°C; połączenie na zimno, bez zdejmowania izolacji przewodu.
Punkt otwarty RCD	Karta EN-2504: 300 mA; karta DE-2504: 30 mA. Wymagane potwierdzenie producenta.
Punkt otwarty IP	Starsza specyfikacja wskazuje IP54; potwierdzić stopień ochrony konkretnej szafy w ofercie.

4. Metodyka doboru cieplnego

Dobór nie może opierać się wyłącznie na średnicy DN. Dla każdego odcinka należy obliczyć jednostkową stratę ciepła dla minimalnej temperatury otoczenia, wymaganej temperatury utrzymania, przewodności i grubości izolacji, średnicy zewnętrznej rury, materiału rury, prędkości wiatru oraz lokalnych mostków cieplnych.

Wynik obliczeń należy porównać z mocą przewodu samoregulującego w rzeczywistej temperaturze rury, a nie wyłącznie z mocą znamionową podawaną przy 5°C. Następnie trzeba uwzględnić zapas projektowy, armaturę, podpory, przejścia przez przegrody, kołnierze, zawory i miejsca nieciągłości izolacji.

Producent podaje dla XL-Trace LSZH moce referencyjne 10, 15 i 26 W/m przy 5°C. W projekcie założono 15XL2-ZH oraz 26XL2-ZH, lecz przypisanie typu do odcinka musi wynikać z raportu TraceCalc lub równoważnych obliczeń zatwierdzonych przez producenta.

Krok	Czynność projektowa i wynik
C-01 Geometria	Podzielić instalację na jednorodne odcinki według DN, materiału, izolacji, temperatury i środowiska.
C-02 Straty	Obliczyć W/m dla każdego odcinka z uwzględnieniem minimalnej temperatury i wymaganej temperatury utrzymania.
C-03 Mostki	Dodać armaturę, podpory, kołnierze, przejścia i nieciągłości izolacji.
C-04 Dobór przewodu	Porównać wymaganą moc z charakterystyką przewodu w temperaturze pracy.
C-05 Długość	Sprawdzić długość elektryczną, rozgałęzienia i zapasy montażowe osobno dla A i B.
C-06 Rozruch	Sprawdzić prąd rozruchowy dla minimalnej temperatury i C16 zastosowanego w SBS.
C-07 Sterownik	Sprawdzić obciążalność regulatora/stycznika i maksymalną długość sterowaną.
C-08 Bilans	Zsumować obciążenia faz, jednoczesność i scenariusz ponownego załączenia po zaniku.

Krok	Czynność projektowa i wynik
C-09 Raport	Zarchiwizować raport obliczeniowy i przypisać numer wersji do karty obwodu.

5. Podział na obwody i bilans elektryczny

Każdy obwód musi być sprawdzony pod względem długości maksymalnej, prądu ustalonego i rozruchowego, temperatury załączenia, charakterystyki zabezpieczenia oraz obciążalności elementu łączeniowego sterownika. Długości katalogowe zależą od temperatury rozruchu i wartości zabezpieczenia.

SBS-12-SNR ma standardowo zabezpieczenia C16 na obwód. Dlatego nie wolno przyjmować długości obliczonych dla C20 bez ponownej weryfikacji. Dla każdej linii A i B należy przygotować osobny wynik doboru, nawet jeśli oba tory mają identyczną trasę.

Bilans szafy powinien zawierać moc zainstalowaną, jednoczesność, obciążenie każdej fazy, prąd rozruchowy w najgorszym przypadku, zabezpieczenie zasilania, wymagany przekrój przewodu, spadek napięcia i spodziewany prąd zwarcia. Należy potwierdzić możliwość jednoczesnego załączenia po zaniku zasilania lub zastosować sekwencję czasową.

6. Logika redundancji A/B

W trybie normalnym tor A jest torem podstawowym, a tor B pozostaje gotowy do przejęcia funkcji. Przełączenie nie może opierać się wyłącznie na niskiej temperaturze; powinno uwzględniać brak potwierdzenia pracy, zadziałanie zabezpieczenia, uszkodzenie czujnika i wewnętrzny alarm regulatora.

Po przełączeniu na tor B system musi wygenerować alarm wymagający interwencji. Redundancja nie jest stanem normalnym i nie może automatycznie kasować informacji o awarii toru A. Powrót na tor A powinien być kontrolowany i uzgodniony: automatyczny po potwierdzonym usunięciu usterki albo ręczny po przeglądzie.

