

TOM III

SWZ

OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

(PROJEKT PROCESOWY SYSTEMU SCHŁADZANIA HELU AKCELERATORA POLFEL Z ELEMENTAMI PROJEKTU TECHNICZNEGO)

Otwock 02/06/2022

Spis treści

1.	Wstęp	8
2.	Cel postępowania	8
3.	System kriogeniczny PolFEL	9
4.	System Dystrybucji Kriogenicznej (CDS)	13
4.1.	Informacje ogólne	13
4.2.	Linia transferowa	14
4.3.	IC1 Interkonekcja pomiędzy HCS a linią transferową	15
4.4.	Linie pomocnicze	17
4.5.	Dopływy ciepła	18
5.	Laser	18
6.	System schładzania helu	21
6.1.	Informacje ogólne	21
6.2.	Warunki pracy	21
6.3.	Tryby pracy	21
6.3.1.	Tryb wychładzania całego CDS	24
6.3.2.	Tryb wychładzania pojedynczego kriomodulu	25
6.3.3.	Tryb gotowości	26
6.3.4.	Tryb pracy nominalnej	26
6.3.5.	Tryb odgrzewania pojedynczego kriomodulu	27
6.3.6.	Tryb odgrzewania całego CDS	27
6.3.7.	Tryb pracy podczas serwisu chłodziarki podstawowej	27
6.4.	Sterowanie mocą HCS	27
6.5.	Strumienie masy helu	27
6.6.	Zużycie ciekłego azotu	29
6.7.	Inne podsystemy	29
6.7.1.	Informacje ogólne	29
6.7.2.	Układ oczyszczania i odolejania helu	29
6.7.3.	Układ oczyszczania instalacji: „Purge”	30
6.7.4.	Układ odzysku i magazynowania helu	30
6.8.	Interkonekcje	31

6.9. Podsumowanie najważniejszych wymagań procesowych	31
7. Ilość helu w Systemie Kriogenicznym PolFEL	32
8. Ograniczenia przestrzenne Systemu Schładzania Helu	35
8.1. Informacje ogólne	35
8.2. Budynek chłodziarki	36
8.3. Teren przyległy do budynku chłodziarki	38
9. Instrumentacja	38
9.1. Informacje ogólne	38
9.2. Zawory odcinające	38
9.3. Zawory i płytki bezpieczeństwa	39
9.4. Pomiar ciśnienia	39
9.4.1. Przetworniki ciśnienia	39
9.4.2. Wskaźniki ciśnienia	40
9.5. Pomiar temperatury	40
9.6. Pomiar przepływu	41
10. Układ sterowania i kontroli	41
11. Wymagania techniczne	42
11.1. Informacje ogólne	42
11.2. Wybór materiałów	42
11.3. Rury procesowe i płaszcze próżniowe	43
11.4. Kompensacja skurczu termicznego	43
11.5. Podpory i mocowania	44
11.6. Pozycjonowanie	45
11.7. Izolacja próżniowa	45
12. Specyfikacja wykonania	45
12.1. Właściwości mechaniczne	45
12.2. Poziom szczelności helowej	45
12.3. Szczelność zaworów	46
13. Wymagania technologiczne	46
13.1. Spawanie	46
13.2. Lutowanie	47
13.3. Czyszczenie i przygotowanie powierzchni	48
14. Testy	48
14.1. Informacje ogólne	48

14.2.	Testy u Wykonawcy	50
14.2.1.	Informacje ogólne	50
14.2.2.	Testy pojedynczego komponentu	50
14.2.2.1.	Testy i badania spoin	50
14.2.2.2.	Testy szczelności pojedynczych spoin	50
14.2.2.3.	Test ciśnieniowy	50
14.2.2.4.	Szokowanie	51
14.2.2.5.	Test szczelności w stanie zimnym	51
14.2.2.6.	Odgrzewania i test szczelności w stanie ciepłym	51
14.2.3.	Testy zespołów komponentów	51
14.2.3.1.	Informacje ogólne	51
14.2.3.2.	Testy i badania spoin	51
14.2.3.3.	Test szczelności rur procesowych	51
14.2.3.4.	Testy ciśnieniowe	51
14.2.3.5.	Kontrola wizualna MLI	52
14.2.3.6.	Testy szczelności płaszcza próżniowego	52
14.2.3.7.	Testy szczelności zaworów	52
14.2.3.8.	Testy funkcjonalne zaworów	52
14.2.3.9.	Testy czujników temperatury	53
14.2.4.	Testy funkcjonalne wyprodukowanych urządzeń	53
14.2.4.1.	Informacje ogólne	53
14.2.4.2.	Test szczelności płaszcza próżniowego	53
14.2.4.3.	Test ciśnieniowy rur procesowych	53
14.2.4.4.	Test szczelności rur procesowych	53
14.2.4.5.	Schładzanie rur procesowych	54
14.2.4.6.	Test szczelności rur procesowych w stanie zimnym	54
14.2.4.7.	Odgrzewanie rur procesowych	54
14.2.4.8.	Test szczelności rur procesowych w stanie ciepłym	54
14.2.4.9.	Testy szczelności zaworów	54
14.2.4.10.	Testy funkcjonalne zaworów	54
14.2.4.11.	Testy przetworników ciśnienia	54
14.2.4.12.	Testy czujników temperatury	55
14.2.4.13.	Testy grzałek	55
14.2.4.14.	Testy wskaźników poziomu helu	55

14.2.4.15.	Testy przepływomierzy	55
14.2.4.16.	Weryfikacja wymiarów	55
14.3.	Testy na w siedzibie Zamawiającego	56
14.3.1.	Kontrola elementów dostarczonych do NCBJ	56
14.3.2.	Kontrola położenia elementów	56
14.3.3.	Testy i kontrola spoin	56
14.3.4.	Testy szczelności rur procesowych	56
14.3.5.	Testy ciśnieniowe	56
14.3.6.	Test szczelności płaszcza próżniowego	57
14.3.7.	Testy szczelności rur procesowych po zamknięciu płaszcza próżniowego	57
14.3.8.	Testy szczelności nieizolowanych rurociągów	57
14.3.9.	Testy ciśnieniowe nieizolowanych rurociągów	57
14.4.	Testy odbiorowe	57
14.4.1.	Informacje ogólne	57
14.4.2.	Wstępne testy odbiorowe	58
14.4.3.	Testy funkcjonalne	58
14.4.4.	Pomiar parametrów termodynamicznych i hydraulicznych	58
14.4.5.	Końcowe testy odbiorowe	59
15.	Dostawa	59
16.	Zakres dostawy	60
16.1.	W zakresie zadania 1	60
16.1.1.	Komponenty	60
16.1.2.	Zakres prac	61
16.1.3.	Dokumentacja	61
16.2.	W zakresie zadania 2	62
16.2.1.	Komponenty	62
16.2.2.	Zakres prac	63
16.2.3.	Dokumentacja	64
16.3.	Szkolenie	65
16.4.	Chłodziarka uzupełniająca	65
16.4.1.	Zakres prac	65
16.4.2.	Opis techniczny	66
16.4.2.1.	Chłodziarka pomocnicza w układzie oryginalnym	66
16.4.2.2.	Automatyczne oczyszczanie przez wymrażanie	67

16.4.2.3.	Chłodziarka pomocnicza w Systemie Schładzania Helu	67
16.4.2.4.	Parametry techniczne komponentów chłodziarki pomocniczej	68
17.	Prace instalacyjne na terenie w siedzibie Zamawiającego	69
18.	Realizacja umowy	70
18.1.	Informacje ogólne	70
18.2.	Faza 1: Projekt koncepcyjny	70
18.3.	Faza 2: Projekt techniczny	71
18.4.	Faza 3: Projekt wykonawczy	71
18.5.	Faza 4: Produkcja	72
18.6.	Faza 5: Dostawa	72
18.7.	Faza 6: Instalacja	72
18.8.	Faza 7: Uruchomienie i odbiór	73
19.	Kamienie milowe	73
20.	Zarządzanie projektem	76
20.1.	Informacje ogólne	76
20.2.	Kontrola projektu	76
20.2.1.	Organizacja projektu	76
20.2.2.	Plan projektu	76
20.2.3.	Kontrola postępów	77
20.2.4.	Spotkanie na potrzeby realizacji projektu	77
21.	Zarządzanie jakością	78
21.1.	Informacje ogólne	78
21.2.	Wprowadzanie zmian i modyfikacji	78
21.3.	Odstępstwa	79
22.	Lista załączników	79

SŁOWNIK POJĘĆ

Nazwa	Opis
Budynek chłodziarki	Budynek, wewnątrz którego zlokalizowane będą główne elementy Systemu Schładzania Helu – zespół chłodziarek wraz z niezbędnymi urządzeniami wspomagającymi. Towarzyszyć mu będzie magazyn gazów technologicznych (azot i hel), a także lokalna instalacja schładzająca wodę techniczną.
Coldbox	Główny komponent chłodziarki helu, w której następuje schłodzenie/skroplenie helu i skąd początek bierze linia transferowa.
Chłodziarka podstawowa	Jedna z dwóch chłodziarek wchodzących w skład Systemu Schładzania Helu. Jest to chłodziarka o wystarczającej mocy chłodniczej dla zapewnienia stabilnego działania całego systemu kriogenicznego PolFEL w trybie pracy nominalnej.
Chłodziarka uzupełniająca	Jedna z dwóch chłodziarek wchodzących w skład Systemu Schładzania Helu. Jest to chłodziarka pozyskana przez Zamawiającego w ramach współpracy naukowej z laboratorium STFC w Daresbury. Jej zadaniem jest wspomaganie chłodziarki podstawowej w przypadku zwiększonego zapotrzebowania na moc chłodniczą, oraz niwelowanie statycznych dopływów ciepła do CDS w przypadku serwisu chłodziarki podstawowej.
Interfejs	Część interkonekcji. Element konstrukcji urządzenia służący, jako port przyłączeniowy.
Interkonekcja	Miejsce połączenia pomiędzy dwoma niezależnymi urządzeniami.
Kriomoduł	Urządzenie schładzane przez hel dostarczany od Systemu Schładzania Helu. Główny odbiorca mocy chłodniczej HCS.
Linia transferowa	Część Systemu Dystrybucji Kriogenicznej. Czterokanałowa linia kriogeniczna łącząca System Schładzania Helu z kriomodułami. Służy do przesyłania strumienia helu chłodzącego wnętrza oraz ekrany termiczne kriomodułów.
Linie pomocnicze	Część Systemu Dystrybucji Kriogenicznej. Celem linii pomocniczych jest wspomaganie linii transferowej poprzez usuwanie gazów zanieczyszczających CDS, dostarczanie helu do przemywania instalacji, usuwanie helu z instalacji po zdarzeniu upustowym (otwarcie zaworów bezpieczeństwa) oraz zapewnienie atmosfery helowej dla zaworów z osłoną helową.
NCBJ	Narodowe Centrum Badań Jądrowych
PolFEL	Polski laser na swobodnych elektronach
System Dystrybucji Kriogenicznej	Zestaw urządzeń służący do transportowania helu od Systemu Schładzania Helu do kriomodułów PolFEL (ang. Cryogenic Distribution System – CDS)
System Schładzania Helu	Kompletny, autonomiczny zestaw współpracujących ze sobą urządzeń, zasilający system kriogeniczny PolFEL (ang. Helium Cooling System – HCS).
Układ oczyszczania i odolejania helu	Układ służący do usuwania zanieczyszczeń znajdujących się w przestrzeni procesowej powstałych podczas prac instalacyjnych oraz podczas pracy całego systemu kriogenicznego. Zanieczyszczenia te mogą mieć charakter zanieczyszczeń stałych, cieczy lub gazów.
Układ oczyszczania instalacji: „Purge”	Układ służący do napełniania przestrzeni procesowej CDS helem i usuwania wszelkich zanieczyszczeń gazowych po etapie instalacji.
Układ odzysku i magazynowania helu	Układ służący do magazynowania i uzdatnianiu strumienia helu powracającego z CDS w przypadku, gdy parametry termodynamiczne tego strumienia nie pozwalają na jego bezpośrednie przekazanie do głównego obiegu Systemu Schładzania.
Układ sterowania i kontroli	Autonomiczny system sterujący Systemem Schładzania Helu we wszystkich trybach jego pracy.
Zespół chłodziarek	Główny element Systemu Schładzania Helu. Układ dwóch współpracujących ze sobą chłodziarek helu: chłodziarki podstawowej oraz chłodziarki uzupełniającej.

1. WSTĘP

PolFEL (Polski Laser na Swobodnych Elektronach) będzie pierwszym tego typu urządzeniem badawczym w Polsce i Europie Wschodniej. Koncepcja techniczna obiektu PolFEL została wybrana w taki sposób, aby sprostać wymaganiom naukowym w różnych obszarach spektralnych promieniowania dostarczanego do eksperymentów. Długość fali generowanego promieniowania będzie się wahać od ułamka milimetra, odpowiadającego pasmu terahercowemu, do dziesiątek nanometrów, docierając do obszaru nadfioletu próżniowego. PolFEL będzie napędzany nadprzewodzącym linakiem opartym na technologii TESLA SRF.

Akcelerator PolFEL w bieżącej fazie jego budowy, na którą Zamawiający wraz z Konsorcjum 7 innych jednostek naukowych otrzymał dofinansowanie z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Działania 4.2 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, będzie się składał z nadprzewodzącego źródła elektronów o częstotliwości radiowej (SRF), 4 kriomodułów przyspieszających, elementów optyki wiązki elektronów, elementów diagnostyki i undulatorów. Wiązka elektronów będzie generowana w źródle SRF przez napromieniowanie cienkowarstwowej fotokatody metalicznej krótkimi impulsami lasera optycznego w zakresie 3-20 ps przy długości fali 257 nm i energii impulsu do 4 μ J. Częstotliwość powtarzania układu optycznego osiągnie 50 kHz.

W obrębie niezależnego projektu poszerzenia funkcjonalności lasera PolFEL dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Działania 1.1 Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego 2014-2020, PolFEL zostanie doposażony o szereg laboratoriów i stanowisk badawczych, w tym stanowiska testowego kriomodułów przyspieszających. Jednym z głównych zadań przewidywanych do realizacji w ramach tego projektu jest wyposażenie lasera PolFEL w wydajny System Schładzania Helu, pozwalający zwiększyć dostępny czas pracy urządzenia.

Każdy kriomoduł przyspieszający będzie zawierał dwie wnęki TESLA wyposażone w sprzęgacz mocy, dwa sprzęgacze modów wyższego rzędu, zbiornik z ciekłym helem, wolny i szybki tuner oraz sondę polową. Aby zminimalizować wyciek ciepła, kriomoduł zostanie wyposażony w ekrany termiczne oraz izolację próżniową. Kriomoduły będą wypełnione dwufazowym, nadciekłym helem o temperaturze 2 K i ciśnieniu 30 mbara. Wnęki TESLA zostaną zanurzone w nadciekłym helu i będą pracować w temperaturze 2 K.

W celu zagwarantowania stabilnej i niezawodnej pracy akceleratora PolFEL we wszystkich trybach pracy lasera, zaprojektowano i zoptymalizowano termodynamicznie dedykowany układ kriogeniczny. System oparty będzie na lokalnej konwersji helu nadkrytycznego do fazy nadciekłej oraz na kompresji zimnych par, co pozwoli odzyskać egzergię zimnego gazu i zminimalizuje zużycie energii przez System.

2. CEL POSTĘPOWANIA

Celem niniejszego postępowania jest wyłonienie podmiotu, zwanego w dalszej części dokumentu Wykonawcą, który zrealizuje produkcję, dostawę, montaż i uruchomienie kompletnego **Systemu Schładzania Helu**, w skrócie HCS (ang. Helium Cooling System), składającego się docelowo z układu połączonych dwóch chłodziarek, tzw. **chłodziarki podstawowej** oraz **chłodziarki uzupełniającej** pozyskanej przez Zamawiającego w ramach współpracy naukowej z laboratorium STFC w Daresbury (Wielka Brytania) zwanej w dalszej części również **chłodziarką Daresbury**. Układ połączonych chłodziarek nazwany został zespołem chłodziarek. Chłodziarka podstawowa ma stanowić nowe urządzenie, a jej wydajność musi pozwalać na zapewnienie chłodzenia dla całego systemu kriogenicznego w trybie pracy nominalnej. Chłodziarka Daresbury jest urządzeniem już istniejącym, wyłączonym obecnie z eksploatacji, zdemontowanym i zmagazynowanym na terenie Zamawiającego. Chłodziarka Daresbury musi zapewnić zaopatrzenie instalacji lasera PolFEL w zimny hel na poziomie niezbędnym podczas instalowania i testowania urządzenia, a po uruchomieniu chłodziarki

podstawowej – wsparcie chłodziarki podstawowej podczas zwiększonego zapotrzebowania na moc chłodniczą kriomodulów. Chłodziarka uzupełniająca musi również pozwolić na utrzymanie temperatury kriomodulów na poziomie 2 K (tryb gotowości), w okresie, prac serwisowo-technicznych prowadzonych przy chłodzarce podstawowej.

System ten stanie się częścią infrastruktury badawczej PolFEL i będzie zdolny zaspokoić potrzeby kriogeniczne akceleratora PolFEL i stanowiska testowego kriomodulów, będąc zarazem otwartym na dalszą rozbudowę w przyszłości. Wykorzystanie dwóch chłodziarek pozwoli na optymalne wykorzystanie zasobów posiadanych przez Zamawiającego i zapewni docelowemu Systemowi wymaganą redundancję.

Szczegółowy zakres dostawy opisano w rozdziale 16, przy czym zakres ten obejmuje dwa niezależne zadania, mające wspólnego Wykonawcę, lecz rozliczane oddzielnie i finansowane z dwóch różnych źródeł:

- Zadanie 1: wykonanie odświeżenia chłodziarki uzupełniającej (udostępnionej przez Zamawiającego) oraz adaptacja jej do pracy w ramach Systemu Schładzania Helu Polskiego Lasera na Swobodnych Elektronach – PolFEL poprzez dostosowanie przyłączy, oraz dostawę niezbędnych urządzeń pośrednich oraz aktualizację układu sterowania; zadanie obejmuje zainstalowanie odświeżonej chłodziarki uzupełniającej w układzie umożliwiającym jej wykorzystanie do zasilenia CDS na potrzeby instalacji, testów i uruchamiania komponentów akceleratora PolFEL. Zadanie to finansowane będzie w ramach Działania 4.2 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, wykorzystując współfinansowanie z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na podstawie Umowy dofinansowania POIR.04.02.00-00-B002/18-00.
- Zadanie 2: poszerzenie funkcjonalności Systemu Schładzania Helu realizowanego w ramach Zadania 1 poprzez dostawę wysoko wydajnej chłodziarki podstawowej wraz z niezbędnymi urządzeniami dodatkowymi w szczególności obejmującym zimne i ciepłe kompresory, układ odolejania helu i zarządzania gazem, układ sterowania, system pomp próżniowych, kriogeniczne linie procesowe (w obrębie Systemu Schładzania Helu) i połączeniowe oraz układ odzysku helu, a także nisko i wysokociśnieniowe zbiorniki na hel. Zadanie obejmuje także instalację i uruchomienie całego Systemu w układzie wykorzystującym zakres zadania 1. Zadanie to finansowane będzie w ramach Osi Priorytetowej I Działania 1.1 Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020, wykorzystując współfinansowanie z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na podstawie Umowy dofinansowania RPMA.01.01.00-14-e217/20-00.

3. SYSTEM KRIOGENICZNY POLFEL

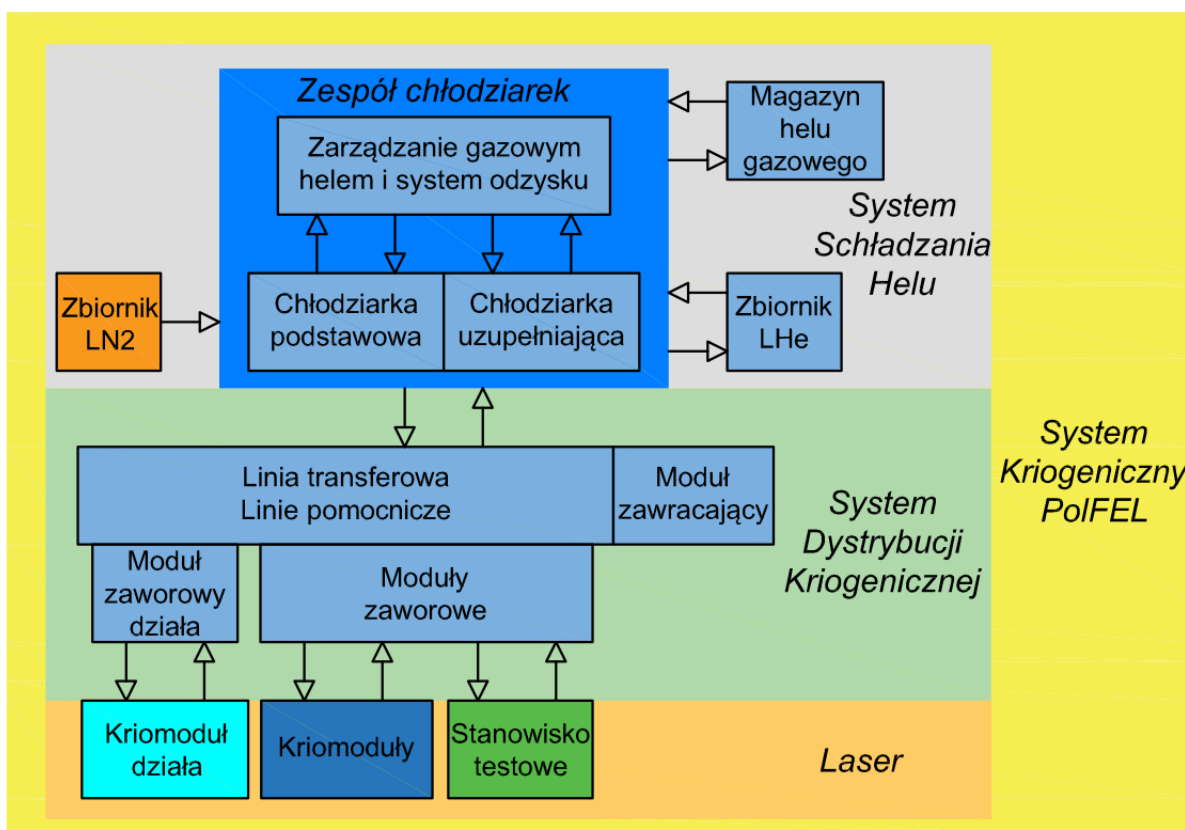
System kriogeniczny PolFEL zostanie wypełniony helem schłodzonym przez System Schładzania Helu do temperatury około 5 K. Hel wysłany zostanie w stanie nadkrytycznym do modułów zaworowych, w których na skutek ochładzania w wymienniku ciepła i dławienia w zaworze JT przejdzie w stan nadciekły. Hel nadciekły zostanie przesłany do odpowiedniego kriomodulu za pomocą elementu przyłączeniowego, gdzie na skutek dopływów ciepła zostanie odparowany i w postaci zimnych par o niskim ciśnieniu przesłany do zespołu chłodziarek.