Należy jednoznacznie ustalić zachowanie przy uszkodzeniu czujnika wspólnego, zaniku fazy, utracie zasilania całej szafy, awarii obu torów oraz trybie ręcznym. Tryb ręczny nie może omijać wymaganych zabezpieczeń elektrycznych.

Stan / zdarzenie	Wymagana reakcja systemu
Normalna praca	Tor A sterowany automatycznie; tor B gotowy. Brak alarmu.
Awaria A	Wyłączenie A, automatyczne uruchomienie B, alarm wysoki, rejestr czasu i przyczyny.
Niska temperatura	Alarm po uzgodnionej zwłoce; sprawdzenie pracy A, a następnie logiki przełączenia.
Zabezpieczenie A	Stan alarmowy podtrzymany do inspekcji; B przejmuje funkcję, jeśli jest sprawny.
Uszkodzenie czujnika	Zdefiniowany tryb bezpieczny; osobny alarm, bez udawania prawidłowego pomiaru.
Awaria B	Alarm gotowości redundancji nawet przy prawidłowej pracy A.
Awaria A i B	Alarm krytyczny do stanowiska 24/7; natychmiastowa eskalacja.
Zanik fazy/zasilania	Alarm niezależny od BMS; po powrocie kontrolowane załączenie i test stanów.
Tryb ręczny	Sygnalizowany stan serwisowy; zabezpieczenia pozostają aktywne.
Powrót z B na A	Ręczny lub automatyczny wyłącznie po zatwierdzeniu; bez utraty historii awarii.

7. Rozdzielnice SBS-12-SNR – wymagania projektowe

Dla modelu SBS-12-SNR podręcznik techniczny podaje orientacyjnie wymiary 1000 × 1000 × 300 mm, masę około 140 kg, prąd znamionowy i wyłącznik główny 63 A, zakres zwarcia 10 kA oraz maksymalne zabezpieczenie poprzedzające C40 A. Dane należy potwierdzić dla zamawianej rewizji.

Miejsce montażu musi zapewniać temperaturę zgodną z kartą szafy, dostęp serwisowy, przestrzeń otwarcia drzwi, nośność konstrukcji, ochronę przed wodą i kondensacją oraz bezpieczne wprowadzenie kabli. Jeśli szafa ma

pracować poza zakresem +10...+35°C, konieczna jest pisemna akceptacja producenta lub dodatkowe rozwiązanie klimatyzacji/ogrzewania obudowy.

Schemat końcowy powinien zawierać numerację zacisków, listę aparatów, bilans faz, przekroje, rozdział PE/N, obwody czujników, styki alarmowe, połączenia do integratora oraz opis wszystkich trybów pracy. Dokumentacja dostawy musi odpowiadać rzeczywiście wykonanej szafie.

8. Zasady prowadzenia i montażu przewodów grzejnych

Przewód należy prowadzić wzdłuż rury zgodnie z instrukcją producenta, na czystej i suchej powierzchni, bez ostrych krawędzi, zginięcia i nadmiernego naciągania. Minimalny promień gięcia wskazany w przewodniku XL-Trace LSZH wynosi 10 mm.

Na rurach z tworzywa przewód należy przykryć taśmą aluminiową ATE-180 na całej długości, aby poprawić rozkład ciepła. Dla rur metalowych sposób mocowania należy dobrać do materiału; armatura i zawory muszą być uwzględnione w długości i zaizolowane.

Izolacja musi być ciągła i sucha. Przerwy na podporach, przejściach i kołnierzach zwiększają straty i wymagają kompensacji długością przewodu. Po montażu płaszcz należy oznaczyć instalację tabliczkami ostrzegawczymi i udokumentować przebieg przed zakryciem.

Osprzęt RayClic ma parametry 20 A, 240 V i maksymalną temperaturę ekspozycji 65°C. Jego zastosowanie trzeba uzgodnić z warunkami środowiskowymi, dostępnością serwisową i właściwą instrukcją konkretnego zestawu. Dla punktów zewnętrznych należy potwierdzić stopień ochrony oraz szczelność gotowego połączenia.