W skład systemu kriogenicznego PolFEL wchodzi trzy główne elementy (rys. 3.1):

- System Schładzania Helu (HCS), który dostarcza moc chłodniczą o wymaganym przepływie masowym helu nadkrytycznego i zimnego helu gazowego do modułów zaworowych. Głównymi komponentami Systemu są: zespół chłodziarek, zbiornik ciekłego azotu, zbiornik ciekłego helu oraz magazyn helu gazowego.
- System Dystrybucji Kriogenicznej (CDS), który dostarcza hel w stanie nadkrytycznym do modułów zaworowych, gdzie po przejściu w stan nadciekły, przesyła go dalej do kriomodulów. CDS zapewnia

również powrót par helu pod niskim ciśnieniem do Systemu Schładzania Helu oraz dzięki liniom pomocniczym zapewnia odprowadzenie helu z instalacji w przypadku wzrostu ciśnienia i umożliwia przeprowadzenie procesu oczyszczania instalacji.

- Elementy lasera obejmujące kriomoduł działła – iniektor nadprzewodzący o częstotliwości radiowej (SRF), kriomoduły 1-4 oraz stanowisko testowe z kriomodułem testowym (z możliwością jego przeniesienia do linii akceleratora, jako kriomoduł 5).



Rysunek. 3.1. Diagram systemu kriogenicznego PolFEL

System kriogeniczny PolFEL dostarcza hel na trzech poziomach temperatur:

- 40 K – 80 K na potrzeby ekranów termicznych kriomodułów oraz Systemu Dystrybucji Kriogenicznej
- 5 K na potrzeby kriostatowania sprzęgaczy mocy kriomodułów przyspieszających i kriomodułu działła
- 2 K na potrzeby kriostatowania wnęk rezonansowych kriomodułów

Kriomoduły PolFEL są niezależnymi jednostkami kriogenicznymi i będą chłodzone równolegle za pomocą Systemu Dystrybucji Kriogenicznej, ich zasilanie w czynnik kriogeniczny będzie następować z dedykowanych modułów zaworowych.

System Schładzania Helu dostarczać będzie hel w dwóch stanach termodynamicznych: w stanie nadkrytycznym (5 K, 4 bara) oraz w zimnym stanie gazowym (40 K, 13 bara). Gazowy hel będzie używany

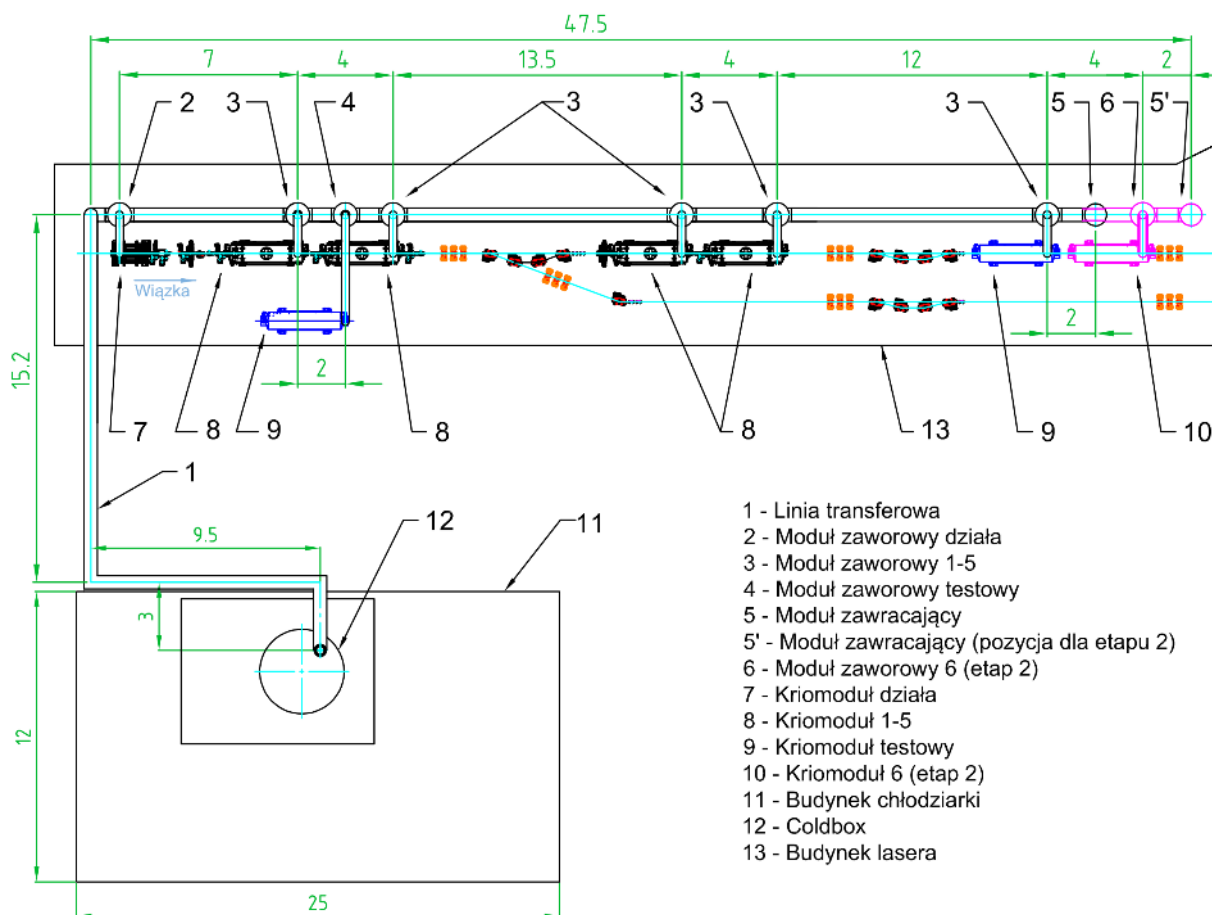
do chłodzenia ekranów termicznych kriomodułów oraz samego Systemu Dystrybucji. Nadciekły hel o temperaturze 2 K, wymagany do kriostatowania wnętrza SRF, będzie generowany wewnątrz modułów zaworowych dedykowanych dla każdego kriomodułu. Chłodzenie kriomodułów będzie się odbywać w następujący sposób: hel w stanie nadkrytycznym będzie przepływał wewnątrz linii transferowej do modułów zaworowych zlokalizowanych obok kriomodułów. Wewnątrz modułów zaworowych nastąpi odgałęzienie strumienia helu z głównej linii transferowej. Hel w stanie nadkrytycznym będzie w pierwszej kolejności dostarczany do kriomodułów w celu termalizacji sprzęgaczy mocy w temperaturze 5 K. Po termalizacji, hel w stanie nadkrytycznym będzie płynął z powrotem do modułów zaworowych, gdzie zostanie wstępnie schłodzony w wymienniku ciepła do temperatury 2.2 K, a następnie zdławiony w zaworze JT do postaci nadciekłej, potrzebnej do kriostatowania wnętrza SRF. Uzyskany w ten sposób nadciekły hel będzie płynął do kriomodułów, gdzie odparuje odbierając ciepło generowane w kriomodulach. Po odparowaniu, pary helu pod ciśnieniem 30 mbara i temperaturze 2 K przepłyną z powrotem do modułów zaworowych, następnie przez niskociśnieniową część wymiennika ciepła, by następnie poprzez linię transferową trafić do Systemu Schładzania Helu. Pary helu powrócą do Systemu Schładzania Helu pod ciśnieniem ok. 27 mbara i przy temperaturze około 4 K. Następnie pary helu będą sprężane do ciśnienia ok. 300 mbara za pomocą zimnych kompresorów umieszczonych w coldboxie. Takie rozwiązanie pozwoli na odzyskanie mocy chłodniczej zimnych par helu przed ich sprężeniem do ciśnienia atmosferycznego w zestawie ciepłych pomp próżniowych.

System Schładzania Helu dostarczy hel w stanie nadkrytycznym do 4 kriomodułów nadprzewodzących (docelowo 6 kriomodułów po drugiej, przyszłej fazie budowy PolFELa) wyposażonych we wnętrza RF. Dodatkowo, hel w stanie nadkrytycznym zostanie dostarczony do stanowiska testowego, umożliwiającego testowanie pojedynczego kriomodułu, niezależnego od akceleratora liniowego. Po zakończeniu programu testów, kriomoduł testowy będzie mógł zostać przeniesiony do linii akceleratora, jako jego tymczasowy kriomoduł 5. Hel będzie dostarczany do modułów zaworowych, a później do kriomodułów przez wielokanałową kriogeniczną linię transferową. System Dystrybucji Kriogenicznej będzie obejmował również ciepłe linie pomocnicze. Linie pomocnicze będą pełniły 4 funkcje: usuwanie gazów z CDS, dostarczanie helu do przemywania instalacji, usuwanie helu z instalacji po zdarzeniu upustowym (otwarcie zaworów bezpieczeństwa), zapewnienie atmosfery helowej dla zaworów z osłoną helową.

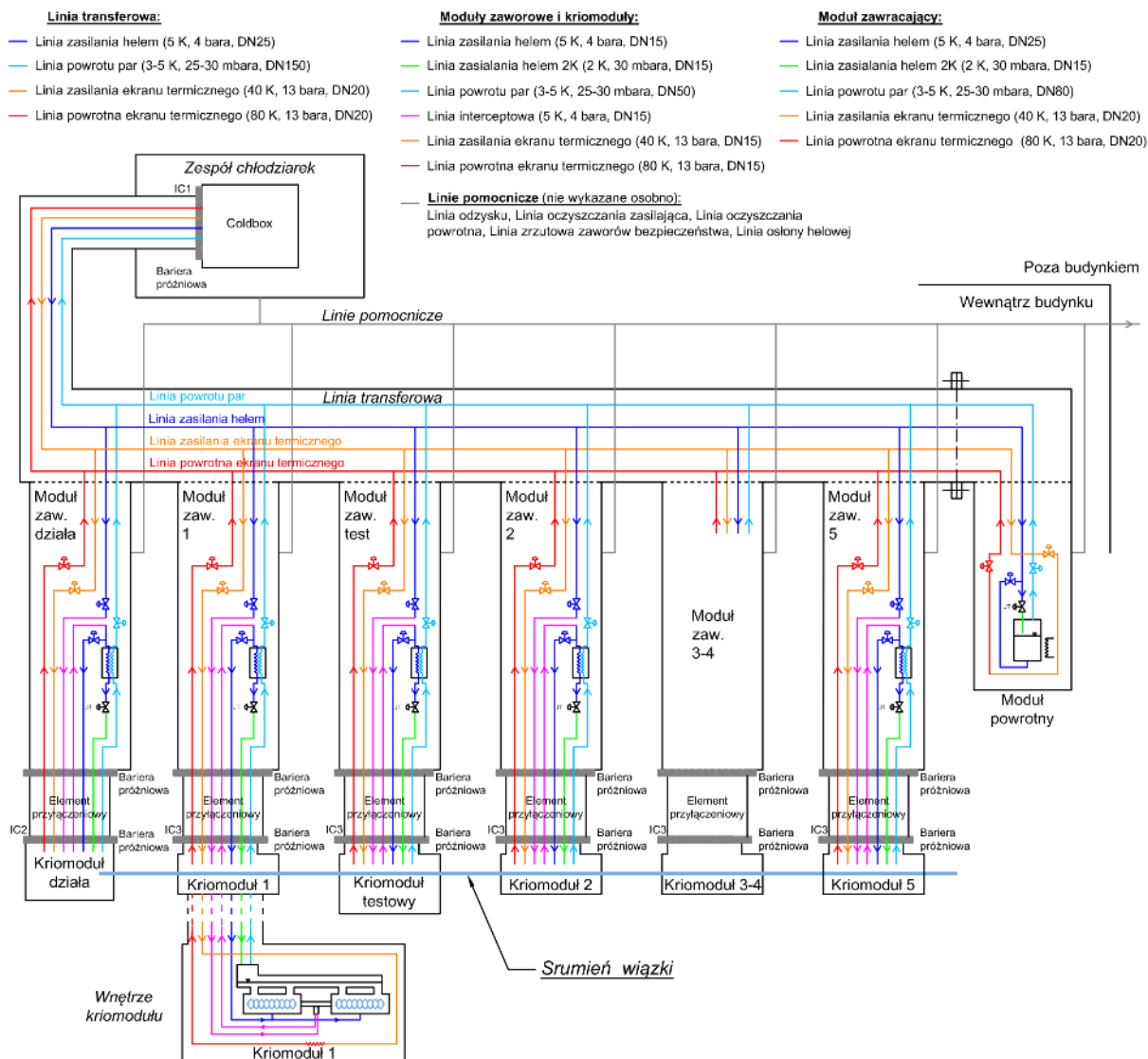
System kriogeniczny PolFEL wykorzystywać będzie następujące typy kriomodułów:

- kriomoduł działła – 1 szt.,
- kriomoduł przyspieszający – 4 szt. (6 szt. po ewentualnej, późniejszej rozbudowie linaka zwanej fazą 2),
- kriomoduł testowy – 1 szt. na stanowisku testowym lub jako kriomoduł przyspieszający 5.

Schemat ideowy system kriogenicznego PolFEL przedstawiono na rys. 3.2. Uproszczony schemat P&ID pokazano na rys. 3.3.



Rysunek 3.2. Schemat ideowy CDS – odległości podane w metrach



Rysunek 3.3. Uproszczony schemat P&ID

4. SYSTEM DYSTRYBUCJI KRIOGENICZNEJ (CDS)

4.1. INFORMACJE OGÓLNE

System Dystrybucji Kriogenicznej będzie odpowiedzialny za zasilanie i powrót helu między Systemem Schładzania Helu a kriomodułami, a także konwersję helu nadkrytycznego do stanu nadciekłego. Głównymi elementami Systemu Dystrybucji Kriogenicznej będą (rys. 3.2 i 3.3):

- linia transferowa
- moduły zaworowe
- moduł zawracający
- linie pomocnicze

CDS będzie dostarczać hel do kriomodułów w trzech stanach termodynamicznych:

- hel nadciekły o ciśnieniu 30 mbara oraz temp. ok 2 K
- hel nadkrytyczny o ciśnieniu 4 bara oraz temp. ok 5 K
- hel gazowy o ciśnieniu ok. 13 bara oraz temp. ok. 40 K

Hel w stanie nadkrytycznym o temperaturze 5 K wykorzystany będzie do termalizacji sprzęgaczy mocy kriomodułów, hel w postaci nadciekłej do kriostatowania wnęk rezonansowych akceleratora, a hel o temperaturze 40 K wykorzystany będzie do chłodzenia ekranów termicznych kriomodułów oraz linii transferowej. Ze względu na konieczność dostarczenia do kriomodułów helu w trzech różnych stanach termodynamicznych, strumień helu przesyłane będą z Systemu Schładzania Helu poprzez 4-kanalową linię transferową składającą się z dwóch linii zasilających i 2 linii powrotnych (strumień helu nadkrytycznego oraz helu gazowego), przy czym przejście helu z nadkrytycznego do nadciekłego odbywać się będzie w modułach zaworowych bezpośrednio przed podaniem go do kriomodułów.

4.2. LINIA TRANSFEROWA

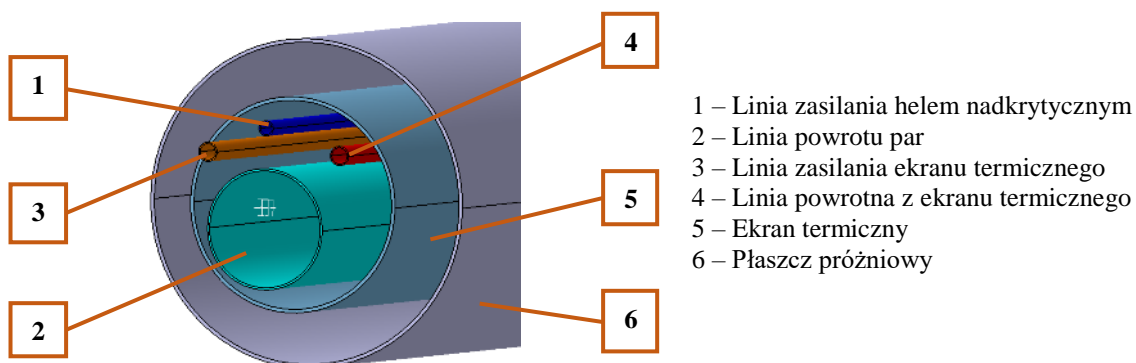
Linia transferowa będzie transportować hel w różnych stanach termodynamicznych od Systemu Schładzania Helu do modułów zaworowych. Projekt przewiduje dwie sekcje linii transferowej ze wspólną izolacją próżniową:

- **Linia transferowa – sekcja mostowa**, rozpoczynać się będzie interkonekcją IC1 zespołu chłodziarek. Następnie będzie przebiegać po estakadzie na wysokości około 7.5 m, skąd zostanie wprowadzona na dach budynku lasera, gdzie będzie się kończyć w okolicy otworu wlotowego w stropie budynku.
- **Linia transferowa – sekcja budynkowa**, rozpoczynać się będzie na dachu budynku lasera przy otworze w stropie, przez który zostanie wprowadzona w dół do środka hali, gdzie połączy się z modułem działa i przebiegać będzie aż do modułu zawracającego. Na tej sekcji umieszczone będą wszystkie moduły zaworowe.

Obie sekcje linii transferowej będą się składać z czterech linii procesowych zabezpieczonych przed dopływem ciepła wspólnym ekranem termicznym umieszczonych wewnątrz zbiornika próżniowego. Cztery linie procesowe to:

- **Linia zasilania helem nadkrytycznym** – linia przekazująca strumień helu nadkrytycznego o temperaturze 5 K i ciśnieniu 4 bara od Systemu Schładzania Helu do modułów zaworowych.
- **Linia powrotu par** – linia przekazująca pary helu o obniżonym ciśnieniu ok. 30 mbara i temperaturze ok. 4 K od modułów zaworowych do Systemu Schładzania Helu.
- **Linia zasilająca ekran termiczny** – linia dostarczająca hel gazowy o temperaturze ok. 40 K i ciśnieniu ok. 13 bara od Systemu Schładzania Helu do wszystkich elementów Systemu Dystrybucji Kriogenicznej w celu chłodzenia ekranów termicznych.
- **Linia powrotna ekranu termicznego** – linia transportująca hel gazowy o temperaturze ok. 80 K i ciśnieniu ok. 12.5 bara od ekranów termicznych CDS do Systemu Schładzania Helu. Linia ta musi być zwarta termicznie ze wszystkimi ekranami termicznymi Systemu Dystrybucji Kriogenicznej.

Przykładowy przekrój linii transferowej przedstawia rysunek 4.2.1. Parametry projektowe linii transferowej i linii procesowych podano w tabeli 4.2.1.