9. Dane wejściowe do kosztorysu wykonawczego

Kosztorys powinien być budowany od kart obwodów, a nie od łącznej długości 1200 m. Dla każdej linii należy rozdzielić długość rury, przewodu A, przewodu B, kabli zasilających, czujnikowych i komunikacyjnych oraz liczbę punktów przyłączeniowych.

Brakujące dane muszą mieć właściciela i termin dostarczenia. Do czasu ich zatwierdzenia odpowiednia pozycja powinna pozostać oznaczona jako założenie, rezerwa lub wyłączenie, a nie ukryta w jednej wartości ryczałtowej.

Zakres danych	Informacja wymagana
Trasy	Długości poziomów, pionów, podejść, przejść, armatury, kołnierzy i podpór; osobno dla A i B.
Rurociągi	Materiał, DN, średnica zewnętrzna i lokalizacja każdego odcinka.
Izolacja	Materiał, grubość, współczynnik λ , płaszcz ochronny i sposób izolowania armatury.
Temperatury	Minimalna temperatura otoczenia i wymagana temperatura utrzymania dla każdej strefy.
Odwodnienie dachu	Typy i moce wpustów, sposób zasilania i podział na obwody.
Redundancja	Wskazanie linii wymagających dwóch niezależnych torów A/B.
Zasilanie	Lokalizacja szaf, dostępna moc, układ sieci, dane zwarciove i odległości.
Trasy elektryczne	Długości kabli mocy, czujnikowych i komunikacyjnych oraz sposób prowadzenia.
System klienta	Producent, model i wersja BMS, SCADA, PLC lub SSP.
Integracja	Protokół, punkty wejścia, porty, licencje i kontakt do integratora.
Odbiór	Matryca alarmów, retencja historii i procedura testu end-to-end.

10. Architektura alarmowania i komunikacji

Warstwa pierwsza to sterowanie i sygnalizacja lokalna w szafie. Warstwa druga to niezależny alarm zbiorczy fail-safe przekazywany stykiem bezpotencjałowym do stanowiska 24/7 lub odpowiedniego modułu SSP. Warstwa trzecia to dane szczegółowe udostępniane BMS/SCADA przez dodatkową warstwę integracyjną.

Standardowa SBS-12-SNR udostępnia według karty producenta jeden ogólny bezpotencjałowy styk alarmowy. Jeżeli klient oczekuje numeru linii, temperatur, stanów A/B i historii, należy zaprojektować dodatkowe wejścia/wyjścia albo niezależny sterownik zbierający sygnały z regulatorów.

Powiadomienia e-mail, SMS i aplikacyjne są kanałem dodatkowym. Nie mogą zastąpić alarmu, którego dostarczenie można przetestować niezależnie od Internetu, serwera pocztowego i usług chmurowych.

11. Warianty integracji BMS, SCADA, PLC i SSP

Wariant stykowy jest najprostszy i najbardziej deterministyczny, ale przekazuje ograniczoną informację. Dla SSP należy ustalić moduł wejściowy, nadzór linii, rezystor końca linii, adres, tekst komunikatu i zmianę matrycy przyczynowo-skutkowej.

Modbus RTU wymaga ustalenia urządzenia master/client, adresów, prędkości, parzystości, bitów stopu, terminacji, ekranowania i mapy rejestrów. Modbus TCP wymaga adresacji, VLAN-u, portu TCP 502, reguł firewall, synchronizacji czasu i uzgodnienia odpowiedzialności za switch.

BACnet i OPC UA powinny być realizowane dopiero po zdefiniowaniu źródłowej listy sygnałów. Bramka protokołowa nie zwiększa liczby pomiarów; mapuje wyłącznie dane dostępne po stronie urządzenia lub PLC. Każdy punkt powinien mieć typ, jednostkę, skalę, dostęp R/W, jakość i zachowanie po utracie komunikacji.

Zdalne sterowanie należy domyślnie ograniczyć do odczytu. Zezwolenie na reset, zmianę nastaw lub wymuszenie toru musi wynikać z formalnej analizy ryzyka i macierzy uprawnień.

12. Lista sygnałów i konwencja nazewnictwa

Lista sygnałów musi być uzgodniona przed zamówieniem modułów i licencji. Minimalny tag powinien identyfikować obiekt, szafę, numer rurociągu, tor A/B oraz funkcję. Przykład: ZIG_SBS01_L03_A_RUN.

Dla każdego sygnału należy określić źródło, zaciski lub rejestr, typ danych, jednostkę, stan normalny, próg alarmowy, zwłokę, priorytet, tekst dla operatora, sposób potwierdzenia i retencję historii.

Tag typ dostęp	Znaczenie i wymagania
SBSxx_Lxx_TEMP_PIPE AI R	Temperatura rury, °C; jakość BAD przy uszkodzeniu czujnika.
SBSxx_Lxx_TEMP_AMB AI R	Temperatura strefy/otoczenia, °C.
SBSxx_Lxx_A_RUN DI R	Potwierdzenie pracy toru podstawowego A.
SBSxx_Lxx_B_RUN DI R	Potwierdzenie pracy toru redundantnego B.
SBSxx_Lxx_REDUNDANT DI R	Aktywacja redundancji; alarm wysoki z podtrzymaniem.
SBSxx_Lxx_SENSOR_FAULT DI R	Uszkodzenie lub brak wiarygodnego sygnału czujnika.
SBSxx_Lxx_BREAKER_TRIP DI R	Zadziałanie zabezpieczenia obwodu – jeżeli dostępne indywidualnie.
SBSxx_Lxx_LOW_TEMP DI R	Alarm niskiej temperatury po histerezie i zwłoce.
SBSxx_COMMON_ALARM DI R	Zbiorczy alarm fail-safe ze standardowego styku szafy.
SBSxx_POWER_FAIL DI R	Zanik zasilania/fazy – wymaga źródła sygnału lub modułu kontroli faz.
SBSxx_COMM_FAIL BI R	Alarm timeout generowany przez BMS/SCADA.
SBSxx_MODE MI R	Tryb Auto / Ręczny A / Ręczny B / Serwis.
SBSxx_HEARTBEAT BI/Counter R	Zmiana cykliczna potwierdzająca aktualność danych cyfrowych.
SBSxx_RESET BO W	Opcjonalny zdalny reset; domyślnie niedozwolony do czasu analizy ryzyka.

13. Filozofia alarmów i reakcji operatora

Alarm krytyczny oznacza utratę funkcji obu torów, temperaturę poniżej progu krytycznego lub brak zasilania całej szafy. Alarm wysoki obejmuje przejście na redundancję, zadziałanie zabezpieczenia i brak potwierdzenia pracy toru podstawowego. Ostrzeżenia mogą obejmować odchylenie temperatury i utratę danych szczegółowych przy zachowanym alarmie stykowym.

Każdy alarm powinien mieć przypisaną instrukcję reakcji: osoba odpowiedzialna, maksymalny czas podjęcia działania, czynności lokalne, warunki eskalacji i sposób zamknięcia zdarzenia. Sam komunikat „awaria systemu” jest niewystarczający do obsługi dziesięciu linii.

Należy stosować histerezę i zwłoki zapobiegające migotaniu alarmów, ale zwłoka nie może maskować rzeczywistej awarii. Watchdog komunikacji powinien odróżniać brak danych od prawidłowej wartości zerowej.

14. Cyberbezpieczeństwo integracji

Urządzenia automatyki należy umieścić w wydzielonej strefie sieciowej. Dostęp między BMS/SCADA a bramką powinien być ograniczony do wymaganych adresów i portów, bez bezpośredniego dostępu z Internetu.

Należy uzgodnić zarządzanie kontami, zmianę haseł fabrycznych, kopie konfiguracji, synchronizację czasu, aktualizacje firmware, rejestrowanie zmian i odpowiedzialność za odtworzenie po awarii.

Jeżeli bramka lub PLC udostępnia funkcje zapisu, lista dozwolonych komend musi być minimalna. Sterowanie krytyczne powinno pozostać lokalne, a utrata sieci nie może wyłączyć ochrony ani skasować alarmu fail-safe.

15. Granice odpowiedzialności i dostaw

Granica na zaciskach szafy musi zostać opisana na schemacie i w zestawieniu dostaw. Dostarczenie zacisku alarmowego nie oznacza wykonania modułu SSP, przewodu do centrali, licencji, konfiguracji BMS ani testu całego toru komunikacyjnego.

Każda strona powinna zatwierdzić swoją część dokumentacji przed rozpoczęciem robót. Zmiany po zamówieniu szaf mogą wymagać przebudowy, nowych modułów, licencji i ponownego FAT.