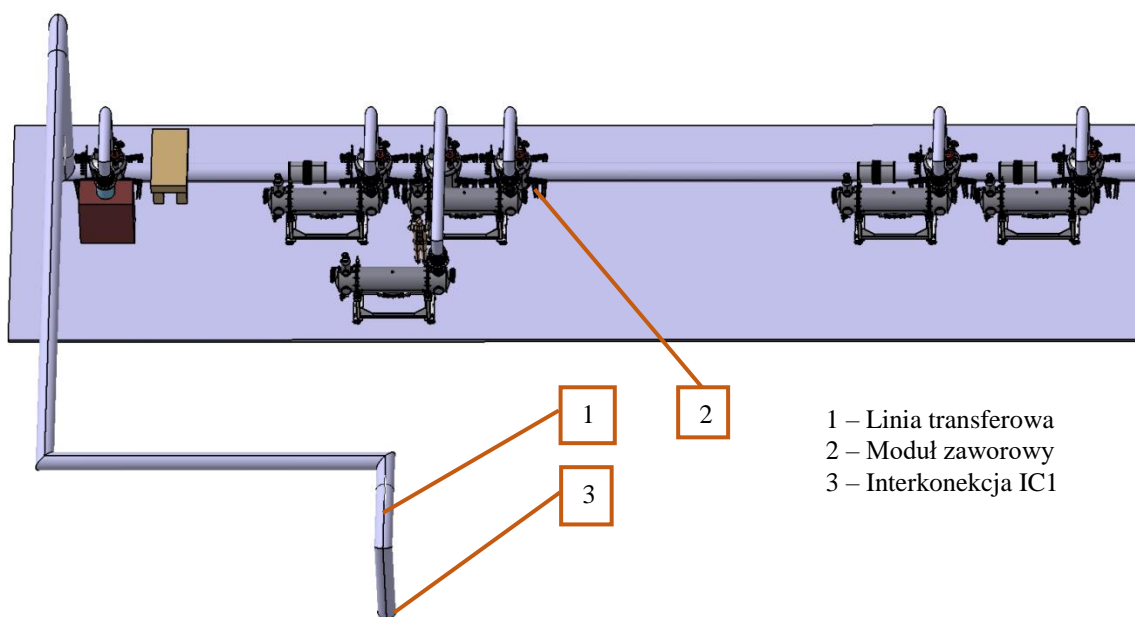
Rysunek 4.2.1. Proponowany przekrój linii transferowej

Tabela 4.2.1. Parametry projektowe linii transferowej

Nr	Nazwa	Rozmiar	Średnica zew. [mm]	Ciśnienie projektowe [bara]	Ciśnienie nominalne [bara]	Temperatura nominalna [K]
1	Linia zasilania helem nadkrytycznym	DN25	33.7	18	4	5
2	Linia powrotu par	DN150	168.3	5	0.025 – 0.03	3 – 5
3	Linia zasilania ekranu termicznego	DN20	26.9	18	13	40
4	Linia powrotna ekranu termicznego	DN20	26.9	18	13	80
5	Ekran termiczny	DN300	300	-	-	40 – 80
6	Płaszcz próżniowy	DN400 – 450	406.4 – 457	1.5	1x10E-6	300

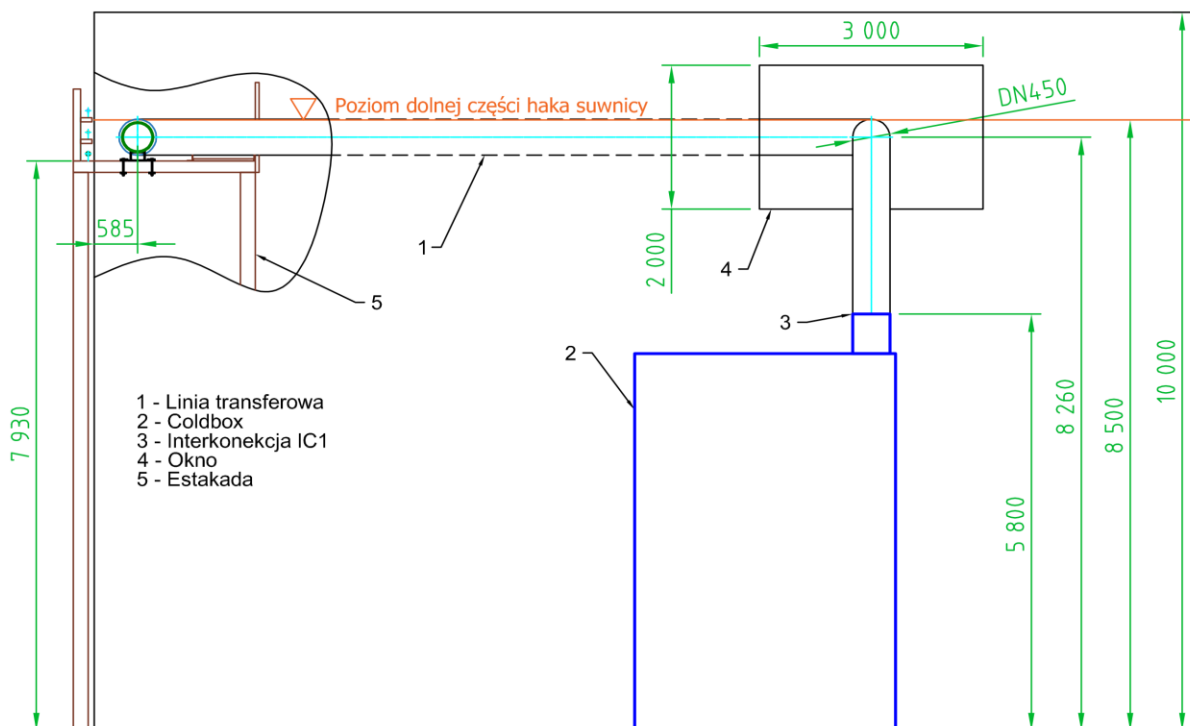
4.3. IC1 INTERKONEKCJA POMIĘDZY HCS A LINIĄ TRANSFEROWĄ

Linia transferowa łączy się z coldboxem zespołu chłodziarek w miejscu oznaczonym, jako IC1 na rys. 4.3.1 oraz rys. 4.3.2. Na obecnym etapie położenie interkonekcji IC1 jest jedynie założeniem Zamawiającego mającym na celu przedstawienie koncepcji połączenia linii transferowej z HCS. Ponieważ położenie punktu IC1 uzależnione jest w głównej mierze od konstrukcji zespołu chłodziarek, dlatego na dostawcy Systemu Schładzania Helu spoczywa obowiązek określenia położenia interkonekcji w oparciu o dostępną przestrzeń w budynku chłodziarki i możliwości technicznych budowy linii transferowej. Dostawca Systemu Schładzania Helu na podstawie danych zawartych w tej specyfikacji oraz na podstawie własnych rozwiązań konstrukcyjnych zobligowany jest do wyznaczenia położenia punktu IC1 i przekazaniu tej informacji do ZAMAWIAJĄCEMU podczas PDR (Preliminary Design Review).



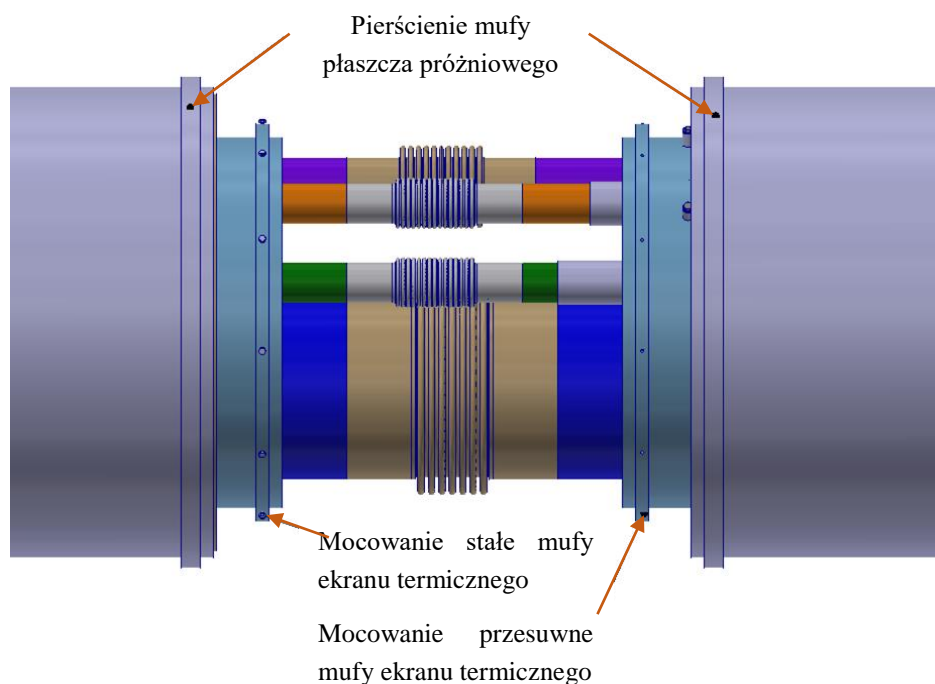
Rysunek 4.3.1. Umiejscowienie interkonekcji IC1

Miejsce potencjalnego występowania interkonekcji IC1 w budynku chłodziarki przedstawiono na rys. 4.3.2.



Rysunek 4.3.2. Budynek chłodziarki – miejsce potencjalnego występowania interkonekcji IC1.

Przykładowe rozwiązanie interkonekcji pokazano na rys. 4.3.3.



Rysunek 4.3.3. Przykład konstrukcji interkonekcji (na rysunku nie pokazano mufy ekranu termicznego ani mufy płaszcza próżniowego)

Płaszcz próżniowy linii transferowej oraz rura ekranu termicznego będą wyposażone w pierścienie, do których będą przyspawane rury ekranowa i mufa płaszcza.

4.4. LINIE POMOCNICZE

Celem linii pomocniczych jest usuwanie gazów z CDS, dostarczanie helu do przemywania instalacji, usuwanie helu z instalacji po zdarzeniu upustowym (otwarcie zaworów bezpieczeństwa), zapewnienie atmosfery helowej dla zaworów z osłoną helową. Za wyjątkiem linii zrzutowej zaworów bezpieczeństwa oraz linii osłony helowej, linie te muszą być zasilane przez instalację Systemu Schładzania Helu, a ich wymagania, co do zapotrzebowania na hel muszą być wzięte pod uwagę podczas projektowania Systemu Schładzania Helu. Linie pomocnicze (za wyjątkiem linii zrzutowej zaworów bezpieczeństwa) wychodzą z budynku chłodziarki i biegną wzdłuż linii transferowej na całej długości jej przebiegu. Rurociągi linii pomocniczych składają się z linii głównych oraz odgałęzień (podłączenia do kriomodulów).

Wyróżnia się cztery linie pomocnicze:

- **Linia odzysku** – linia odprowadzająca zimne pary z pętli ekranu termicznego i pętli schładzania wnek kriomodulów.
- **Linia oczyszczania zasilająca** – linia dostarczająca hel pod wysokim ciśnieniem, nieprzekraczającym 4 bara, w celu oczyszczenia instalacji i usunięcia wszelkich zanieczyszczeń oraz gazów innych niż hel.
- **Linia oczyszczania powrotna** – linia do usuwania helu po procesie przedmuchu.
- **Linia zrzutowa zaworów bezpieczeństwa** – linia do zbierania gazów z zaworów bezpieczeństwa i usuwania ich do atmosfery.
- **Linia osłony helowej** – linia dostarczająca hel zapobiegający zanieczyszczeniu linii zrzutowej zaworów bezpieczeństwa oraz zaworów podciśnieniowych.

Parametry projektowe linii pomocniczych przedstawiono w tabeli 4.4.

Tabela 4.4. Parametry projektowe linii pomocniczych

Typ linii pomocniczej	Nazwa linii	Rozmiar	Średnica zew. [mm]	Ciśnienie projektowe [bara]	Ciśnienie nominalne [bara]	Temperatura nominalna [K]
Linia główna	Linia odzysku	DN80	88.9 ¹⁾	18	0 – 1.1 0 – 13	4 – 300
	Linia zrzutowa	DN200	219.1	2	1.1	4 – 300
	Linia oczyszczania zasilająca	DN25	33.7	18	4 – 13	300
	Linia oczyszczania powrotna	DN50	60.3	5	0 – 1.1	300
	Linia osłony helowej	DN25	33.7	5	1.1	300
Linia odgałęziona	Linia odzysku	DN50	60.3 ²⁾	18	0 – 1.1 0 – 13	4 – 300
	Linia zrzutowa	DN50	60.3	2	1.1	4 – 300
	Linia oczyszczania zasilająca	DN15	21.3	18	4 – 13	300
	Linia oczyszczania powrotna	DN25	33.7	5	0 – 1.1	300
	Linia osłony helowej	DN10	13.5	5	1.1	300

1) Średnica zewnętrzna płaszcza próżniowego DN125 (133 mm)

2) Średnica zewnętrzna płaszcza próżniowego DN100 (101.6 mm)

4.5. DOPŁYWY CIEPŁA

Dopływy ciepła do CDS, które muszą zostać wzięte pod uwagę przez dostawcę Systemu Schładzania Helu podczas projektowania, zostały wstępnie oszacowane i przedstawione w tabeli 4.5. Ponieważ CDS jest na etapie projektowania, wartości te, zostaną doprecyzowane na późniejszym etapie, gdy projekt CDS będącym przedmiotem osobnego postępowania przetargowego, pozwoli na określenie ich ostatecznych wielkości.

Tabela 4.5. Maksymalne dopływy ciepła do kriomodulów oraz CDS

	2K ¹⁾			5K	40 K ekran
	Dopływy statyczne	Dopływy dynamiczne	Suma	Dopływy statyczne	Dopływy statyczne
Kriomoduł	10 W	61 W	71 W (4.64 g/s) ^{1) 2)}	3 W	30 W (2 g/s) ³⁾
Kriomoduł testowy	10 W	61 W	71 W (4.64 g/s) ^{1) 2)}	3 W	30 W (2 g/s) ³⁾
Kriomoduł działa	7 W	8 W	15 W (1.2 g/s) ^{1) 2)}	10 W	34 W (2.3 g/s) ³⁾
Moduł zaworowy	1 W	-	1 W (0.20 g/s) ¹⁾	8 W	14.6 W (0.97 g/s) ³⁾
Moduł zawracający	2 W	-	2 W (0.20 g/s) ^{1) 2)}	5 W	14.6 W (0.97 g/s) ³⁾
Linia transferowa na 1 metr długości	0.1 W	-	-	0.2 W	2.26 W

1) Strumień helu nadkrytycznego o temp. 5 K i ciśnieniu 4 bara potrzebny do zdławienia w module zaworowym i przekazania w postaci dwufazowej do kriomodulu. Ciepło parowania helu przyjęte, jako 20 J/g; założona zawartość cieczy w strumieniu dwufazowym wynosi 80% w przypadku kriomodulów przyspieszających i 70% w przypadku kriomodulu działa.

2) Sumaryczny strumień helu nadkrytycznego (5 K i 4 bara) bierze pod uwagę dopływy ciepła z termalizacji sprzęgaczy mocy (dopływy statyczne do linii interceptu (5 K)).

3) Strumień helu w temp. 40 K oraz ciśnieniu 13 bara na potrzeby ekranu termicznego.

Biorąc pod uwagę różne tryby pracy CDS oraz margines bezpieczeństwa, maksymalne, całkowite dopływy ciepła szacuje się na poziomie:

- 520 W na poziomie temperatur 2K (linia zasilająca oraz wnętrza kriomodulów);
- 120 W na poziomie temperatur 5K (linia zasilająca oraz sprzęgacze mocy kriomodulów)
- 560 W na poziomie temperatur 40 – 80 K (ekrany termiczne)

5. LASER

Głównym celem projektu PolFEL jest stworzenie zaawansowanej infrastruktury badawczej obejmującej laser na swobodnych elektronach, linie i stacje eksperymentalne wykorzystujące promieniowanie generowane przez laser oraz specjalistyczne budynki laboratoryjne pozwalające na zainstalowanie i użytkowanie aparatury. PolFEL będzie infrastruktura badawczą udostępniającą swoje zasoby szeregowi użytkowników na przejrzystych i niedyskryminacyjnych zasadach po przeprowadzeniu transparentnego procesu selekcji opartego o wartość naukową zgłaszanych projektów badawczych.

Zakładane parametry urządzenia czynią zeń pierwszorzędne narzędzie badań podstawowych i stosowanych z zakresu chemii, biologii, farmacji, medycyny, fizyki i technologii materiałów, fizyki wysokich gęstości energii

itp., ze szczególnym zastosowaniem w kierunku badań dynamiki procesów. Koncepcja i projekt techniczny infrastruktury PolFEL tworzone są w całości przez konsorcjum naukowo-badawcze, którego liderem jest Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ). Sama budowa urządzenia ma znaczący walor poznawczy, a laser PolFEL będzie pod wieloma względami urządzeniem pionierskim.

Zasadniczymi elementami lasera PolFEL są: źródło elektronów, akcelerator elektronów, systemy kontroli, kształtowania i diagnostyki wiązki elektronowej, systemy generowania promieniowania elektromagnetycznego FEL (undulatory), układy prowadzenia wiązki elektromagnetycznej oraz stacje badawcze. W trakcie pracy urządzenia generowane przez źródło elektrony będą przyspieszane w akceleratorze i prowadzone do jednego z undulatorów. W tych ostatnich energia wiązki elektronowej zostanie wykorzystana do generowania krótkich pulsów intensywnego i spójnego promieniowania elektromagnetycznego o charakterystyce użytecznej do prowadzenia badań z zakresu chemii, biologii, farmakologii, fizyki materiałów i innych. Promieniowanie to poprowadzone zostanie w tym celu do stacji eksperymentalnych, a wiązka elektronowa zostanie skierowana do kolektora i pochłonięta. Urządzenie powstanie w oparciu o innowacyjne rozwiązania wykorzystujące niskotemperaturowe technologie nadprzewodzące.

Główne komponenty lasera PolFEL zostaną zainstalowane w dedykowanym do tego celu budynku bunkra osłonowego. Natomiast stacje badawcze będą wyniesione do przylegającej do niego hali eksperymentalnej, która pomieści również infrastrukturę dla użytkowników, laboratorium przygotowania próbek, a także laboratoria towarzyszące, takie jak laboratorium lasera optycznego, stację wytwarzania wody o wysokiej czystości oraz laboratoria czyste. Niezbędne do pracy urządzenia zasilające, kontrolne i sterujące układy elektroniczne także zostaną umiejscowione poza bunkrem. Ze względu na znaczną wrażliwość układów lasera PolFEL na drgania (w szczególności nadprzewodzącego akceleratora elektronów), zostaną one zainstalowane na masywnych belkach fundamentowych izolowanych wibracyjnie od podłoża i źródeł drgań.

Funkcjonalne komponenty infrastruktury PolFEL obejmują

- Akcelerator elektronów, w skład którego wejdą:
 - Laserowy system czyszczenia i wzbudzania fotokatod
 - Nadprzewodząca wyrzutnia elektronów
 - Sekcje akceleracyjne – 4 (docelowo 6) kriomoduły, umożliwiające pracę w temperaturze 2 K dwóm zestawom 9 nadprzewodzących wnęk przyspieszających TESLA, każdy oraz Międzynarodowy Kriomoduł Testowy (uzyskany w ramach współpracy naukowej z STFC Daresbury), używany do testów, a w akceleratorze wymiennie z jednym z pozostałych kriomodułów
 - Undulator generujący promieniowanie z zakresu THz
 - Undulator generujący promieniowanie z zakresu IR
 - Undulator generujący promieniowanie z zakresu VUV
 - System diagnostyki wiązki elektronów
 - System optyki wiązki elektronów
 - Kolektory wiązki elektronowej
 - Helowy system kriogeniczny
- Układy badawczo pomiarowe, w tym:
 - Linia optyczna THz z diagnostyką wiązki oraz stacja badawcza THz

- Linia optyczna VUV z diagnostyką wiązki oraz stacja badawcza VUV
- Linia optyczna IR z diagnostyką wiązki oraz stacja badawcza IR
- Stacja badań biomedycznych
- Linia wiązki elektronów o energii do 180 MeV oraz stacja badawcza, obejmująca stację rozpraszania komptonowskiego
- System lasera optycznego do pomiarów „pump-probe” dla linii THz i VUV
- Laboratorium czyste
- Laboratorium przygotowania próbek
- System sterowania, w tym:
 - Systemy sterowania LLRF i diagnostyki wiązki dla źródła i kriomodulów
 - Układ kontroli i stabilizacji częstotliwości rezonansowej
 - System sterowania diagnostyki wiązki dla undulatorów
 - System generacji i dystrybucji sygnałów referencji fazy
 - Układ synchronizacji i wyzwalania
- Elementy infrastruktury wspólnej, w tym:
 - Aparatura kontrolno-pomiarowa
 - Okablowanie systemowe
 - Systemy zasilania
 - Systemy próżniowe
 - System stabilizacji cieplnej
 - System dystrybucji gazów technicznych
- Systemy bezpieczeństwa, w tym:
 - System Bezpieczeństwa Maszynowego (MPS)
 - System Bezpieczeństwa Personelu (PSS)
 - Aparatura dozymetryczna i elementy zapewniające bezpieczeństwo radiacyjne (RSS)

Funkcjonowanie lasera PoLFEL wymaga dostępu do wszystkich mediów oraz działania szeregu układów i instalacji wspomagających, spośród których na czoło wysuwa się helowy system kriogeniczny służący do chłodzenia i utrzymania w temperaturze nadciekłego helu części składowych akceleratora elektronów. Dostawa i uruchomienie jednego z dwóch głównych komponentów tego systemu – Systemu Schładzania Helu jest przedmiotem niniejszego postępowania.

6. SYSTEM SCHŁADZANIA HELU

6.1. INFORMACJE OGÓLNE

System Schładzania Helu musi zostać zaprojektowany i zbudowany w taki sposób, aby zapewnić możliwość pracy w każdym z niżej opisanych trybów pracy CDS, a co za tym idzie lasera oraz spełniać wymagania techniczne zawarte w dalszej części dokumentu.