Strona	Odpowiedzialność
Interex / dostawca	Przewody, osprzęt, konfiguracja szaf, zaciski, lista sygnałów lub mapa rejestrów i test lokalny.
Projektant sanitarny i PPOŻ.	Trasy, temperatury, izolacja, podział linii i wymagany poziom redundancji.
Projektant / wykonawca elektryczny	Zasilanie, zabezpieczenia, trasy kablowe, przewody i pomiary.
Integrator BMS/SCADA	Porty, licencje, punkty, ekrany, alarmy, trendy i archiwizacja.
Integrator SSP	Moduł wejściowy, nadzór linii, program centrali, matryca i odbiór pętli.
Inwestor	Punkt alarmowy 24/7, protokół, retencja i zakres zdalnego sterowania.
Wszystkie branże	Wspólny test od fizycznej usterki do komunikatu operatora.

16. FAT – test odbiorczy przed dostawą

FAT powinien odbyć się na podstawie zatwierdzonego schematu, listy obwodów i matrycy alarmów. Wynik każdego kroku należy zapisać jako PASS, FAIL lub N/A z numerem uwagi i podpisem.

Test obejmuje zasilanie, kolejność faz, aparaturę ochronną, regulatory, symulację temperatur, tryby ręczne i automatyczne, przełączenie A/B, alarm zbiorczy, opisy zacisków oraz kompletność dokumentacji powykonawczej szafy.

Test	Zakres i kryterium
FAT-01 Dokumentacja	Schemat, lista aparatów, zaciski, opisy i wersje zgodne z zatwierdzonym projektem.
FAT-02 Oględziny	Obudowa, oznaczenia, PE, przepusty, blokady i jakość wykonania.
FAT-03 Zasilanie	Napięcia, kolejność faz, wyłącznik główny i sygnalizacja zaniku fazy.
FAT-04 Regulatory	Odczyty czujników, nastawy, histereza i reakcja na symulowaną temperaturę.
FAT-05 Tor A	Załączenie, potwierdzenie i reakcja na brak pracy każdego obwodu A.
FAT-06 Tor B	Gotowość, ręczne załączenie i potwierdzenie każdego obwodu B.
FAT-07 Redundancja	Automatyczne przełączenie A→B i utrzymanie alarmu.
FAT-08 Zabezpieczenia	Symulacja zadziałania MCB/RCD zgodnie z dopuszczoną procedurą.
FAT-09 Alarm zbiorczy	Logika fail-safe, stan normalny, awaria i zanik zasilania.
FAT-10 Interfejs	Weryfikacja wszystkich zacisków/rejestrów zgodnie z listą sygnałów.
FAT-11 Tryby ręczne	Auto, ręczny A, ręczny B i reset alarmu.
FAT-12 Protokół	Numery seryjne, nastawy, wyniki, uwagi, podpisy i lista odstępstw.

17. SAT, uruchomienie i odbiór end-to-end

SAT rozpoczyna się po zakończeniu izolacji i pomiarów elektrycznych. Dla każdego obwodu należy potwierdzić rezystancję izolacji zgodnie z instrukcją producenta, ciągłość, prąd po ustalonym czasie, odczyt czujnika, kierunek identyfikacji linii i działanie zabezpieczeń.

Test end-to-end musi rozpocząć się fizycznym wymuszeniem usterki i zakończyć komunikatem na docelowym stanowisku operatora. Protokół powinien zawierać czas wystąpienia, czas dostarczenia alarmu, tekst, priorytet, numer linii, stan w historii i wynik potwierdzenia.

Odbiór nie może zostać zamknięty wyłącznie na podstawie działania lampki w szafie. Wymagane są podpisy przedstawicieli branży elektrycznej, SSP/BMS, inwestora i dostawcy systemu grzejnego.

Test	Zakres i kryterium
SAT-01 Trasy	Porównanie tras, długości i numeracji z dokumentacją powykonawczą.
SAT-02 Izolacja	Ciągłość, grubość, płaszcz, armatura i brak zawilgocenia.
SAT-03 Pomiary	Rezystancja izolacji, ciągłość PE, impedancja pętli i wyniki wymagane przepisami.
SAT-04 Prąd	Pomiar prądu każdego toru po uzgodnionym czasie od załączenia.
SAT-05 Czujniki	Porównanie odczytu z wzorcem i prawidłowe przypisanie do linii.
SAT-06 Redundancja	Fizyczne wymuszenie awarii A i potwierdzenie uruchomienia B.
SAT-07 SSP	Alarm od styku do centrali, tekst, adres, priorytet i kasowanie.
SAT-08 BMS/SCADA	Każdy punkt, jednostka, skala, jakość, alarm i trend.
SAT-09 Utrata komunikacji	Timeout, komunikat i zachowanie sterowania lokalnego.
SAT-10 Zanik zasilania	Alarm, ponowne załączenie, kolejność i brak niekontrolowanego przeciążenia.
SAT-11 Historia	Czas wystąpienia, potwierdzenia i zaniku zdarzenia.
SAT-12 Odbiór	Podpisy wszystkich branż, lista usterek i termin ich usunięcia.

18. Ryzyka projektowe i decyzje otwarte

Najwyższe ryzyka dotyczą niepełnych tras, niepotwierdzonej izolacji, braku danych wpustów dachowych, niezgodnionej architektury integracji oraz możliwości przekroczenia długości obwodów dla C16.

Rozbieżność w dokumentacji dotycząca czułości RCD wymaga pisemnego wyjaśnienia producenta dla zamawianego numeru katalogowego. Podobnie należy potwierdzić stopień ochrony obudowy i temperaturę środowiska montażu.

Wszystkie decyzje otwarte powinny mieć numer, właściciela, termin oraz wpływ na cenę i harmonogram. Brak odpowiedzi powinien skutkować formalnym wyłączeniem pozycji z ceny, a nie milczącym przyjęciem odpowiedzialności przez dostawcę.

Ryzyko poziom	Skutek / wymagane działanie
R-01 Wysokie	Brak dokładnych tras – ryzyko niedoszacowania przewodów, osprzętu i robocizny.
R-02 Wysokie	Długość obwodu przekracza dopuszczenie dla C16 – konieczny podział lub inna konfiguracja.
R-03 Wysokie	Niezgodniony RCD 30/300 mA – ryzyko niezgodności z wymaganiami i dostawą.
R-04 Wysokie	Oczekiwanie szczegółowych danych z szafy posiadającej standardowo tylko alarm zbiorczy.
R-05 Wysokie	Brak punktu alarmowego 24/7 – awaria może pozostać bez reakcji.
R-06 Średnie	Niepotwierdzony stopień IP lub temperatura pomieszczenia szafy.
R-07 Średnie	Niepełna izolacja i mostki cieplne po montażu.
R-08 Średnie	Brak danych grzałek wpustów dachowych.
R-09 Średnie	Brak licencji BMS/SCADA i punktów integracyjnych.
R-10 Średnie	Jednoczesny rozruch po zaniku zasilania i przeciążenie zasilania.
R-11 Średnie	Zmiany tras po zamówieniu prefabrykowanych szaf.
R-12 Niskie	Brak jednolitego nazewnictwa powodujący błędną identyfikację linii.

Decyzja	Pytanie do zamknięcia
D-01	Potwierdzić ostateczną liczbę linii czynnych, rezerwowych i wymagających A/B.
D-02	Zatwierdzić przypisanie linii do SBS-01 i SBS-02 oraz bilans faz.
D-03	Potwierdzić RCD, IP, Icc, temperaturę otoczenia i wyposażenie konkretnej dostawy.
D-04	Wybrać podstawową drogę alarmu do stanowiska 24/7.
D-05	Określić, czy wymagane są alarmy indywidualne oraz temperatury w BMS.
D-06	Wybrać PLC/bramkę i protokół, jeśli wymagane są dane szczegółowe.
D-07	Zatwierdzić politykę zdalnego sterowania – zalecany tylko odczyt.
D-08	Dostarczyć dane wpustów dachowych i urządzeń z własnymi grzałkami.
D-09	Zatwierdzić matrycę alarmów, priorytety, zwłoki i teksty operatora.
D-10	Uzgodnić FAT, SAT, uczestników, protokoły i kryteria zamknięcia.

19. Status budżetu i zasady aktualizacji ceny

Budżet 377 320,98 zł netto obejmuje przyjęty zakres materiałowy i 15% rezerwy, lecz jego struktura musi zostać ponownie przeliczona po utworzeniu kart obwodów. Rezerwa nie zastępuje brakującego zakresu integracji, tras kablowych i robót wykonawczych.