Główne elementy System Schładzania Helu to:

- Zespół chłodziarek składający się z chłodziarki podstawowej i chłodziarki uzupełniającej
- Kompresory
- Układ oczyszczania i odolejania helu
- Układ oczyszczania instalacji „purge”
- Układ odzysku i magazynowania helu
- Układ sterowania i kontroli
- Układ pomp próżniowych

6.2. WARUNKI PRACY

Z uwagi na przewidywany tryb użytkowania lasera PolFEL, potrzebę utrzymania w stanie schłodzonym kriomodulów przyspieszających oraz długość trwania doświadczeń prowadzonych za pomocą lasera, System Schładzania Helu musi pracować nieprzerwanie 24 h na dobę przez 7 dni w tygodniu. Jedynym okresem, w którym planowane jest wyłączenie HCS są okresowe przerwy techniczne związane z obsługą i konserwacją samej HCS. Zakłada się przy tym, że ewentualne wyłączenia nie mogą obejmować jednoczesnego wyłączenia z eksploatacji dwóch głównych układów tworzących System Schładzania Helu: chłodziarki podstawowej i chłodziarki uzupełniającej. W ten sposób System Schładzania Helu musi zapewnić w sposób ciągły dostawę do układów lasera helu w ilości i o parametrach niezbędnych przynajmniej do pracy w trybie gotowości (patrz część 6.3 poniżej).

Poza tymi okresami występującymi ok. 1-2 razy do roku i trwającymi jednorazowo do 14 dni, nie planuje się przerw w pracy Systemu Schładzania Helu.

6.3. TRYBY PRACY

System Dystrybucji Kriogenicznej został zaprojektowany w taki sposób, aby umożliwić pracę układu kriogenicznego w następujących trybach pracy:

- **Tryb przedmuchu.** Ten tryb wykorzystywany będzie do usunięcia powietrza i innych zanieczyszczeń ze wszystkich linii CDS i wypełnienia ich helem. Proces będzie polegał na kilkukrotnym, naprzemiennym odpompowywaniu gazu z linii CDS i napełnianiem ich helem do uzyskania żądanej czystości. Tryb ten będzie mógł być wykonywany zarówno dla całego CDS równocześnie, jak i dla pojedynczego kriomodulu wraz z odpowiadającym mu modułem zaworowym.
- **Tryb wychładzania.** Ten tryb wykorzystywany będzie do schłodzenia CDS oraz kriomodulów od temperatury otoczenia do temperatury pracy. Podczas wychładzania, w zależności od potrzeb, realizowany będzie jeden z dwóch scenariuszy:
 - Wychładzanie całego CDS równocześnie
 - Wychładzanie pojedynczego kriomodulu wraz z odpowiadającym mu modułem zaworowym w przypadku, gdy pozostałe elementy CDS są już wychłodzone do temperatury pracy nominalnej.
- **Tryb gotowości.** Ten tryb pracy będzie aktywny w momencie, gdy kriomoduly oraz CDS wychłodzone będą do temperatury pracy (2 K), jednak układ liniaka nie będzie obciążony dynamicznymi dopływami

ciepła. CDS dostarczać będzie z HCS do kriomodulów strumienie helu wystarczające do odebrania z układu wyłącznie statycznych dopływów ciepła.

- **Tryb pracy nominalnej.** W tym trybie CDS dostarczać będzie z HCS do kriomodulów strumienie helu w celu odebrania zarówno statycznych, jak i dynamicznych dopływów ciepła z kriomodulów oraz linii transferowej i modułów zaworowych.
- **Tryb odgrzewania.** Tryb ten wykorzystywany będzie do wygrzania CDS do temperatury otoczenia. Podczas odgrzewania, grzałki umieszczone wewnątrz kriomodulów oraz modułu zawracającego odparowywać będą ciekły hel oraz odgrzewać wszystkie linie CDS. HCS odbierać będzie odparowany hel i magazynować go w gazowych zbiornikach ciśnieniowych. Podczas odgrzewania, w zależności od potrzeb, realizowany będzie jeden z dwóch scenariuszy:
 - Odgrzewanie całego CDS równocześnie
 - Odgrzewanie pojedynczego kriomodułu wraz z odpowiadającym mu modulem zaworowym w przypadku, gdy pozostałe elementy CDS pozostają wychłodzone do temperatury pracy nominalnej.

Poszczególne tryby pracy systemu kriogenicznego PolFEL omówiono poniżej na podstawie przykładowego połączenia modułu zaworowego z kriomodułem (rys. 6.3).



6.3.1. TRYB WYCHŁADZANIA CAŁEGO CDS

Maksymalne dopuszczalne ciśnienie wewnątrz kriomodułów podczas procesu wychładzania wynosi 1300 mbar(a) z tolerancją na wahania w zakresie ± 50 mbar. Wychładzanie CDS będzie przebiegać w pięciu fazach.

Pierwsza faza to schładzanie CDS od temperatury 300 K do temperatury ekranów termicznych (40 K – 70 K). W tej fazie zespół chłodziarek dostarczać będzie hel o kontrolowanym gradiencie temperatury pomiędzy liniami zasilającymi i powrotnymi. Gradient ten nie może przekraczać 30 K, a maksymalna prędkość schładzania nie może być większa niż 30 K/h. Pierwsza faza wykonywana będzie na wszystkich liniach procesowych równocześnie (wliczając w to linię transferową, moduły zaworowe, kriomoduły i moduł zawracający). Pierwsza faza wychładzania będzie się kończyć po wychłodzeniu wszystkich obwodów CDS do temperatury 70 K.

Druga faza wykonywana będzie w celu schłodzenia kriomodułów od temperatury ekranów termicznych (40 K – 70 K) do 15 K. W tej fazie, HCS będzie dostarczać hel o kontrolowanym gradiencie temperatury pomiędzy linią zasilającą helem nadkrytycznym a linią powrotu par w taki sposób, by nie przekroczyć 30 K gradientu temperatur i maksymalnej prędkości schładzania 30 K/h. Począwszy od tej fazy, we wszystkich liniach zasilających oraz powrotnych ekranów termicznych CDS, podawany będzie hel o parametrach nominalnych. Faza ta będzie prowadzona na wszystkich liniach zasilających i wszystkich modułach zaworowych równocześnie, a zakończy się, gdy wszystkie kriomoduły zostaną schłodzone do temperatury 15 K.

Trzecia faza polegać będzie na wychłodzeniu linii zasilania helem nadkrytycznym oraz linii powrotu par wewnątrz linii transferowej do temperatury około 5 K. HCS podawać będzie do linii zasilania helem nadkrytycznym hel o kontrolowanych parametrach, tak by nie przekroczyć maksymalnej prędkości schładzania 30 K/h. Podczas tej fazy, moduły zaworowe będą podawać hel do kriomodułów wyłącznie liniami zasilającymi ekran termiczny. Hel z linii powrotnych ekranu termicznego przekazywany będzie do linii transferowej. Podczas tej fazy wewnątrz kriomodułów może, na skutek dopływów ciepła, wzrastać ciśnienie. W celu utrzymania ciśnienia wewnątrz kriomodułów na stałym poziomie, nadmiar helu odprowadzany będzie linią odzysku (punkt „h” rys. 6.3) do układu odzysku w HCS. Kriomoduły utrzymywane będą w stałej temperaturze 15 K. W przypadku wzrostu temperatury wewnątrz kriomodułów, jej wartość będzie obniżana z wykorzystaniem niewielkiego strumienia helu z linii zasilającej. Faza trzecia zakończy się, gdy linia zasilająca helem nadkrytycznym uzyska parametry nominalne (5 K i 4 bara).

Czwarta faza polega na szybkim schłodzeniu kriomodułów od temperatury 15 K do 5 K. W tej fazie, HCS będzie podawać do linii transferowej hel nadkrytyczny o temperaturze 5 K i ciśnieniu 4 bara. Hel będzie przepływać przez linię zasilającą helem nadkrytycznym wewnątrz linii transferowej do modułu zaworowego (punkt „a” na rys. 6.3). W module zaworowym hel będzie przepływać przez linię intercepu w celu wychłodzenia sprzęgaczy mocy kriomodułu, a następnie będzie powracać do modułu zaworowego. Strumień helu będzie wpływać do linii zalewania omijając wymiennik ciepła, a następnie będzie przepływać przez zawór VBx13, gdzie zostanie zdławiony do ciśnienia 1.1 bara i temperatury 4.3 K. Strumień helu w postaci dwufazowej mieszaniny będzie przepływać bezpośrednio do kriomodułu (punkt „f” na rys. 6.3), schładzając go poprzez odparowanie. Następnie odparowany hel będzie zawracany do modułu zaworowego (punkt „d’ ” rys. 6.3) i ostatecznie linią odzysku (punkt „h” rys. 6.3) powracać do systemu odzysku helu będącego częścią HCS. Masowy przepływ ciekłego helu do kriomodułu nie może być mniejszy niż 8 g/s, aby zapewnić szybkie chłodzenie z prędkością ok. 2 – 3 K na minutę. Ta faza szybkiego chłodzenia będzie wykonywana sekwencyjnie dla jednego kriomodułu na raz. Każdy kriomoduł przed fazą szybkiego wychładzania będzie utrzymywany w stałej temperaturze 15 K. Każdy kriomoduł wychłodzony do temperatury 4.3 K będzie napełniony ciekłym helem i utrzymywany w tej temperaturze do zakończenia fazy czwartej.

Po schłodzeniu wszystkich kriomodułów i wypełnieniu ich ciekłym helem o temperaturze 4.3 K, faza szybkiego wychładzania kończy się i rozpoczyna się faza piąta.

Piąta faza ma na celu obniżenie temperatury ciekłego helu wewnątrz kriomodulów od temperatury 4.3 K do 2 K. Podczas tej fazy nastąpi przejście helu do stanu nadciekłego. W modułach zaworowych przepływy helu w przewodach zasilających zostaną zredukowane do nominalnych 4 g/s. W zespole chłodziarek uruchomione zostaną zimne pompy próżniowe obniżające ciśnienie wewnątrz kriomodulów do 30 mbara. Faza ta prowadzona będzie z wykorzystaniem wszystkich modułów zaworowych i zakończy się, gdy wszystkie kriomoduły zostaną schłodzone do temperatury 2 K i napełnione helem w postaci nadciekłej.

6.3.2. TRYB WYCHŁADZANIA POJEDYNCZEGO KRIOMODUŁU

Maksymalne dopuszczalne ciśnienie wewnątrz kriomodulów podczas procesu wychładzania wynosi 1300 mbar(a) z tolerancją na wahania w zakresie ± 50 mbar. CDS umożliwiać będzie wychłodzenie pojedynczego kriomodułu, wraz z odpowiadającym mu modułem zaworowym w sytuacji, gdy pozostałe elementy CDS utrzymywane będą w temperaturze pracy nominalnej. W tym przypadku, wszystkie wychłodzone elementy CDS znajdować się będą w trybie gotowości opisanym w rozdziale 6.3.3. Wychładzanie pojedynczego kriomodułu będzie przebiegać w czterech fazach.

Pierwsza faza to schładzanie ekranu termicznego kriomodułu. Moduł zaworowy będzie pobierać linią zasilającą ekran termiczny strumień helu z linii transferowej o ciśnieniu 13 bara oraz temperaturze 40 K i będzie go mieszać ze strumieniem helu podawanym przez linię oczyszczania zasilającą (linia „g” na rys. 6.3) tak, aby gradient temperatur pomiędzy linią zasilającą ekran termiczny a powrotną ekranu termicznego nie przekraczał 30 K. Strumień helu po wychłodzeniu ekranu termicznego odbierany będzie linią odzysku (linia „h” na rys. 6.3). Po wychłodzeniu ekranu termicznego do temperatur nominalnych, strumień helu z pętli ekranowej zostanie przekierowany do linii transferowej.

Druga faza będzie wykonywana w celu schłodzenia pozostałych zimnych linii kriomodułu oraz modułu zaworowego od temperatury 300 K do 15 K. HCS będzie dostarczać hel w stanie nadkrytycznym pod ciśnieniem 4 bara i w temperaturze 5 K. Hel będzie przepływać przez linię zasilającą helem nadkrytycznym wewnątrz linii transferowej do modułu zaworowego (punkt „a” na rys. 6.3) gdzie zostanie zmieszany ze strumieniem helu podawanym przez linię oczyszczania zasilającą (linia „j” na rys. 6.3) tak, aby gradient temperatur pomiędzy linią zasilającą (punkt „a” na rys. 6.3) a powrotną (punkt „d” na rys. 6.3) nie przekraczał 30 K. W module zaworowym hel będzie przepływać przez linię intercepu w celu wychłodzenia sprzęgaczy mocy kriomodułu, a następnie będzie powracać do modułu zaworowego. Strumień helu kierowany będzie do linii zalewania „f” (rys. 6.3), omijając wymiennik ciepła i przepływając przez zawór VBx13, gdzie zostanie zdławiony do ciśnienia 1.1 bara. Strumień helu będzie przepływać bezpośrednio do kriomodułu (punkt „f” na rys. 6.3), schładzając go. Następnie strumień helu będzie zwracany do linii odzysku helu (punkty „d” i „h” na rys. 6.3). Faza ta będzie prowadzona do czasu, gdy kriomoduł zostanie schłodzony do temperatury 15 K.

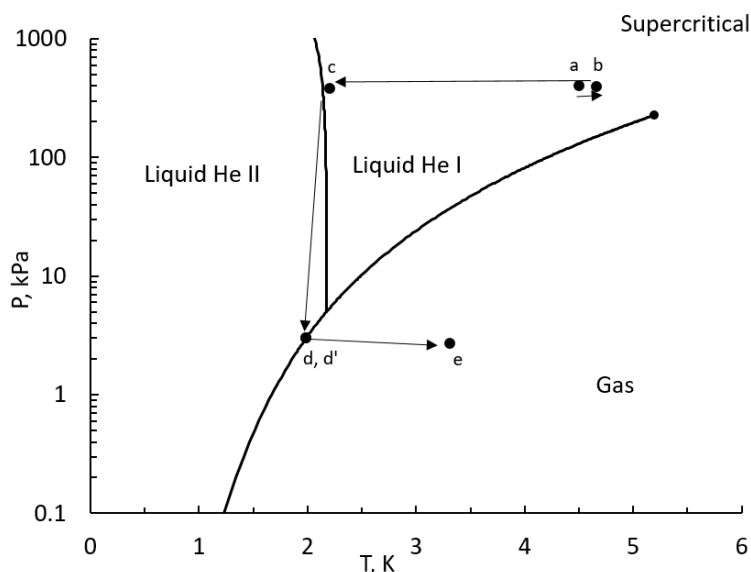
Trzecia faza polega na szybkim schłodzeniu kriomodułu od temperatury 15 K do 5 K. Schemat przepływu helu w module zaworowym jest taki sam jak w fazie drugiej. Jedyną różnicą jest wysoki przepływ helu do schładzanego kriomodułu. W tej fazie w linii „f” (rys. 6.3), pojawiać się będzie przepływ dwufazowy. Masowy przepływ ciekłego helu do kriomodułu nie może być mniejszy niż 8 g/s, aby zapewnić szybkie chłodzenie z prędkością ok. 2 – 3 K na minutę. Po szybkim wychłodzeniu kriomodułu i napełnieniu go ciekłym helem o temperaturze 4.3 K, faza szybkiego wychładzania kończy się i rozpoczyna się faza czwarta.

Czwarta faza ma na celu obniżenie temperatury ciekłego helu wewnątrz schładzanego kriomodułu od temperatury 4.3 K do 2 K. Podczas tej fazy nastąpi przejście helu do stanu nadciekłego. W module zaworowym przepływ helu w przewodach zasilających zostanie zredukowany do nominalnych 4 g/s. Następnie linia odzysku „h” (rys. 6.3) zostanie zamknięta i nastąpi powolne otwarcie zaworu odprowadzającego pary helu do linii

transferowej poprzez linię „e” (rys. 6.3) do czasu obniżenia się ciśnienia w kriomodule do nominalnej wartości (30 mbara).

6.3.3. TRYB GOTOWOŚCI

W trybie gotowości linia „f” (rys. 6.3) zostanie zamknięta, a hel będzie przepływać przez wymiennik ciepła (punkt „c” na rys. 6.3 oraz rys. 6.3.3), gdzie zostanie wstępnie schłodzony, a następnie zdławiony w zaworze Joule-Thompsona (JT). Zdławiony hel zmieni stan na nadciekły i osiągnie temperaturę 2 K i ciśnienie 30 mbara (punkt „d” na rys. 6.3 oraz rys. 6.3.3). Nadciekły hel będzie wpływać do kriomodulu, wypełniając zbiornik dwufazowego helu. Odparowany hel będzie powracać z kriomodulu linią „d’ ” (rys. 6.3) i przepływać przez niskociśnieniową sekcję wymiennika ciepła (punkt „e” na rys. 6.3 oraz rys. 6.3.3). W tym trybie HCS utrzymuje ciśnienie wewnątrz kriomodulów na stałym poziomie 30 mbara.



Rysunek 6.3.3. Wykres T-S przemian helu podczas trybu gotowości oraz trybu pracy nominalnej. Punkty a, b, c, d, d’ oraz e odpowiadają punktom na rys. 6.3.

Podczas trybu gotowości, do CDS dopływają jedynie statyczne dopływy ciepła.

6.3.4. TRYB PRACY NOMINALNEJ

Z termodynamicznego punktu widzenia tryb pracy nominalnej podobny jest do trybu gotowości. Jedyną różnicą jest to, że w nominalnym trybie pracy HCS zwiększa przepływ helu do linii zasilającej, aby uwzględnić nie tylko statyczne, ale również dynamiczne dopływy ciepła do kriomodulów. Hel zostanie dostarczony do kriomodulu działu 5 kriomodulów przyspieszających oraz jednego kriomodulu testowego. W przypadku braku możliwości regulacji strumienia helu podawanych przez HCS, nadmiar helu w każdej fazie przepływać będzie przez moduł zawracający.

Maksymalne dopuszczalne obciążenia cieplne dla CDS oraz kriomodulów pokazano w tabeli 4.4. Wartości dopływów ciepła oszacowano biorąc pod uwagę ekrany termiczne, izolacje termiczne i radiacyjne, zawory, podpory stałe i przesuwne, bariery próżniowe i oprzyrządowanie pomiarowe.

6.3.5. TRYB ODGRZEWANIA POJEDYNCZEGO KRIOMODUŁU

Maksymalne dopuszczalne ciśnienie wewnątrz kriomodułów podczas procesu odgrzewania wynosi 1300 mbar(a) z tolerancją na wahania w zakresie ± 50 mbar. Odgrzewanie pojedynczego kriomodułu wraz z modułem zaworowym będzie przebiegać w trzech fazach.

Pierwsza faza polegać będzie na odparowaniu ciekłego helu z kriomodułu. Linia zasilająca helem nadkrytycznym zostanie zamknięta. Następnie za pomocą grzałek znajdujących się wewnątrz kriomodułu nastąpi odparowanie helu nadciekłego zgromadzonego w kriomodule. Pary helu zostaną odprowadzone do HCS linią powrotu par wewnątrz linii transferowej.

Druga faza polegać będzie na obniżeniu ciśnienia w liniach ekranowych do ciśnienia 1.1 bara oraz na podniesieniu ciśnienia w kriomodule do ciśnienia 1.1 bara. Obniżenie ciśnienia w liniach ekranowych realizowane będzie poprzez odprowadzenie nadmiaru helu do linii odzysku (linia „h” na rys. 6.3). Podwyższanie ciśnienia w kriomodule polegać będzie na powolnym podwyższaniu temperatury kriomodułu przy zamkniętych zaworach na liniach zasilających i powrotnych.

Trzecia faza polegać będzie na odgrzewaniu wszystkich linii modułu zaworowego i kriomodułu wraz z odbiorem strumienia helu do linii odzysku (linia „h” oraz „i” na rys. 6.3). Podczas etapu odgrzewania tempo zmian temperatury nie może być wyższe niż 30 K/h.

6.3.6. TRYB ODGRZEWANIA CAŁEGO CDS

Maksymalne dopuszczalne ciśnienie wewnątrz kriomodułów podczas procesu odgrzewania wynosi 1300 mbar(a) z tolerancją na wahania w zakresie ± 50 mbar. Odgrzewanie CDS będzie przebiegać w dwóch fazach.

Pierwsza faza polegać będzie na podwyższeniu ciśnienia wewnątrz linii powrotu par oraz kriomodułów do ciśnienia 1.1 bara. Realizowane to będzie poprzez wyłączenie zimnych kompresorów HCS.

Druga faza wykonywana będzie w celu odgrzania kriomodułów do temperatury 300 K. W tej fazie HCS dostarczać będzie hel o kontrolowanym gradiencie temperatury pomiędzy liniami zasilającymi i powrotnymi. Gradient nie może przekraczać 30 K, a prędkość odgrzewania 30 K/h. Hel z linii powrotnych przekazywany będzie linią transferową do HCS. Faza ta realizowana będzie równocześnie dla wszystkich zimnych rur procesowych CDS.

6.3.7. TRYB PRACY PODCZAS SERWISU CHŁODZIARKI PODSTAWOWEJ

Podczas awarii, bądź serwisu chłodziarki podstawowej, jej rolę przejmuje chłodziarka uzupełniająca. Musi ona pozwolić na utrzymanie trybu gotowości układu CDS dostarczając moc chłodniczą do kompensowania statycznych dopływów ciepła do CDS (patrz rozdział 6.3.3).

6.4. STEROWANIE MOCĄ HCS

Z uwagi na zmienne obciążenie lasera i tryby pracy wymaga się, aby System Schładzania Helu umożliwiał płynną regulację strumienia helu w zakresie pomiędzy 60% a 100% wartości nominalnych

6.5. STRUMIENIE MASY HELU

Na różnych etapach eksploatacji lasera, ilość kriomodułów oraz modułów zaworowych będzie ulegać zmianie. Po ostatecznej rozbudowie system będzie się składać z następujących elementów:

- kriomoduł działa
- 6 kriomodułów przyspieszających
- 1 kriomoduł testowy

- 8 modułów zaworowych
- moduł zawracający
- linia transferowa (ok 83 m)

W celu zaspokojenia potrzeb CDS w takim układzie, **podczas trybu pracy nominalnej**, wymagane są następujące strumienie helu:

- 35.5 g/s helu w temp. 5K i ciśnieniu 4 bara – do chłodzenia struktur kriomodułów
- 24.5 g/s helu w temp. 40K i ciśnieniu 13 bara – do chłodzenia ekranów termicznych

Powyższe strumienie helu odnoszące się do trybu pracy nominalnej są maksymalnymi oczekiwanymi strumieniami podczas całej pracy urządzenia. Nie jest spodziewane wymaganie wyższych strumieni w żadnym z trybów pracy.

Jako, że dodatkowa chłodziarka nie jest przeznaczona wyłącznie do testowania jednego kriomodułu oraz do utrzymywania CDS w trybie gotowości, najbardziej wymagającą operacją, która może wpłynąć na jej wydajność, jest szybkie schładzanie pojedynczego kriomodułu. Jak zaznaczono w rozdziale 6.5, HCS podczas fazy szybkiego schładzania kriomodułu musi dostarczać przepływ helu w stanie nadkrytycznym (temperatura 5 K i ciśnienie 4 bar(a)) do schładzanego kriomodułu z szybkością nie mniejszą niż 12 g/s.

System Schładzania Helu musi pozwolić na dostarczenie takich strumieni odpowiednimi liniami zasilającymi wewnątrz linii transferowej. Powrót helu do HCS nastąpi liniami powrotnymi wewnątrz linii transferowej.

Podczas etapów wychładzania oraz odgrzewania, System Schładzania Helu musi dostarczyć strumienie helu w celu zapewnienie rozsądnej prędkości wychładzania/odgrzewania CDS, tak by prędkość zmian temperatury nie przekroczyła 30 K/h.

Podczas trybu wychładzania/odgrzewania całego CDS równocześnie, System Schładzania Helu dostarczać będzie hel liniami zasilającymi wewnątrz linii transferowej. Powrót helu do HCS nastąpi liniami powrotnymi wewnątrz linii transferowej (patrz rozdział 6.3).

W przypadku trybu wychładzania / odgrzewania pojedynczego kriomodułu, System Schładzania Helu dostarczać będzie hel o nominalnych parametrach poprzez linię transferową do wychłodzonego CDS. Dodatkowo dostarczać będzie, zasilającą linią oczyszczania, hel w temperaturze otoczenia. Oba strumienie (zimnego helu z linii zasilającej wewnątrz linii transferowej, oraz helu w temperaturze otoczenia), będą mieszane wewnątrz modułu zaworowego w celu uzyskania odpowiedniego gradientu temperatur podczas wychładzania/wygrzewania. Hel po wychłodzeniu kriomodułu będzie powracać do systemu odzysku HCS linią odzysku (patrz rozdział 6.3).

Przy założeniu stałej, maksymalnej prędkości wychładzania, maksymalny strumień masy helu ulegać będzie zmianie. Poniżej w tabelach 6.4.1 – 6.4.3 przedstawiono maksymalne strumienie helu na początku etapów wychładzania (temp. 270 K).

Tabela 6.4.1. Szacunkowa masa linii transferowej wraz z modułem zawracającym oraz maksymalny strumień helu podczas etapu wychładzania

Linia transferowa + moduł zawracający	Masa [kg]	Strumień helu [g/s] (T=270 K)
Linia zasilania helem nadkrytycznym + Linia powrotu par	1 600	43
Linia zasilania + Linia powrotna ekranów termicznych	1 600	77

Tabela 6.4.2. Szacunkowa masa pojedynczego kriomodułu wraz z modułem zaworowym oraz maksymalny strumień helu podczas etapu wychładzania

Moduł zaworowy + kriomoduł	Masa [kg]	Strumień helu [g/s] (T=270 K)
Linia zasilania helem nadkrytycznym + Linia powrotu par	250	7
Linia zasilania + Linia powrotna ekranów termicznych	220	11

Tabela 6.4.3. Szacunkowa masa całego CDS oraz maksymalny strumień helu podczas etapu wychładzania

CDS	Masa [kg]	Strumień helu [g/s] (T=270 K)
Linia zasilania helem nadkrytycznym + Linia powrotu par	3 350	92
Linia zasilania + Linia powrotna ekranów termicznych	3 140	154

Dodatkowo, każdy kriomoduł wymagać będzie strumienia 8 g/s helu ciekłego w celu szybkiego schłodzenia od temperatury 15 K do 5 K (patrz rozdział 6.3.1 oraz 6.3.2) z prędkością 2 – 3 K/min.

W celu zapewnienia takiej prędkości wychładzania, HCS, podczas fazy szybkiego wychładzania kriomodulu, musi dostarczyć strumień helu nadkrytycznego (5 K, 4 bara) nie mniejszy niż 12 g/s helu do wychładzanego kriomodulu, zapewniając równocześnie odpowiedni strumień helu w celu utrzymania pozostałych elementów CDS w stałej temperaturze.

6.6. ZUŻYCIE CIEKŁEGO AZOTU

Maksymalne zużycie ciekłego azotu przez System Schładzania Helu do poprawy wydajności nie może przekraczać 63 kg/h. Wykonawca powinien dążyć do wszelkich starań, aby zminimalizować zużycie ciekłego azotu.

Wykonawca po oszacowaniu niezbędnej ilości ciekłego azotu powinien oszacować wielkość i typ zbiornika magazynowego przy założeniu, że tankowanie zbiornika będzie się odbywać raz w tygodniu.

Miejsce posadowienia zbiornika przedstawia rysunek 8b.

6.7. INNE PODSYSTEMY

6.7.1. INFORMACJE OGÓLNE

System Schładzania Helu na potrzeby działania układu musi być wyposażony m.in. w poniższe podsystemy wspomagające prace zarówno Systemu Schładzania Helu, jak i poprawną pracę całego CDS.

Obliczenia, projekt i dobór urządzeń spoczywa na Wykonawcy.

6.7.2. UKŁAD OCZYSZCZANIA I ODOLEJANIA HELU

Układ oczyszczania helu służy do usunięcia zanieczyszczeń znajdujących się w przestrzeni procesowej powstałych podczas prac instalacyjnych oraz w skutek działania całego systemu kriogenicznego. Zanieczyszczenia te mogą mieć charakter zanieczyszczeń stałych (opilki, pył, kurz itp.), cieczy (olej, woda), gazowy (inne gazy niż hel). Szczególnie niepożądanym zanieczyszczeniem jest olej pochodzący z pracy kompresorów.

Układ oczyszczania musi umożliwić usunięcie zanieczyszczeń w stopniu gwarantującym prawidłową pracę całego Systemu kriogenicznego PolFEL.

Układ oczyszczania i odolejania musi mieć możliwość pomiaru stopnia zużycia elementów eksploatacyjnych takich jak filtry czy sorbenty. W przypadku ich nadmiernego zużycia, układ oczyszczania i odolejania musi pozwolić na łatwe i szybkie przywrócenie parametrów oczyszczania do poziomu nominalnego poprzez wymianę lub regenerację wszystkich materiałów zużywalnych.

6.7.3. UKŁAD OCZYSZCZANIA INSTALACJI: „PURGE”

Układ oczyszczania tzw. „Purge” służy do usuwania z przestrzeni procesowej instalacji CDS wszelkich zanieczyszczeń w postaci gazów innych niż hel. Jego działanie polega na minimum trzykrotnym odpompowaniu próżni z przestrzeni procesowych i wypełnieniu jej helem. Proces purge musi być realizowany przed pierwszym uruchomieniem instalacji oraz każdorazowo w przypadku zapowietrzenia instalacji, np. podczas naprawy któregoś z modułów, wymiany modułu testowego, regeneracji modułu działa lub innych prac.

Parametry układu oczyszczania:

- Poziom próżni: 1×10^{-2} mbara
- Ciśnienie helu: 1.1 bara

6.7.4. UKŁAD ODZYSKU I MAGAZYNOWANIA HELU

Układ odzysku helu służy magazynowaniu i uzdatnianiu strumienia helu powracającego z CDS w przypadku, gdy parametry termodynamiczne tego strumienia nie pozwalają na jego bezpośrednie przekazanie do głównego obiegu Systemu Schładzania. Poprzez uzdatnianie, rozumie się doprowadzenie helu do takich parametrów ciśnienia i temperatury, by mógł być przekazany do głównego obiegu Systemu Schładzania. Układ odzysku podłączony będzie z linią odzysku wewnątrz linii transferowej CDS.

Strumienie helu, które musi zagospodarować układ odzysku:

- Powrót helu z chłodzenia ekranów termicznych pojedynczego kriomodulu - pierwsza faza wychładzania pojedynczego kriomodulu (patrz rozdział 6.3.2).
Parametry strumienia helu: temperatura: 70 – 300 K, ciśnienie: 13 bara, strumień: 11 g/s
- Powrót helu z chłodzenia wnek pojedynczego kriomodulu - druga faza wychładzania pojedynczego kriomodulu (patrz rozdział 6.3.2).
Parametry strumienia helu: temperatura: 15 – 300 K, ciśnienie: 1.4 bara, strumień: 7 g/s
- Powrót helu z chłodzenia wnek pojedynczego kriomodulu podczas etapu szybkiego wychładzania wnek – trzecia faza wychładzania pojedynczego kriomodulu (patrz rozdział 6.3.2).
Parametry strumienia helu: temperatura: 4 – 5 K, ciśnienie: 1.4 bara, strumień: 10 g/s
- Strumień helu z zaworów bezpieczeństwa całego CDS w przypadku kontrolowanego upuszczania nadmiaru helu z instalacji CDS bądź w przypadku zaniku energii elektrycznej – powolne odgrzewania się Systemu Dystrybucji Kriogenicznej.
Parametry strumienia helu: temperatura: 4 – 300 K, ciśnienie maksymalne: 20 bara, maksymalny strumień: 20 g/s.

Podczas etapów wychładzania, ze względu na trudną do oszacowania, sumaryczną objętość strumienia helu system odzysku musi działać, jako zbiornik buforowy pomiędzy linią transferową CDS a głównym obiegiem Systemu Schładzania Helu.

System odzysku musi być w stanie zmagazynować co najmniej 131 kg helu przy maksymalnym strumieniu 20 g/s – to jest cały hel zgromadzony w Systemie Dystrybucji Kriogenicznej oraz w kriomodułach.

6.8. INTERKONEKCJE

System Schładzania Helu będzie połączony z liniami CDS w punktach wykazanych poniżej. Za proces podłączenia odpowiada dostawca CDS. Ponieważ proces projektowania i dostawy zarówno CDS jak i Systemu Schładzania Helu będzie biegł równolegle, dlatego wymagana jest ścisła współpraca pomiędzy Wykonawcą Systemu Schładzania Helu, dostawcą CDS i Zamawiającym w celu uniknięcia rozbieżności technicznych. Nominalny rozmiar rur zostanie potwierdzony Wykonawcy przez dostawcę CDS. Wyróżnia się następujące interkonekcje:

- IC1 – połączenie zespołu chłodziarek z linią transferową CDS (punkt 4.2)
- ICR – połączenie HCS z linią odzysku helu
- ICPI – połączenie HCS z linią oczyszczania zasilającą
- ICPO – połączenie HCS z linią oczyszczania powrotną
- ICHG – połączenie HCS z linią osłony helowej

Dodatkowo System Schładzania Helu musi posiadać podłączenia do:

- Zbiornika ciekłego azotu
- Zbiorników na hel gazowy
- Instalacji elektrycznej
- Układu powietrza procesowego
- Układu wody chłodzącej
- Inne, określone przez Dostawcę

Powyższe interkonekcje i podłączenia muszą zostać opisane przez Dostawcę pod względem technicznym i zapotrzebowania na media, oraz przekazane Zamawiającemu na etapie Preliminary Design Review (PDR) (Tabele 19.1 i 19.2).

6.9. PODSUMOWANIE NAJWAŻNIEJSZYCH WYMAGAŃ PROCESOWYCH

Układ chłodzenia będzie się składać z dwóch niezależnych chłodziarek helu (chłodziarki podstawowej i chłodziarki uzupełniającej) oraz wszelkich urządzeń pomocniczych. Zakres dostawy opisano w rozdziale 16.

Układ chłodzenia helowego podawać musi do linii transferowej dwa niezależne strumienie helu:

- Strumień helu nadkrytycznego o temperaturze 5 K i ciśnieniu 4 bara wykorzystywany będzie do termalizacji sprzęgaczy mocy oraz do chłodzenia wnęk rezonansowych kriomodułów. W warunkach pracy nominalnej wymagany strumień helu nadkrytycznego wynosi 35.5 g/s. Strumień ten, po wychłodzeniu kriomodułów powracać będzie do HCS w postaci par helu. Zimne kompresory odpowiedzialne będą za utrzymywanie ciśnienia w linii powrotu par helu na poziomie nie wyższym niż 27 mbara przy zapewnieniu stabilności tego ciśnienia na poziomie $\pm 100 \mu\text{bar}$.
- Strumień helu ekranowego o temperaturze 40 K i ciśnieniu 13 bara wykorzystywany będzie do chłodzenia ekranów termicznych całego Systemu Dystrybucji Kriogenicznej. W warunkach pracy nominalnej wymagany strumień helu ekranowego wynosi 24.5 g/s.

Podane strumienie przedstawione zostały dla warunków nominalnych, w przypadku innych warunków zapotrzebowanie na hel może się różnić.

Biorąc pod uwagę różne tryby pracy CDS oraz margines bezpieczeństwa, maksymalne, całkowite dopływy ciepła szacuje się na poziomie:

- 520 W na poziomie temperatur 2K (linia zasilająca oraz wnęki kriomodulów):
- 120 W na poziomie temperatur 5K (linia zasilająca oraz sprzęgacze mocy kriomodulów)
- 560 W na poziomie temperatur 40 – 80 K (ekrany termiczne)

Wskazane powyżej zapotrzebowanie na strumienie helu oraz dopływy ciepła musi być w pełni zaspokojone przez chłodziarkę podstawową. Chłodziarka uzupełniająca pełnić ma w Systemie docelowym rolę jedynie pomocniczą, zastępując chłodziarkę podstawową (w ograniczonym zakresie) w momentach jej wyłączenia i/lub uzupełniając ją w przypadkach zapotrzebowania wykraczającego poza zapotrzebowanie nominalne.

7. ILOŚĆ HELU W SYSTEMIE KRIOGENICZNYM POLFEL

Całkowitą ilość helu będącego w obiegu Systemu Kriogenicznego PolFEL można podzielić na trzy sekcje zgodnie z rys. 3.1:

- Ilość helu w Systemie Schładzania Helu wraz ze zbiornikami magazynującymi
- Ilość helu w CDS (linia transferowa, moduły zaworowe, moduł zawracający)
- Ilość helu w kriomodulach

Ilość helu znajdującego się w CDS wraz z kriomodułami została przedstawiona w tabelach 7.1 i 7.2, natomiast ilość helu znajdującego się w Systemie Schładzania Helu, musi zostać zdefiniowana przez dostawcę HCS (uwzględniając w tym wielkość zbiorników magazynowych) i przekazana Zamawiającemu na etapie PDR. Na podstawie obliczeń niezbędnej ilości helu potrzebnego do pracy Systemu Schładzania Helu, dostawca HCS zobowiązany jest do oszacowania wielkości zbiorników na ciekły hel, hel gazowy i innych, które to wielkości pomogą przygotować Zamawiającemu fundamenty pod posadowienie zbiorników i zabezpieczyć niezbędną powierzchnię dla ich bezpiecznego użytkowania.

Tabela 7.1. Maksymalna ilość helu w CDS – tryb wychładzania

Element	Linia	Średnica [mm]	Długość [m]	Objętość [m ³]	Temp [K]	Ciśnienie [bara]	Gęstość [kg/m ³]	Masa helu [kg]
Linia transferowa	Linia zasilania helem nadkrytycznym	33.7	82	0.073	5	4	124.25	9.09
	Linia powrotu par	168.3	82	1.824	4.5	1.3	22.03	40.19
	Linia zasilania ekranu termicznego	26.9	82	0.047	40	13	15.12	0.70
	Linia powrotna ekranu termicznego	26.9	82	0.047	50	13	12.13	0.57
Linie pomocnicze	Linia oczyszczania zasilająca	33.7	82	0.073	300	1	0.16	0.01
	Linia oczyszczania powrotna	60.3	82	0.234	300	1	0.16	0.04

		Linia odzysku	88.9	82	0.509	300	1	0.16	0.08
		Linia osłony helowej	33.7	82	0.073	300	1	0.16	0.01
Moduły zaworowe (8 szt.)	Linie procesowe	Linia zasilania helem nadkrytycznym	21.3	4	0.001	5	4	124.25	1.42
		Linia powrotu par	60.3	6	0.017	4.5	1.3	22.03	3.02
		Linia interceptowa	21.3	12	0.004	5	4	124.25	4.25
		Linia zasilania helem 2K	21.3	3	0.001	4.3	1.3	124.83	1.07
		Linia zalewania	21.3	6	0.002	4.3	1.3	124.83	2.14
		Linia zasilania ekranu termicznego	21.3	4	0.001	40	13	15.12	0.17
		Linia powrotna ekranu termicznego	21.3	8	0.003	50	13	12.13	0.28
	Linie pomocnicze	Linia oczyszczania zasilająca	21.3	6	0.002	300	1	0.16	0.00
		Linia oczyszczania powrotna	33.7	8	0.007	300	1	0.16	0.01
		Linia odzysku	60.3	6	0.017	300	1	0.16	0.02
		Linia osłony helowej	13.5	6	0.001	300	1	0.16	0.00
	Moduł zawracający	Linie procesowe	Linia zasilania helem nadkrytycznym	33.7	4	0.004	5	4	124.25
Linia powrotu par			88.9	6	0.037	4.5	1.3	22.03	0.82
Linia zasilania helem 2K			21.3	3	0.001	4.3	1.3	124.83	0.13
Linia zalewania			21.3	6	0.002	4.3	1.3	124.83	0.27
Linia zasilania ekranu termicznego			26.9	4	0.002	40	13	15.12	0.03
Linia powrotna ekranu termicznego			26.9	8	0.005	50	13	12.13	0.06
Separator faz			TBD	TBD	0.025	4.3	1.3	124.83	3.12
Linie pomocnicze		Linia oczyszczania zasilająca	21.3	6	0.002	300	1	0.16	0.00
		Linia oczyszczania powrotna	33.7	8	0.007	300	1	0.16	0.00
		Linia odzysku	60.3	6	0.017	300	1	0.16	0.00
		Linia osłony helowej	13.5	6	0.001	300	1	0.16	0.00
Kriomoduły (8 szt.)		Linie procesowe	Linia powrotu par	72	3	0.012	4.5	1.3	22.03
	Linia interceptowa		10	10	0.001	5	4	124.25	0.78
	Linia zasilania helem 2K		10	3	0.000	4.3	1.3	124.83	0.24
	Linia zalewania		10	6	0.000	4.3	1.3	124.83	0.47
	Linia zasilania ekranu termicznego		10	4	0.000	40	13	15.12	0.04
	Linia powrotna ekranu termicznego		10	8	0.001	50	13	12.13	0.06
	Separator faz		TBD	TBD	0.060	4.3	1.3	124.83	59.92
								Suma	131.60

Tabela 7.2. Ilość helu w CDS w trybie pracy nominalnej

Element		Linia	Średnica [mm]	Długość [m]	Objętość [m3]	Temp [K]	Ciśnienie [bara]	Gęstość [kg/m3]	Masa helu [kg]
Linia transferowa		Linia zasilania helem nadkrytycznym	33.7	82	0.073	5	4	124.25	9.09
		Linia powrotu par	168.3	82	1.824	2	0.03	0.76	1.38
		Linia zasilania ekranu termicznego	26.9	82	0.047	40	13	15.12	0.70
		Linia powrotna ekranu termicznego	26.9	82	0.047	50	13	12.13	0.57
Linie pomocnicze		Linia oczyszczania zasilająca	33.7	82	0.073	300	1	0.16	0.01
		Linia oczyszczania powrotna	60.3	82	0.234	300	1	0.16	0.04
		Linia odzysku	88.9	82	0.509	300	1	0.16	0.08
		Linia osłony helowej	33.7	82	0.073	300	1	0.16	0.01
Moduły zaworowe (8 szt.)	Linie procesowe	Linia zasilania helem nadkrytycznym	21.3	4	0.001	5	4	124.25	1.42
		Linia powrotu par	60.3	6	0.017	2	0.03	0.76	0.10
		Linia interceptowa	21.3	12	0.004	5	4	124.25	4.25
		Linia zasilania helem 2K	21.3	3	0.001	1.9	0.03	145.53	1.24
		Linia zalewania	21.3	6	0.002	2	0.03	0.76	0.01
		Linia zasilania ekranu termicznego	21.3	4	0.001	40	13	15.12	0.17
		Linia powrotna ekranu termicznego	21.3	8	0.003	50	13	12.13	0.28
	Linie pomocnicze	Linia oczyszczania zasilająca	21.3	6	0.002	300	1	0.16	0.00
		Linia oczyszczania powrotna	33.7	8	0.007	300	1	0.16	0.01
		Linia odzysku	60.3	6	0.017	300	1	0.16	0.02
		Linia osłony helowej	13.5	6	0.001	300	1	0.16	0.00
	Moduł zawracający	Linie procesowe	Linia zasilania helem nadkrytycznym	33.7	4	0.004	5	4	124.25
Linia powrotu par			88.9	6	0.037	2	0.03	0.76	0.03
Linia zasilania helem 2K			21.3	3	0.001	1.9	0.03	145.53	0.16
Linia zalewania			21.3	6	0.002	2	0.03	0.76	0.00
Linia zasilania ekranu termicznego			26.9	4	0.002	40	13	15.12	0.03
Linia powrotna ekranu termicznego			26.9	8	0.005	50	13	12.13	0.06
Separator faz			TBD	TBD	0.025	1.9	0.03	145.53	3.64
Linie pomocnicze		Linia oczyszczania zasilająca	21.3	6	0.002	300	1	0.16	0.00
		Linia oczyszczania powrotna	33.7	8	0.007	300	1	0.16	0.00
		Linia odzysku	60.3	6	0.017	300	1	0.16	0.00
		Linia osłony helowej	13.5	6	0.001	300	1	0.16	0.00
K			Linia powrotu par	72	3	0.012	2	0.03	0.76