Aktualizacja ceny powinna zawierać tabelę zmian względem tej wersji: długości, liczba obwodów, typ przewodu, liczba szaf, osprzęt, automatyka, integracja, dokumentacja, FAT/SAT i usługi uruchomieniowe. Każda zmiana powinna wskazywać przyczynę i odpowiedzialną branżę.

20. Wnioski i zalecane kolejne kroki

Należy zamknąć dane wejściowe, wykonać obliczenia TraceCalc dla każdej linii A/B, zatwierdzić podział na dwie szafy, potwierdzić wariant SBS-12-SNR u producenta oraz uzgodnić alarm podstawowy i zakres danych szczegółowych.

Dopiero po zatwierdzeniu kart obwodów, bilansu zasilania, listy sygnałów i granic odpowiedzialności można przygotować kosztorys wykonawczy oraz zamówić szafy bez ryzyka kosztownych zmian.

Kryterium końcowe pozostaje jednoznaczne: operator musi otrzymać prawidłowy alarm z numerem linii, we właściwym czasie, a zdarzenie musi zostać zapisane i możliwe do odtworzenia w protokole odbiorowym.

Źródło	Dokument / zakres
S-01	Chemelex RAYCHEM-DS-CDE1636-SBSSNR-EN-2504 – SBS-xx-SNR Control panel for pipe frost protection; cdn.chemelex.com .
S-02	Chemelex RAYCHEM-DS-CDE1636-SBSSNR-DE-2504 – niemiecka karta SBS-xx-SNR; pim.chemelex.com .
S-03	nVent Raychem-ES-CDE1653-PipeFrostSBSSNR-EN-1805 – specification guideline SBS-XX-SNR.
S-04	nVent Raychem-DG-EU0668-XLTraceDesignGuide-EN – XL-Trace LSZH design guidelines.
S-05	nVent RAYCHEM-ES-EU1066-XLTracePFPSHORT-EN – engineering specification XL-Trace LSZH.
S-06	nVent RAYCHEM RayClic Connection Kit – strona produktu i instrukcje właściwego zestawu.
S-07	nVent TraceCalc Pro – narzędzie do obliczeń strat, obwodów, obciążeń i temperatur płaszcza.
Uwaga	Przed zakupem należy potwierdzić aktualne rewizje dokumentów i dane konkretnej konfiguracji u producenta/dostawcy.

Załącznik A. Minimalna karta każdego obwodu A/B

Karta obwodu jest podstawowym dokumentem łączącym obliczenia cieplne, projekt elektryczny, montaż, konfigurację szafy i odbiór. Jeden wspólny arkusz dla całej instalacji nie zapewnia identyfikowalności. Osobną kartę należy utworzyć dla każdego toru podstawowego i redundantnego, nawet gdy oba przewody są prowadzone równolegle.

Karta powinna mieć numer rewizji i status: do obliczeń, do zatwierdzenia, do realizacji albo powykonawczy. Każda zmiana długości, izolacji, temperatury obliczeniowej, typu przewodu lub zabezpieczenia wymaga ponownej kontroli obciążenia i aktualizacji raportu. Wersja powykonawcza musi odpowiadać oznaczeniom na rurze, kablu, zaciskach i ekranie operatora.

Do karty należy dołączyć fragment planu z zaznaczonym początkiem i końcem obwodu, miejscami rozgałęzień, czujnikiem temperatury, punktami zasilania i zakończeniami. Pozwala to odtworzyć układ bez demontażu całej izolacji oraz skraca czas diagnostyki uszkodzenia.

Grupa danych	Minimalna zawartość karty
Identyfikacja	Obiekt, szafa, linia, tor A/B, rewizja, status dokumentu i osoba zatwierdzająca.
Trasa	Początek, koniec, strefa, długość fizyczna, długość elektryczna, zapas i liczba odgałęzień.
Rura	Medium, materiał, DN, średnica zewnętrzna, armatura i odcinki o zmiennych parametrach.
Warunki	Temperatura minimalna, temperatura utrzymania, ekspozycja, wiatr i warunki szczególne.
Izolacja	Materiał, λ , grubość, płaszcz, sposób izolowania zaworów, podpór i przejść.