Linie procesowe	Linia interceptowa	10	10	0.001	5	4	124.25	0.78
	Linia zasilania helem 2K	10	3	0.000	1.9	0.03	145.53	0.27
	Linia zalewania	10	6	0.000	2	0.03	0.76	0.00
	Linia zasilania ekranu termicznego	10	4	0.000	40	13	15.12	0.04
	Linia powrotna ekranu termicznego	10	8	0.001	50	13	12.13	0.06
	Separator faz	TBD	TBD	0.060	1.9	0.03	145.53	69.85
							Suma	94.84

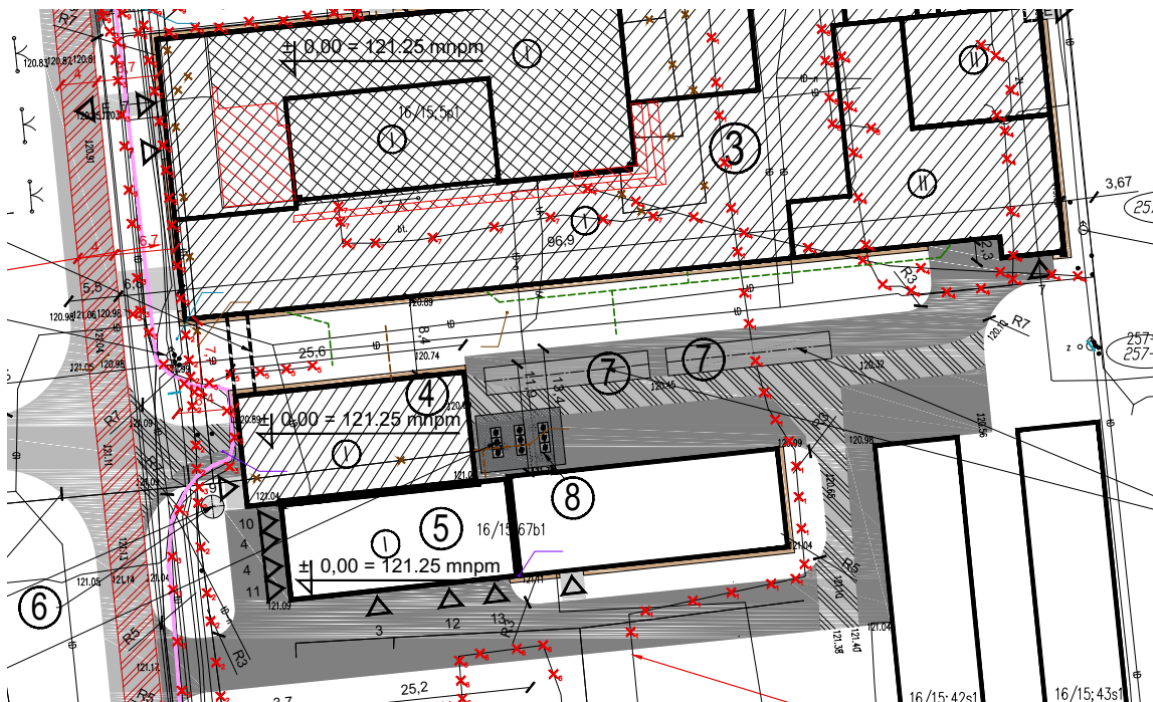
8. OGRANICZENIA PRZESTRZENNE SYSTEMU SCHŁADZANIA HEŁU

8.1. INFORMACJE OGÓLNE

Urządzenia HCS zostaną zainstalowane w specjalnie do tego celu przeznaczonej przestrzeni usytuowanej na południe od głównego budynku osłonowego akceleratora PolFEL i obejmującej:

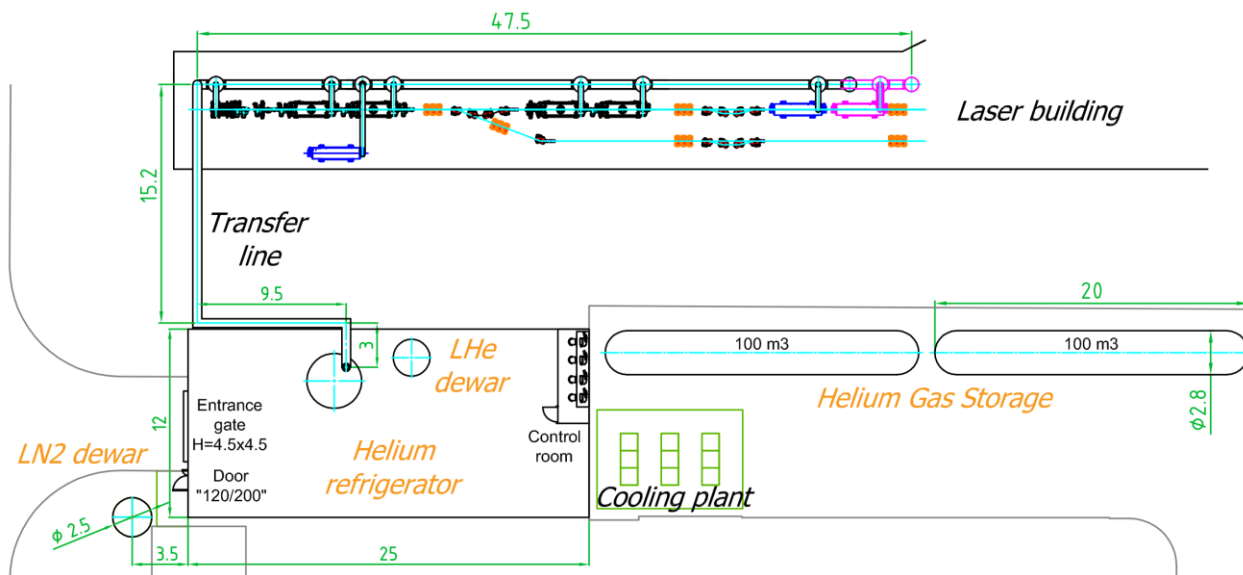
- Nowo budowany budynek chłodziarki.
- Teren przyległy do budynku w kierunku zachodnim i południowym o powierzchni ok 600 m² – przeznaczony na zbiorniki ciekłego azotu oraz zbiorniki helu gazowego.
- Przebudowaną część istniejącego budynku 67 przeznaczoną na potrzeby niezbędnego zaplecza technicznego budynku chłodziarki (stacja transformatorowa z dwoma transformatorami, pomieszczenie na urządzenia UPS, pomieszczenie agregatu prądotwórczego wraz z magazynem paliwa oraz pomieszczenie dla urządzeń instalacji chłodniczej niwelacji zysków ciepła z linii kriogenicznej).

Wzajemne położenie poszczególnych elementów przestrzeni Systemu Schładzania Helu oraz pozostałych budynków infrastruktury PolFEL ilustruje Rys. 8.1.



Rysunek 8.1. Mapa pogładowa ilustrująca położenie budynków przeznaczonych na potrzeby HCS i ich usytuowanie względem innych budynków PolFELa: 3 – główny budynek osłonowy akceleratora PolFEL, 4 – budynek chłodziarki, 5 – budynek zaplecza technicznego chłodziarki, 6 – przestrzeń na zachód od budynku chłodziarki przeznaczona pod zbiornik ciekłego azotu, 7 – przestrzeń na wschód od budynku chłodziarki przeznaczona pod zbiorniki buforowe/magazynowe helu, 8 – wieże chłodnicze

Bardziej szczegółowy widok budynku chłodziarki i jego otoczenia przedstawia Rys. 8.2.



Rysunek 8.2. Ograniczenia przestrzenne Systemu Schładzania Helu

Szczegółowe rysunki ograniczeń przestrzennych Systemu Schładzania Helu zostaną dostarczone przez Zamawiającego podczas Kick of Meeting (KOM) (tabela 19.1 i 19.2).

8.2. BUDYNEK CHŁODZIARKI

Budynek chłodziarki (obecnie na etapie projektowania) będzie jednonawową halą zlokalizowaną około 8,4m na południe od budynku osłonowego akceleratora PolFEL. Będzie on przeznaczony wyłącznie na potrzeby instalacji chłodziarek helowych i towarzyszyć mu będzie magazyn gazów technologicznych (azot i hel), a także lokalna instalacja schładzająca wodę techniczną z wykorzystywaną do procesu schładzania helu.

Budynek chłodziarki zostanie połączony z budynkiem osłonowym akceleratora PolFEL dedykowaną estakadą, po której będzie poprowadzona m.in. linia transferowa Systemu Dystrybucji Helu (CDS). Budynek będzie posiadał bramę wjazdową o wymiarach 4.5 x 4.5 m umieszczoną w jego zachodniej ścianie.

Podstawowe parametry budynku chłodziarki:

- Długość: 25.6 m
- Szerokość: 12.6 m
- Wysokość: 11.4 m
- Powierzchnia: 317.60 m²
- Kubatura: 3 525.36 m³
- Zaplecze techniczne dla budynku chłodziarki: 275.79 m²

Informacje szczegółowe o budynku chłodziarki:

- Konstrukcja

Hala jednonawowa czteroprzęsłowa w konstrukcji stalowej. Układ nośny w postaci kratownicy połączonej słupami. Poszczególne układy nośne połączone są ze sobą stężeniami z prętów pełnych. Płatwie zaprojektowano, jako belki jednoprzęsłowe oparte na kratownicach i ryglach zewnętrznych głównych.

- Ściany
Obudowa hali wykonana na podkonstrukcji stalowej i obudowana z płyty warstwowych wypełnionych izolacją PIR o grubości 20 cm, oraz z rdzeniem z wełny mineralnej. Od strony zachodniej w ścianie szczytowej brama wjazdowa o wymiarach 4.5 x 4.5 m.
- Dach
Pokrycie dachu, jednospadowe wykonane z płyt warstwowych wypełnionych izolacją PIR o grubości 20 cm. Płatwie zaprojektowano, jako belki jednoprzęsłowe oparte na kratownicach i ryglach zewnętrznych głównych.
- Suwnica
W hali przewidziano konieczność wykonania suwnicy o udźwigu do 6 t o rozpiętości ok 11 m, poruszającej się wzdłuż osi głównej hali. Hak suwnicy na wysokości 8.5 m powyżej poziomu posadzki.
- Fundamenty
Budynek chłodziarki posadowiony będzie na żelbetowych stopach fundamentowych o przekroju 200 x 200 x 40 cm i belkach podwalinowych. Fundamenty zaprojektowano z betonu C30/37 zbrojone stalą $f_{yk}=500$ MPa klasy B lub C. Pod stopami fundamentowymi zostanie wykonany beton podkładowy o gr. 10 cm, klasy min. C8/10.
- Zabezpieczenia antywibracyjne
W budynku chłodziarki przewidziano fundamenty i pasywne zabezpieczenia antywibracyjne pod zaprojektowane maszyny i urządzenia technologiczne Systemu Schładzania Helu. Ich parametry zostaną określone na podstawie projektu technicznego Systemu Schładzania i dostosowane do niego.
- Media
Przewidziano zasilanie budynku chłodziarki ze stacji transformatorowej 15/0.4 i rozdzielni NN zlokalizowanej w przylegających pomieszczeniach budynku 67 o mocy 1.6 kVA. Na potrzeby chłodzenia instalacji HCS przewidziano dostarczanie wody chłodzącej. Instalacje zaopatrujące obiekt w wodę chłodzącą poprowadzone zostaną po estakadzie łączącej budynek z budynkiem osłonowym akceleratora PolFEL. Chłodzenie będzie realizowane przez system chłodni wentylatorowych o łącznej mocy om 3 x 300 kW, zlokalizowanych poza budynkiem (na wschód od niego i na północ od budynku 67). Dodatkowo dla celów chłodniczych w instalacji wentylacji i klimatyzacji przewidziano agregat wody lodowej. Dokładne parametry instalacji chłodniczej zostaną dostosowane do projektu technicznego HCS.

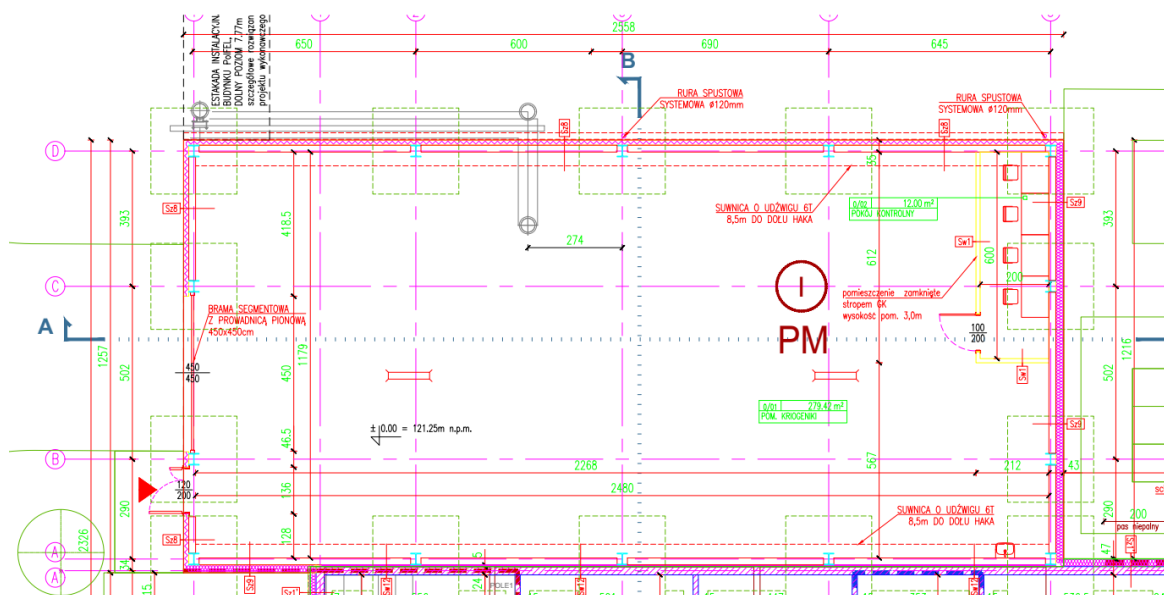
Przewidziano lokalną instalację sprężonego powietrza na potrzeby technologiczne.

Przewidziano wyposażenie budynku w okablowanie IT i przyłącze do sieci teleinformatycznej. Ich konkretne rozmieszczenie zostanie określone po wspólnym ustaleniu optymalnego położenia mediów na etapie projektu technicznego.

Ciekły azot na potrzeby HCS będzie dostarczany ze zbiornika zewnętrznego o pojemności do 30 m³ usytuowanego na wschód od budynku. Dokładne parametry zbiornika zostaną dostosowane do projektu technicznego HCS,

Zespół zbiorników na hel gazowy zostanie umieszczony na zewnątrz budynku na wschód od niego. Jego parametry zostaną doprecyzowane na podstawie oferty Wykonawcy i projektu technicznego Systemu Schładzania Helu.

Plan budynku chłodziarki wraz z zaznaczonym projektowanym położeniem interfejsu z linią transferową Systemu Dystrybucji Helu (CDS) przedstawia Rys. 8.3. Wykonawca musi dostosować projekt techniczny HCS do wskazanego położenia interfejsu.



Rysunek 8.3. Budynek chłodziarki i jego otoczenie

8.3. TEREN PRZYŁĘGŁY DO BUDYNKU CHŁODZIARKI

Teren przyległy do budynku przeznaczony jest do umieszczenia urządzeń, które ze względu na swoją wielkość nie mogą zostać umieszczone wewnątrz budynku chłodziarki. Teren ten ma powierzchnię ok. 600 m². Przewiduje się posadowienie na nim fundamentów pod zbiorniki magazynu gazów (ciekłego azotu oraz gazowego helu, a także zbiorników gazowego helu dla potrzeb instalacji odzysku), rurociągów technologicznych, stacji redukcyjnych i parowników oraz chłodni wentylatorowych układu chłodzenia. Parametry techniczne, przepusty technologiczne przez przegrody oraz konstrukcje wsporcze pod instalacje i rurociągi itp. zostaną dostosowane do projektu technicznego HCS zrealizowanego przez Wykonawcę.

9. INSTRUMENTACJA

9.1. INFORMACJE OGÓLNE

Instrumentacja zastosowana w Systemie Schładzania Helu musi spełniać wymagania opisane poniżej. Dopuszczalne jest zastosowanie tylko takich urządzeń, które potwierdziły swoją przydatność w porównywalnych warunkach pracy. Za dobór urządzeń odpowiada Wykonawca, który zobowiązany jest do przedłożenia listy dobranych urządzeń wraz z ich kartami katalogowymi i listą części podlegających okresowym wymianom. Zatwierdzenie przez Zamawiającego zaproponowanych urządzeń, nie zwalnia Wykonawcy od odpowiedzialności za ich poprawny dobór.

9.2. ZAWORY ODCINAJĄCE

Zawory, których sterowanie odbywać się będzie przy pomocy sprężonego powietrza muszą posiadać siłowniki obsługujące ciśnienie max do 6 barg.

Zawory muszą być zainstalowane w taki sposób, by umożliwić prace naprawcze bez zbędnych ingerujących w konstrukcję urządzenia oraz w taki sposób, by dostęp do nich nie powodował ryzyka uszkodzenia elementów Systemu Schładzania Helu.

Zimne zawory muszą spełniać wymagania dla zastosowania w instalacjach kriogenicznych izolowanych próżniowo przewidzianych dla temperatur helowych w zakresie od 350 K do 2.2 K.

Zarówno uszczelnienie korpusu jak i mieszkowe muszą być umieszczone na górnym końcu zaworu w celu zapewnienia łatwego dostępu podczas konserwacji lub wymiany. Zespół wrzeciona i mieszka musi być demontowalny od góry i umożliwiać wymianę uszczelek gniazda bez konieczności naruszania próżni układu.

Zawory pracujące przy ciśnieniu niższym od atmosferycznego muszą być wyposażone w osłony helowe zabezpieczające przed przedostaniem się powietrza do wnętrza zaworu.

Zawory muszą być montowane w pozycji pionowej. Podczas instalacji należy przewidzieć odpowiednie procedury spawania, aby uniknąć naprężeń, które mogłyby spowodować odkształcenia plastyczne korpusów zaworów.

Zawory muszą poruszać się gładko we wszystkich możliwych warunkach pracy w całym zakresie działania mechanicznego, bez widocznych, słyszalnych i zauważalnych oznak oraz szarpnięć. Możliwe warunki eksploatacji obejmują nie tylko warunki pracy w stanie ciepłym, ale również w stanie zimnym oraz obejmują wszystkie możliwe przejścia między temperaturą pokojową a zadaną temperaturą pracy w tym także zmieniające się warunki pracy, wszelkiego rodzaju kombinacje temperatur, ciśnień i przepływów masowych w liniach procesowych.

9.3. ZAWORY I PŁYTKI BEZPIECZEŃSTWA

Konstrukcja i materiał zaworów bezpieczeństwa muszą być odpowiednie dla wszystkich możliwych temperatur roboczych.

Wszystkie zawory muszą być zaworami pełnoskokowymi z uszczelnieniem mieszkowym, zabezpieczonymi przed przeciekami gazu. Dodatkowo zawory instalowane na liniach podciśnieniowych muszą być wyposażone w osłonę helową.

Zawory muszą być wyposażone w narzędzia do blokowania ich otwarcia podczas prób ciśnieniowych.

Zawory bezpieczeństwa muszą spełniać wymagania normy ISO 4126 lub równoważnej i posiadać odpowiednie certyfikaty i dopuszczenia wystawione przez jednostkę notyfikowaną.

9.4. POMIAR CIŚNIENIA

9.4.1. PRZETWORNIKI CIŚNIENIA

Zastosowane przetworniki muszą być wyłącznie przetwornikami ciśnienia bezwzględnego.

Przetworniki muszą być wyposażone w standard komunikacyjny 4..20 mA. Przetworniki muszą być zabezpieczone przed odwróceniem biegunowości.

Błąd całkowity pomiaru, uwzględniający nieliniowość oraz histerezę, musi być mniejszy lub równy $\pm 0.15\%$ ustalonego zakresu.

Przetwornik musi posiadać zabezpieczenie przed błędnym połączeniem przewodów zasilających (zamiana miejscami przewodów „+” i „-”). Maksymalna odchyłka długookresowa musi być mniejsza lub równa $\pm 0.15\%$

zakresu sensora na okres 10 lat. Całkowity czas reakcji na zmianę ciśnienia, uwzględniający również czas konwersji AD, nie może być większy niż 250 ms (4 Hz).

Przetworniki muszą wytrzymać pełen zakres ciśnień, od podciśnienia do maksymalnego ciśnienia testowego, bez dekalibracji i jakichkolwiek uszkodzeń.

Przetworniki muszą być wyposażone w zawory procesowe (zawory odcinające) oraz przyłącza do kalibracji (odpowietrzania itp.), izolowane zaworem (kolektorem zaworowym). Otwory w kolektorach zaworowych, które nie są używane, muszą być szczelnie zaślepione odpowiednimi zaślepkami.

Wszystkie przetworniki muszą być wyposażone w zintegrowany panel i wyświetlacz LCD, który umożliwia konfigurację i odczyt wartości ciśnienia.

9.4.2. WSKAŹNIKI CIŚNIENIA

Wskaźniki ciśnienia (manometry) muszą posiadać obudowę ze stali nierdzewnej. W przypadku wystąpienia drgań mechanicznych manometry muszą być wypełnione olejem silikonowym tłumiącym drgania. Wymagana klasa dokładności to minimum 1%. Wyświetlane ciśnienie musi być przedstawione w wartościach ciśnienia bezwzględnego. Minimalna dopuszczalna średnica tarczy manometru nie może być mniejsza niż 100 mm.

Manometry muszą być podłączone do instalacji poprzez zawór odcinający, umożliwiając zdemontowanie manometru w przypadku jego naprawy lub wymiany.

9.5. POMIAR TEMPERATURY

Mocowanie termometrów musi zapewniać mocne i trwałe połączenie, niewrażliwe na częste zmiany temperatury, dobry kontakt termiczny pomiędzy powierzchnią rury a czujnikiem. Wszystkie czujniki muszą być zabezpieczone przed uszkodzeniem mechanicznym oraz przed bezpośrednim kontaktem z MLI, np. poprzez zastosowanie warstwy izolacyjnej w postaci folii kaptonowej.

Projekt mocowania czujników musi pozwalać na łatwą wymianę termometrów w razie potrzeby.

Każdy termometr do temperatur helowych musi posiadać dokumentację sporządzoną w formie papierowej i elektronicznej do dalszego wykorzystania w układzie sterowania i kontroli. Każda dokumentacja wraz czujnikiem musi być jednoznacznie identyfikowalna, by można było łatwo przypisać poszczególną dokumentację do odpowiedniego czujnika, w celu uniknięcia przypadkowej zamiany. Termometry muszą być kalibrowane w całym zakresie temperatury pracy.

Termometry helowe muszą spełniać następujące wymagania:

- Stabilność długoterminowa < 15 mK @ 4.2 K / 15 lat
- Powtarzalność krótkoterminowa < 0.05% @ 4.2 K
- Dokładność < 0.05%
- Odpowiedź termiczna < 1 mS @ 4.2 K
- Czułość do 1800 Ω /K @ 4.2 K

Dokumentacja czujnika do zastosowań helowych musi posiadać:

- Certyfikat kalibracji
- Zapisy eksperymentalne zawierające wszystkie dane i warunki eksperymentalne
- Wszystkie dane wielomianu interpolacji, jak np. typ wielomianu, współczynniki wielomianu itp. Funkcja musi być podana w postaci $T=f(R)$, a nie odwrotnie
- Wykres funkcji $R=f(T)$ ze wskazanymi punktami kalibracji

- Tabelę, zawierającą temperaturę i czułość (dR/dT), dla co najmniej 150 wartości rezystancji w równych i okrągłych krokach rezystancji

Termometry pracujące w temperaturze powyżej 40 K mogą być czujnikami PT100.

Przewody termometrów musi być zabezpieczone przed zniszczeniem, przypadkowym wyrwaniem itp. Przewody te nie muszą leżeć swobodnie i być zanurzone w kąpeli helowej. Przewody muszą być połączone do złączy elektrycznych, które następnie muszą być zamontowane na przepustach np. typu KF, uszczelnionych O-ringiem.

Układ pinów złączy elektrycznych musi być jest jednoznaczny i możliwy do zidentyfikowania zgodnie ze schematem alokacji dostarczonym przez Wykonawcę.

9.6. POMIAR PRZEPŁYWU

Przepływomierze muszą być montowane do linii procesowej metodą spawania, niedopuszczalny jest montaż z wykorzystaniem połączeń skręcanych. Elementy metalowe muszą być wykonane ze stali nierdzewnej w odpowiednim gatunku, zgodnie z wymaganiami w rozdziale 11.2.

Część elektroniczna musi być wyprowadzona poza płaszcz próżniowy i w razie konieczności poza strefę promieniowania.

Skumulowany błąd pomiarowy przepływomierzy może być nie większy niż 1%, potwierdzony badaniami akredytowanymi zgodnie z EN ISO/IEC 17025 lub równoważnymi.

Układ pinów złączy elektrycznych musi być jest jednoznaczny i możliwy do zidentyfikowania zgodnie ze schematem alokacji dostarczonym przez Wykonawcę.

10. UKŁAD STEROWANIA I KONTROLI

Układ sterowania i kontroli chłodziarki musi działać w sposób autonomiczny implementując niezbędne algorytmy i procedury obsługi, zapewniając bezpieczną pracę tej instalacji. System ten musi posiadać własną konsolę operatora umożliwiającą zadanie wszystkich możliwych parametrów pracy oraz odczytanie wszystkich możliwych wartości operacyjnych. Zadaniem panelu operatora jest przygotowanie HCS do pracy i wykonywanie prac konserwacyjnych przez personel wykwalifikowany w obsłudze HCS. Parametry, które mogą być zadane i wartości, które mogą odczytywać przez operatorów akceleratora PolFEL w czasie normalnej pracy muszą być udostępnione do i zadawane zdalnie z centralnego systemu poprzez sieć Ethernet lub RS485 protokołem MODBUS. Panel operatora układu sterowania HCS może być umieszczony w obszarze HCS, ale jego wykorzystanie nie może być warunkiem koniecznym do prowadzenia normalnej pracy akceleratora PolFEL.

Oprócz zdalnego zadawania parametrów i dokonywania odczytów przez centralny układ sterowania protokołem MODBUS, lokalny układ sterowania HCS musi udostępniać niskopoziomowe sygnały elektryczne w standardzie pętli prądowych 4-20mA, umożliwiające szybką reakcję w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej. W szczególności układ sterowania HCS musi za pomocą ww. sygnałów elektrycznych informować o:

- Wystąpieniu awarii, lub każdej innej sytuacji wymagającej szybkiej reakcji ze strony innych systemów akceleratora PolFEL,
- Aktualnym stanie pracy, np.: gotowość, rozruch, schładzanie/ogrzewanie, praca normalna, itp. (stany pracy, ich ilość, będzie zależać od konstrukcji HCS i algorytmów/procedur jego pracy)
- Wybranych parametrach kluczowych, czy stanie wybranych komponentów HCS, o których wiedza jest krytyczna w danym trybie pracy, w sytuacji gdyby interfejs MODBUS nie był dostępny, np.: czy

ciśnienie w jakimś krytycznym punkcie nie wykracza poza dopuszczalny zakres, czy jakiś krytyczny zawór jest otwarty, itp.)

Oprócz informacji, jakie układ sterowania HCS udostępnia, system ten musi również akceptować szybkie sygnały elektryczne, które:

- Nakazują natychmiastowe wyłączenie lub wstrzymanie pracy HCS i przejście do stanu bezpiecznego,
- Informują o wystąpieniu awarii, lub innej sytuacji niepożądanego z punktu widzenia HCS w innym systemie akceleratora PolFEL (jakie sytuacje będą istotne z punktu widzenia HCS będzie zależeć od jej konstrukcji i algorytmów/procedur pracy)

11. WYMAGANIA TECHNICZNE

11.1. INFORMACJE OGÓLNE

Projekt i obliczenia systemu rurociągów i linii technologicznych Systemu Schładzania Helu wraz z podporami, muszą być wykonane zgodnie z normą EN 13480-3. Wytwarzanie i montaż systemu rurociągów, w tym podpór, muszą spełniać wymagania określone w normie EN 13480-4. Kontrole i testy rurociągów, w tym kontrole i testy procesu produkcyjnego, należy wykonywać zgodnie z normą EN 13480-5.

Wartości podane w tym dokumencie takie jak odległości, średnice rurociągów, rozmiary zaworów, ciśnienia pracy poszczególnych podzespołów etc. muszą być zweryfikowane przez Wykonawcę na etapie tworzenia projektu.

Dodatkowo podczas projektowania i wytwarzania oraz oceny zgodności komponentów HCS należy zastosować Dyrektywę Ciśnieniową 2014/68/WE.

11.2. WYBÓR MATERIAŁÓW

Wybór materiałów musi być zgodny z dyrektywą 2014/68/WE oraz najnowszą edycją normy EN 13480.

Wszystkie elementy mające styczność z czynnikiem procesowym, jakim jest hel oraz zbiorniki próżniowe, muszą być wykonane ze stali nierdzewnej, której jakość musi być potwierdzona z certyfikatem badań zgodnie z EN 10204-3.1. Zamawiający dopuszcza wykonanie płaszczy zewnętrznych coldboxów z materiałów innych niż stal nierdzewna pod warunkiem zachowania innych wymagań dla tych elementów określonych w niniejszym dokumencie, niezależnie od użytego materiału.

Ekrany termiczne muszą być wykonane ze stopów miedzi lub aluminium.

Podpory stałe rur procesowych i płaszcz próżniowy muszą być wykonane z tego samego rodzaju materiału, co rury i płaszcz próżniowy oraz zaprojektowane w taki sposób, aby minimalizować dopływy ciepła. Podpory ślizgowe rur procesowych muszą być wykonane z materiałów kompozytowych o niskiej przewodności cieplnej, dużej wytrzymałości mechanicznej, odpowiednich do zastosowań kriogenicznych, np. takich jak G10.

Dobór materiałów dodatkowych wykorzystywanych podczas prac spawalniczych i lutowniczych należy dokonać zgodnie z normami europejskimi, przepisami jednostki notyfikowanej i odpowiednimi wymaganiami technicznymi. Materiały dodatkowe stosowane w niskich w niskich temperaturach wymagają poświadczenia stosownym certyfikatem.

11.3. RURY PROCESOWE I PŁASZCZE PRÓŻNIOWE

Rury procesowe zaklasyfikowane, jako urządzenia ciśnieniowe muszą być projektowane, produkowane i testowane w celu spełnienia wymagań dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/WE oraz zgodnie z normą EN 13480. Stosować można tylko elementy bezszwowe, dotyczy to rur, kolan, trójników, redukcji itp.

Płaszcz próżniowy podzespołów Systemu Schładzania Helu nie są traktowane, jako urządzenia ciśnieniowe. Należy je jednak zaprojektować, jako zbiorniki i elementy rurociągów pod ciśnieniem zewnętrznym zgodnie z normami EN 13480, EN 13445 i EN 13458.

Płaszcz musi być chroniony przez urządzenia odciażające, takie jak klapowe zawory bezpieczeństwa lub inne równoważne, zdolne do odprowadzenia maksymalnego przepływu helu do atmosfery, ograniczając jednocześnie wewnętrzne nadciśnienie. Wykonawca jest odpowiedzialny za konstrukcję urządzeń odciażających. Umiejscowienie i konstrukcja tych urządzeń muszą być tak dobrane, aby zapobiec zranieniu personelu przez strumień zimnego helu oraz aby w budynku chłodziarki nie powstała atmosfera z niedoborem tlenu zagrażająca życiu. Dokładne położenie urządzeń zabezpieczających zostanie przez Wykonawcę uzgodnione z Zamawiającym podczas przeglądu projektu technicznego (TDR).

Wykonawca musi wykonać wszystkie niezbędne obliczenia w celu sprawdzenia, czy ogólne naprężenia i obciążenia w płaszczu próżniowym mieszczą się w dopuszczalnych wartościach. Szczególną uwagę należy zwrócić na przypadek utraty próżni w wyniku rozszczelnienia rury procesowej, w którym temperatura płaszcza próżniowego znacznie spada poniżej temperatury otoczenia. Obliczenia sprawdzające należy przeprowadzić dla przypadku, gdy płaszcz próżniowy zostaje w wyniku awarii schłodzony do temperatury 195 K.

Bariery próżniowe oddzielające kolejne przestrzenie próżniowe muszą mieć wystarczającą wytrzymałość mechaniczną, aby wytrzymać bez uszkodzenia lub trwałych odkształceń różnicę ciśnień 1.5 bar oraz wytrzymać wszelkie obciążenia mechaniczne spodziewane podczas transportu i montażu. Szczególną uwagę należy zwrócić na połączenie Systemu Schładzania Helu z linią transferową CDS. Jeżeli bariery próżniowe są traktowane, jako punkt stały, ich konstrukcja musi uwzględnić całkowite naprężenia w rurach procesowych i płaszczu pochodzących od CDS.

Każdy z płaszczy próżniowych z osobną próżnią musi być wyposażony w jeden lub więcej portów do pompowania próżni zgodnie z ISO 2861 i ISO 1609 lub równoważnymi. Lokalizacja portów pompowania próżni musi zostać ustalona w porozumieniu z Zamawiającym z uwagi na konieczność rozmieszczenia odpowiedniej infrastruktury dla ewentualnych prac związanych z regeneracją próżni.

Zamawiający zwalnia Wykonawcę z obowiązku wykonania obliczeń cieplnych płaszcza zewnętrznego chłodziarki dodatkowej, z uwagi na fakt, iż element ten jest własnością Zamawiającego i został wyprodukowany już wcześniej.

11.4. KOMPENSACJA SKURCZU TERMICZNEGO

Jeżeli w wyniku działania niskiej temperatury mogą pojawiać się skurcze termiczne prowadzące do powstawania niedopuszczalnych naprężeń, obciążeń lub odkształceń, wówczas należy je zniwelować za pomocą odpowiednich elementów kompensujących, systemów wsporczych itp.

Kompensatory mogą być stosowane zarówno na rurach procesowych, jak i płaszcach próżniowych. Wszystkie kompensatory muszą być zgodne z normą EN 14917. Kompensatory dla rur procesowych muszą spełniać wymagania dyrektywy 2014/68/WE w sprawie urządzeń ciśnieniowych i muszą być zgodne z normą EN 13480.

W miarę możliwości należy unikać stosowania kompensatorów na liniach procesowych a ich wykorzystanie, jako elementy kompensujące należy uważać za zasadne tylko wtedy, gdy inne rozwiązania kompensacji termicznej prowadziłyby do pogorszenia konstrukcji mechanicznej.

Żywotność mieszków musi wynosić co najmniej 1000 pełnych cykli ściskania i rozciągania.

W przypadku zastosowania mieszków wielowarstwowych, dla kompensatorów wewnętrznego ciśnienia tylko wewnętrzna warstwa musi być szczelna, a pozostałe warstwy muszą posiadać otwór wentylacyjny. W przypadku kompensatorów zewnętrznego ciśnienia, to zewnętrzna warstwa musi być szczelna.

Żywotność mieszków zewnętrznych musi wynosić co najmniej 200 pełnych cykli ściskania i rozciągania. Mieszki te muszą być wyposażone w metalowe osłony ochronne wykonane z tego samego materiału, co rura procesowa płaszcz.

Węże metalowe muszą być wykonane zgodnie z normami EN 13480, EN 12434 i EN 14585. Muszą one być zaprojektowane w taki sposób, aby wytrzymać wszystkie przypadki obciążeń przewidzianych w projekcie bez ryzyka uszkodzeń mechanicznych lub trwałych odkształceń. Węże muszą posiadać opłot ochronny wykonany z odpowiedniego gatunku stali nierdzewnej.

11.5. PODPORY I MOCOWANIA

Wszelkie instalacje i konstrukcje wsporcze elementów chłodziarki i elementów towarzyszących muszą być mocowane do zaprojektowanych przez Wykonawcę podpór, podpartych na płytach fundamentowych obiektu. Wykluczone jest dokonywanie w tym celu przeróbek konstrukcji nośnej i osłonowej budynku, w tym w szczególności, wiercenie, spawanie, naruszanie ciągłości powłok antykorozyjnych. Podpory i konstrukcje wsporcze służące do podparcia elementów chłodziarki należy projektować z uwzględnieniem wszystkich wymagań dotyczących podparć elementów rurociągów i płaszczy zbiorników znajdujących się pod ciśnieniem zewnętrznym zgodnie z normami EN 13480, EN 13445 i EN 13458 oraz PN-EN 13480-1:2017-10 Rurociągi przemysłowe metalowe, PN-EN 13480-3:2012/A1:2017-08 Rurociągi i elementy rurociągów, PN-EN ISO 12944 Zabezpieczenia antykorozyjne konstrukcji stalowych lub równoważnymi.

W przypadku montażu zbiorników balonowych na hel gazowy dopuszcza się podwieszenie balonów oraz drobnych elementów instalacji do konstrukcji nośnej hali, przy zachowaniu wymogu nie naruszania powłok konstrukcji. Detale rozwiązań konstrukcyjnych mocowania podwieszenia balonów oraz wykonania ewentualnych koniecznych przepustów przez przegrody muszą zostać zatwierdzone przez Zamawiającego, a ich dostawa, dostosowanie konstrukcji nośnej do ich montażu oraz przeprowadzenie przejść przez przegrody wchodzi w zakres zamówienia.

Podpory muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby wytrzymywały obciążenia w określonych przypadkach projektowych bez uszkodzeń mechanicznych lub trwałych odkształceń. Ich konstrukcja musi pozwalać na pozycjonowanie elementów w kierunku wzdużnym, pionowym oraz dokonywanie regulacji położenia.

Stałe podpory zewnętrzne muszą ograniczać przemieszczenie i obrót elementów chłodziarki oraz muszą przenosić ich ciężar, ciśnienie i obciążenie zarówno mechaniczne jak i cieplne na konstrukcje obiektu budowlanego, czyli podłogi, ściany i stropy. Podpory przesuwne muszą ograniczać tylko boczne przemieszczenia i przenosić obciążenia.

Wykonawca musi przekazać Zamawiającemu miejsce usytuowania podpór oraz maksymalne przewidywane obciążenia w miejscach instalacji podpór w trakcie ostatecznego przeglądu projektu (FDR).

Wszystkie elementy podpór, które mają bezpośredni kontakt z zewnętrznymi powierzchniami komponentów chłodziarki, muszą być wykonane z odpowiedniego gatunku stali nierdzewnej, jak określono w rozdziale 11.2.

11.6. POZYCJONOWANIE

Komponenty Systemu Schładzania Helu muszą zostać spozycjonowane zgodnie z ustaloną wraz z Zamawiającym dokumentacją rozmieszczenia komponentów z dokładnością umieszczoną na dokumentacji. Najważniejszym elementem, który należy spozycjonować z dokładnością ± 0.5 mm, jest interfejs IC1 stanowiący połączenie Systemu Schładzania Helu z linią transferową CDS.

11.7. IZOLACJA PRÓŻNIOWA

Izolacja próżniowa komponentów Systemu Schładzania Helu musi mieć charakter statyczny i podlegać ciągłemu monitoringowi przez HCS. Podczas nominalnych warunków pracy bez aktywnego pompowania próżni ciśnienie wewnątrz płaszcza próżniowego musi być poniżej 1×10^{-6} mbar.

12. SPECYFIKACJA WYKONANIA

12.1. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE

HCS musi zostać zaprojektowany, wyprodukowany i zainstalowany w taki sposób, aby zapewnić niezawodną i nieprzerwaną pracę lasera (z wyjątkiem przewidywanych okresów wyłączenia i konserwacji) przez minimum 25 lat. Konstrukcja musi zapewniać poprawne działanie mechaniczne i termodynamiczne wszystkich elementów bez jakichkolwiek uszkodzeń lub pogorszenia jakości przez cały okres pracy urządzenia.

Wszystkie elementy narażone na niskie temperatury i duże wahania temperatur muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby wytrzymać maksymalne możliwe zmiany temperatury zachodzące w czasie pracy, jak również maksymalne możliwe różnice temperatur na całej długości elementu. Konstrukcja elementów przenoszących ciśnienie, w tym także podpór, musi zapewniać, że naprężenia nie przekroczą maksymalnych dopuszczalnych wartości. Projekt musi uwzględniać nominalne warunki pracy, cykle schładzania i ogrzewania, próby ciśnieniowe oraz sytuacje awaryjne. Projekt musi uwzględniać również niezależne cykle schładzania i ogrzewania różnych obiegów pętli procesowych.

Wszystkie zbiorniki próżniowe muszą być zaprojektowane na ciśnienie od 0 bara do maksymalnie 1.5 bara ciśnienia bezwzględego. Konstrukcja zbiorników musi uwzględniać, że w wyniku przypadkowego pęknięcia którejkolwiek z elementów linii procesowej, temperatura płaszcza próżniowego może lokalnie spaść do znacznie niższego poziomu aniżeli jego nominalne warunki pracy.