Grupa danych	Minimalna zawartość karty
Dobór	Typ przewodu, wymagana moc W/m, moc dostępna W/m, współczynnik zapasu i raport TraceCalc.
Elektryka	Napięcie, prąd ustalony, prąd rozruchowy, MCB, RCD, stycznik, faza i spadek napięcia.
Sterowanie	Regulator, czujnik, nastawa, histereza, zwłoka, tryb bezpieczny i logika A/B.
Integracja	Tagi, zaciski/rejestry, alarmy, tekst operatora, priorytet i retencja historii.
Odbiór	Pomiary bazowe, prąd, temperatura, FAT/SAT, wynik end-to-end i podpisy.

Załącznik B. Eksploatacja, diagnostyka i utrzymanie sprawności

System przeciwwzamrozeniowy powinien być objęty planem przeglądów przedsezonowych i okresowych. Przegląd przed sezonem zimowym należy zakończyć z wyprzedzeniem umożliwiającym usunięcie usterek, a nie dopiero po wystąpieniu temperatur ujemnych. Zakres i częstotliwość muszą uwzględniać instrukcje producentów, warunki gwarancji, wymagania instalacji przeciwpożarowej i procedury zakładowe.

Diagnostykę należy prowadzić na podstawie porównania danych: temperatury, stanu regulatora, potwierdzenia pracy, prądu obwodu i historii alarmów. Sam brak alarmu nie dowodzi sprawności przewodu, jeżeli system nie mierzy prądu ani nie wykonano testu funkcjonalnego. Analogicznie samo napięcie na zaciskach nie potwierdza ciągłości grzania na całej trasie.

Po każdej ingerencji w rurociąg, izolację, armaturę albo trasę przewodu trzeba wykonać oględziny i pomiary wymagane instrukcją. Szczególną uwagę należy zwrócić na zawilgocenie izolacji, uszkodzenia płaszcza, ostre krawędzie, zgniecenia, nieprawidłowy promień gięcia, niekontrolowane krzyżowanie przewodów oraz brak oznaczeń ostrzegawczych.

Alarm przejścia na tor B wymaga utworzenia zlecenia serwisowego i usunięcia przyczyny awarii A. Długotrwała praca na redundancji oznacza utratę rezerwy bezpieczeństwa. Niedopuszczalne jest traktowanie automatycznego przełączenia jako trwałego rozwiązania i kasowanie alarmu bez potwierdzonego testu toru podstawowego.

Dokumentacja eksploatacyjna powinna obejmować wyniki pomiarów bazowych z uruchomienia, okresowe wyniki porównawcze, konfigurację regulatorów, kopię programu PLC lub bramki, kopię listy punktów BMS, historię zmian i protokoły usunięcia usterek. Różnice względem wartości bazowych należy analizować trendowo, ponieważ stopniowe pogarszanie izolacji może nie wywołać natychmiastowego zadziałania zabezpieczenia.

Minimalny zapas serwisowy należy uzgodnić po zatwierdzeniu konfiguracji. Powinien obejmować elementy o krytycznym czasie dostawy: właściwe zestawy przyłączeniowe i końcowe, czujnik kompatybilny z regulatorem, opisane aparaty szafy oraz materiały do odtworzenia uszczelnienia i oznakowania. Zapas musi być przechowywany zgodnie z wymaganiami producenta i przypisany do numeru systemu.

Moment / zdarzenie	Minimalna czynność utrzymaniowa
Przed sezonem	Oględziny szaf i tras, test A/B, alarm zbiorczy, odczyty czujników, pomiary i test stanowiska operatora.
Okresowo	Kontrola historii alarmów, temperatur, prądów, komunikacji, synchronizacji czasu i stanu rezerwy B.
Po pracach na rusze	Oględziny przewodu, pomiar przed zamknięciem izolacji, zdjęcia i aktualizacja trasy powykonawczej.
Po zadziałaniu zabezpieczenia	Ustalenie przyczyny przed ponownym załączeniem; zapis wyniku pomiaru i decyzji serwisowej.
Po przejściu na B	Alarm pozostaje aktywny do usunięcia awarii A i pozytywnego testu przywrócenia redundancji.
Po zmianie konfiguracji	Kopia ustawień, numer rewizji, test funkcjonalny i aktualizacja BMS/SCADA oraz dokumentacji.
Co najmniej raz w cyklu utrzymania	Ćwiczenie end-to-end: fizyczna usterka, komunikat operatora, eskalacja i zapis historii.