Konstrukcja wszystkich elementów musi być dostosowana do prób ciśnieniowych, zgodnie z 2014/68/WE i EN 13480. Próby ciśnieniowe należy wykonywać przy ciśnieniu minimum 1.43 razy wyższym od ciśnienia projektowego.

12.2. POZIOM SZCZELNOŚCI HELOWEJ

Poziom szczelności helowej nie może przekraczać następujących wartości:

- Pojedynczy naciek z zewnątrz do wewnątrz badanego elementu przez spoinę: 1×10^{-8} mbar·l/sec.
- Pojedynczy naciek z wnętrza komponentu (spoina, mieszek, wąż elastyczny, zawór itp.) do próżni: 1×10^{-8} mbar·l/sec.
- W warunkach pracy (temperatura i ciśnienie), zmierzony całościowy naciek zespołu do próżni: 1×10^{-6} mbar·l/sec.

- Sumaryczny naciek pojedynczego komponentu, zamontowanego na zbiorniku próżniowym np. przetwornik ciśnienia, zawór odcinający itp., mierzony z zewnątrz komponentu do próżni zbiornika: 1×10^{-7} mbar·l/sec.
- Sumaryczny naciek pojedynczej klapy bezpieczeństwa, zamontowanej na zbiorniku próżniowym, mierzony z zewnątrz komponentu do próżni zbiornika: 1×10^{-6} mbar·l/sec.
- Sumaryczny naciek pojedynczego komponentu przenoszącego ciśnienie i zamontowanego poza zbiornikiem próżniowym, np. zawór bezpieczeństwa, przetwornik ciśnienia, manometr itp., mierzony z wnętrza komponentu do atmosfery: 1×10^{-6} mbar·l/sec.

Dla każdego testu szczelności helowej, czułość wykrywacza helowego musi wynosić co najmniej 1×10^{-11} mbar·l/s.

12.3. SZCZELNOŚĆ ZAWORÓW

Poziom nacieku helowego gniazda zaworu odcinającego, mierzonego od strony próżni przy parametrach pracy (ciśnienie i temperatura, w tym także w temperatura pokojowa) nie może przekraczać 1×10^{-4} mbar·l/sek. Poziom nacieku zaworów odcinających musi być zmierzony w obydwu kierunkach, gdy ciśnienie i próżnia zadawane są kolejno od strony wlotowej a następnie wylotowej gniazda zaworu.

Poziom nacieku helowego gniazda zaworu bezpieczeństwa od strony próżni w kierunku atmosfery i przy parametrach pracy (ciśnienie i temperatura, w tym także w temperatura pokojowa) nie może przekraczać 1×10^{-4} mbar·l/sek.

13. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

13.1. SPAWANIE

Wszystkie stałe połączenia rur procesowych przenoszących ciśnienie należy wykonać metodą spawania. Zasada ta dotyczy rur, węży elastycznych, kompensatorów, trójników, kolan itp. W przypadku rur procesowych dozwolone są tylko spoiny czołowe z pełnym przetopem. Podczas produkcji w siedzibie Wykonawcy, elementy płaszcza zewnętrznego zbiorników próżniowych należy łączyć ze sobą za pomocą wzdłużnych lub obwodowych spoin czołowych z pełnym przetopem. Podczas instalacji na w siedzibie Zamawiającego połączenia płaszcza próżniowego pomiędzy dwoma zespołami można wykonać za pomocą spoin pachwinowych.

W przypadku rur procesowych i płaszczy próżniowych spawanie należy wykonać metodą TIG. Spawanie podópór zewnętrznych można wykonać metodę TIG i MIG.

Podczas wszelkich aktywności związanych ze spawaniem należy stosować się do wymagań normy ISO 3834-2 lub równoważną, co musi być potwierdzone aktualnym certyfikatem, wydanym Wykonawcy przez odpowiednią jednostkę notyfikowaną.

Technologie spawania muszą być uznane zgodnie z normą ISO 15609 lub równoważną.

Badania technologii spawania muszą być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami ISO 15614-1 lub równoważną.

Prace spawalnicze mogą wykonywać wyłącznie spawacze posiadający odpowiednie uprawnienia, których kwalifikacje muszą być potwierdzone certyfikatem zgodnie z ISO 9606-1 lub równoważną.

Personel nadzorujący proces spawania musi posiadać potwierdzenie kwalifikacji zgodnie z normą ISO 14731 lub równoważną.

Tolerancje spawalnicze muszą być zgodne z normą ISO 13920 lub równoważną w klasie C i G.

Podczas spawania należy stosować gaz formujący oraz gaz osłonowy, które muszą spełniać wymagania normy ISO 14175 lub równoważnej. Kolor spoiny powinien być jak najbardziej zbliżony do naturalnego koloru łączonych metali, ale dopuszczalne jest słomkowożółte zabarwienie spoiny.

Wymagania dotyczące badań nieniszczących (NDT) spoin, które będą wykonywane na etapie produkcji i montażu, muszą być zgodne z normą ISO 13480-5 lub równoważną oraz z wymaganiami podanymi w tabeli 13.1.

Tabela 13.1. Zakres badań nieniszczących spoin

Spoina	Faza	VT	RTG	Test helowy	Szokowanie LN2
Rura procesowa	Produkcja	100%	50%	100%	100%
	Instalacja	100%	100%	100%	Nie dotyczy
Płaszcz próżniowy	Produkcja	100%	10%	100%	Nie dotyczy
	Instalacja	100%	Nie dotyczy	100%	Nie dotyczy

Ocenę wizualną (VT) spoin należy przeprowadzić zgodnie z ISO 17637 lub równoważną. Poziom jakości i kryteria akceptacji niezgodności spoin zgodnie z ISO 5817 lub równoważną musi być na poziomie B dla rur procesowych, C dla płaszczy próżniowych oraz D dla podpór i innych elementów konstrukcyjnych. W przypadku zastosowania ISO 10042 lub równoważnej, dla jakości i akceptacji niezgodności dopuszcza się poziom C.

Badania radiograficzne muszą być przeprowadzone zgodnie z normą ISO 17636 lub równoważną. Poziom jakości musi spełniać wymagania normy ISO 5817 lub równoważną poziom B. Kryteria akceptacji niezgodności spoin muszą być zgodne z normą ISO 10675-1 lub równoważną. W przypadku wykrycia niezgodności, zakres badań rentgenowskich należy rozszerzyć o minimum kolejne 20%, w zależności od ilości spoin będących przedmiotem badań w danej serii. Dokładny zakres rozszerzenia badań zostanie narzucony przez Zamawiającego po przeanalizowaniu niezgodności.

Badania szczelności helowej oraz testy szokowania przy użyciu ciekłego azotu, zostały opisane w rozdziale 14.

Przed rozpoczęciem produkcji Wykonawca musi przedłożyć Zamawiającemu następujące dokumenty potwierdzające kwalifikacje i przygotowanie do realizacji procesów spawalniczych:

- Certyfikat kwalifikacji Wykonawcy na zgodność z normą ISO 3834-2 lub równoważną
- Certyfikat kwalifikacji spawaczy na zgodność z normą ISO 9606-1 lub równoważną
- Plany spawania
- Plany przeprowadzenia testów spoin
- Instrukcje spawania (kwalifikacje technologii spawania WPQR, specyfikacje technologii spawania WPS)

Podczas produkcji a także w trakcie instalacji na w siedzibie Zamawiającego, wszystkie zapisy i protokoły związane z procesem spawania muszą być dostępne i okazywane na żądanie Zamawiającemu. Po zakończeniu instalacji Wykonawca jest zobligowany do przekazania pełnej dokumentacji spawalniczej zgodnie rozdziałem 16.

13.2. LUTOWANIE

Dla wszystkich prac lutowniczych wymagane jest stosowanie wymagań jakościowych lutowania twardego zgodnie z poniższymi normami, co musi być potwierdzone odpowiednim certyfikatem.

Do wykonania połączeń lutowanych miedź-stal nierdzewna, miedź-miedź itp. dozwolona jest tylko metoda lutowania twardego 912 zgodnie z ISO 13585 lub równoważną. Wyjątek stanowi lutowanie przewodów elektrycznych itp., gdzie można zastosować lutowanie miękkie.

Uznanie technologii lutowania twardego należy wykonać zgodnie z normą EN 13134 lub równoważną.

Badania złączy wykonanych metodą lutowania twardego muszą być przeprowadzone zgodnie z normami ISO 12797 i ISO 12799 lub równoważnymi.

Tylko pracownicy z odpowiednimi uprawnieniami potwierdzonymi stosownym certyfikatem mogą wykonywać procesy lutowania. Kwalifikowanie operatorów lutowania twardego musi być przeprowadzone zgodnie z ISO 13585 lub równoważną.

Personel nadzorujący proces lutowania musi posiadać potwierdzenie kwalifikacji zgodnie z normą ISO 14731 lub równoważną.

Dobór spoiw należy przeprowadzić zgodnie z ISO 17672 lub równoważną.

Topniki do lutowania twardego muszą zostać dobrane zgodnie z ISO 1045 lub równoważną.

Niezgodności połączeń lutowanych należy oceniać zgodnie z ISO 18279 lub równoważną.

Tolerancje przy lutowaniu muszą być zgodne z dokumentacją.

Wszystkie powierzchnie po zakończonym lutowaniu muszą być oczyszczone z zanieczyszczeń, kurzu, zabarwień utleniających itp. spowodowanych lutowaniem.

13.3. CZYSZCZENIE I PRZYGOTOWANIE POWIERZCHNI

Wszystkie powierzchnie ze stali nierdzewnej muszą być oczyszczone, aby były metalicznie czyste, jasne i suche, wolne od olejów, tłuszczów, warstw tlenków, zabarwień utleniających, zanieczyszczeń ferrytycznych, pyłów itp.

Wszystkie powierzchnie stykające się z helem lub poddane działaniu próżni muszą być czyste i wolne od brudu, żużłu spawalniczego lub innych zanieczyszczeń.

Szczególna czystość wymagana jest dla powierzchni wewnętrznej wszystkich rurociągów układu helowego. Przewody muszą być metalicznie czyste i wolne od cząstek większych niż 5 µm. Rozpuszczalne pozostałości należy usunąć acetonem lub alkoholem.

Należy upewnić się, że wszystkie pozostałości topników z części lutowanych zostały usunięte.

Wszystkie spoiny wystawione na działanie warunków atmosferycznych należy po spawaniu poddać trawieniu i pasywacji, aby uniknąć korozji i rdzy.

Wszystkie obszary płaszcza próżniowego, które miały kontakt ze stalą węglową, np. przypadkowe zarysowanie w czasie produkcji lub transportu, muszą być dokładnie zeszlifowane i pasywowane, w celu uniknięcia korozji.

14. TESTY

14.1. INFORMACJE OGÓLNE

Wszystkie testy należy przeprowadzać zgodnie z procedurą testową uzgodnioną z Zamawiającym.

Na Wykonawcy spoczywa odpowiedzialność za przeprowadzenie wszystkich testów, dlatego Wykonawca musi zapewnić wykwalifikowany personel, wystarczającą ilość sprzętu oraz zabezpieczyć odpowiednie warunki do przeprowadzenia tych testów zarówno na terenie Wykonawcy, jak i na terenie NCBJ. Wszystkie niezbędne dokumenty, takie jak lista materiałów, rysunki, zapisy, świadectwa kalibracyjne urządzeń sprawdzających, specyfikacje i instrukcje dotyczące badań nieniszczących itp. pozostają w gestii Wykonawcy i muszą być przez niego dostarczone.

Części przenoszące ciśnienie, które mogą wymagać autoryzowanych inspekcji zgodnie z dyrektywą dotyczącą urządzeń ciśnieniowych, muszą być nadzorowane i kontrolowane zgodnie z odpowiednimi modułami Dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/WE (PED – Pressure Equipment Directive). Ustalenie kategorii, do której klasyfikują się komponenty Systemu Schładzania Helu, spoczywa na Wykonawcy, natomiast wybór modułu procedury zgodności tych komponentów spośród ustalonej przez Wykonawcę kategorii, spoczywa na Zamawiającym. W razie potrzeby należy przeprowadzić kontrolę tych części przez stronę trzecią (jednostkę notyfikowaną). Koszt takiej kontroli pokrywa Wykonawca.

Wszystkie próby ciśnieniowe należy przeprowadzać pod ciśnieniem próbnym określonym w PED i EN 13480 oraz w zgodzie ze wszelkimi innymi normami mającymi zastosowanie. Dozwolone są tylko pneumatyczne testy ciśnieniowe, ponieważ obecność resztek wody lub jakiegokolwiek innej cieczy jest niedopuszczalna.

Dla wszystkich materiałów, półfabrykatów i wyrobów gotowych uzyskanych lub użytkowanych przez Wykonawcę lub jego podwykonawców wymagane są świadectwa odbioru zgodnie z normą EN 10204 lub równoważną. Dla elementów metalowych świadectwa materiałowe muszą być typu 3.1, dla pozostałych materiałów mogą być niższego typu. Certyfikaty muszą być dostępne podczas testów i okazywane Zamawiającemu, jeśli ten będzie w nich uczestniczyć.

Inspektorzy powołani do badań nieniszczących i niszczących materiałów oraz kontroli szczelności muszą posiadać gruntowną wiedzę techniczną, umożliwiającą prowadzenie badań w pełnej zgodności z wymaganiami.

Wykonawca jest zobowiązany zaproponować plan testów oraz procedury badań i przedstawić je Zamawiającemu do zatwierdzenia w trakcie ostatecznego przeglądu projektu (FDR) (co najmniej 4 tygodnie przed badaniami). Po ich przeprowadzeniu, Wykonawca musi przekazać Zamawiającemu wszystkie zapisy z testów wraz z protokołami, które zostały przeprowadzone w jego zakładzie oraz w siedzibie Zamawiającego, nie później niż 2 tygodnie po wykonaniu testów. Jeśli podczas testu zostaną stwierdzone niezgodności, odpowiedni test należy powtórzyć częściowo lub w całości, po usunięciu wad. W przypadku nieodwracalnych usterek należy sporządzić raport odstępstw i przekazać go do Zamawiającego w celu podjęcia dalszych decyzji.

Sekwencja wykonywania testów musi zapewniać logiczną kolejność i uwzględniać złożoność konstrukcji poszczególnych podzespołów Systemu Schładzania Helu. Testy muszą umożliwiać sprawdzenie wszystkich parametrów niezbędnych do prawidłowego działania urządzenia oraz zagwarantowania jego bezpiecznego i bezawaryjnego użytkowania, minimalizując ryzyko nieprawidłowego funkcjonowania.

Ze względu na różny charakter komponentów Systemu Schładzania Helu, rodzaj testów, ich kolejność itp., może być różny dla różnych podzespołów. Przed dostawą do siedziby Zamawiającego każdy element musi zostać przetestowany w sposób najbliższy odzwierciedlający rzeczywiste warunki pracy. Oznacza to wykonanie, testów na zimno z użyciem LN₂, (tam gdzie jest to możliwe) wraz z zamontowanym oprzyrządowaniem (zawory, czujniki, przetworniki itp.) w warunkach ciśnienia odpowiadającemu ciśnieniu robocznemu. Niektóre komponenty, jako pojedyncze sekcje, o ograniczonym ryzyku wystąpienia awarii, np. proste odcinki linii transferowej bez kompensatorów lub węży elastycznych, mogą zostać przetestowane bez konieczności wykonywania prób na zimno, niemniej jednak musi to być wcześniej zatwierdzone przez Zamawiającego.

Pełne wykonanie wszystkich wymaganych testów, potwierdzone spójnymi protokołami z badań, będzie warunkiem koniecznym do zatwierdzenia wykonania umowy.

14.2. TESTY U WYKONAWCY

14.2.1. INFORMACJE OGÓLNE

Każdy komponent przenoszący ciśnienie należy poddać testom przed jego wysyłką do siedziby Zamawiającego. Testy te mają zagwarantować bezpieczną pracę tych elementów podczas funkcjonowania lasera. Testy dotyczą w szczególności rur procesowych, kompensatorów, węży elastycznych, zaworów oraz instrumentacji. W gestii Wykonawcy pozostaje decyzja, czy niektóre komponenty muszą być testowane, jako osobne podzłożenia, czy całościowo, jako wbudowany element większej całości. Może to wynikać z konstrukcji komponentu, łatwości wykonania tekstu, jego ekonomicznego i technicznego uzasadnienia lub innych czynników zewnętrznych takich jak analiza ryzyka.

14.2.2. TESTY POJEDYNCZEGO KOMPONENTU

Wszystkie pojedyncze komponenty, będące produkcją własną Wykonawcy lub przenoszące ciśnienie lub podciśnienie (takie jak prefabrykowane odcinki rur, kompensatory, węże elastyczne itp.), które nie są przeznaczone do montażu w jakimkolwiek urządzeniu u Wykonawcy (np. w linii transferowej, coldboxie itp.), ale zostaną w przyszłości zainstalowane na terenie NCBJ, muszą zostać przetestowane zgodnie z poniższymi wytycznymi.

14.2.2.1. TESTY I BADANIA SPOIN

Wszystkie spoiny muszą być sprawdzane i badane zgodnie z normą EN 13480-5. Inspekcja oraz testy muszą obejmować przegląd dokumentów spawalniczych, kontrolę przygotowanych do spawania elementów, proces spawania i kontrolę po spawaniu. Badania należy wykonać zgodnie z wymaganiami dotyczącymi kontroli spoin określonymi w rozdziale 13.1, w którym opisano między innymi wymagania dotyczące badań wizualnych i rentgenowskich.

14.2.2.2. TESTY SZCZELNOŚCI POJEDYNCZYCH SPOIN

Badany element powinien być odpompowany wewnątrz do ciśnienia 5×10^{-3} mbar, a następnie poddany próbie helowej poprzez nadmuch zewnętrznej powierzchni spoiny helem. Stwierdzona nieszczelność musi spełnić kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.2.2.3. TEST CIŚNIENIOWY

Test ciśnieniowy musi być wykonany zgodnie z PED i wymaganiami EN 13480-5. Ciśnienie próby nie może być mniejsze niż 1.43-krotność maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia.

Test szczelności całego komponentu

Po próbie ciśnieniowej należy ponownie wykonać test szczelności helowej. Stwierdzona nieszczelność musi spełnić kryteria opisane w rozdziale 12.2.

W przypadku kompensatorów lub węży elastycznych własnej produkcji konieczne jest wykonanie dodatkowej próby na zimno połączonej z próbą szczelności helowej.

14.2.2.4. SZOKOWANIE

Badany komponent należy schłodzić do temperatury 80 K przy użyciu ciekłego azotu. Jeśli komponent umieszczony jest w tymczasowym zbiorniku próżniowym, wówczas zalewanie należy przeprowadzić w taki sposób, aby ciekły azot był wprowadzany przez port umieszczony z jednej strony, a wyprowadzany przez przeciwny port. Podczas badań należy zwrócić szczególną uwagę na wszelkie dźwięki dochodzące z wnętrza zbiornika, które mogą być efektem uszkodzeń, pęknięć itp.

14.2.2.5. TEST SZCZELNOŚCI W STANIE ZIMNYM

Po schłodzeniu komponentu należy przedmuchać układ suchym azotem w celu pozbycia się cieczy i napęlić go helem lub mieszką hel/azot (min. 20% helu) do ciśnienia projektowego. Następnie badany komponent należy poddać testowi szczelności zgodnie z opisem zawartym w rozdziale 14.2.2.4.

14.2.2.6. ODGRZEWANIA I TEST SZCZELNOŚCI W STANIE CIEPŁYM

Badany komponent należy odgrzać suchym azotem do temperatury powyżej 275 K, następnie opróżnić i napęlić helem lub mieszką hel/azot (min. 20% helu) do ciśnienia projektowego. Następnie komponent należy poddać dodatkowemu testowi szczelności zgodnie z opisem w rozdziale 14.2.2.4.

14.2.3. TESTY ZESPOŁÓW KOMPONENTÓW

14.2.3.1. INFORMACJE OGÓLNE

Ten rozdział opisuje testy, które dotyczą wieloelementowych konstrukcji takich jak coldbox, moduły linii transferowych, moduły przyłączeniowe itp. Liczba testów wykonywanych podczas badań, zależy od złożoności danego zespołu.

14.2.3.2. TESTY I BADANIA SPOIN

Każda spoina wykonana podczas budowy urządzenia podlega takim samym badaniom, jak przy produkcji pojedynczego komponentu, opisanym w rozdziale 14.2.2.1. Należy wziąć pod uwagę, że podczas montażu niektóre spoiny mogą być trudniejsze do zbadania i przetestowania.

14.2.3.3. TEST SZCZELNOŚCI RUR PROCESOWYCH

Szczelność połączeń spawanych rur procesowych powinna zostać skontrolowana helowym wykrywaczem nieszczelności. W tym celu przestrzeń wewnętrzną należy odpompować do ciśnienia 5×10^{-3} mbar. Następnie każdą spoinę należy osobno z zewnątrz odmuchać helem. W przypadku rur o średnicy powyżej DN65 oraz wszystkich spoin umieszczonych na rurach pionowych, spoiny muszą być osłonięte za pomocą folii i taśmy klejącej. Bezpośrednie nakładanie taśmy klejącej na spoiny jest niedozwolone, ponieważ klej może zablokować nieszczelność. Przestrzeń pod folią należy wypełnić helem i pozostawić na 5 minut, po tym czasie należy dokonać pomiaru nieszczelności.

Stwierdzona nieszczelność musi spełnić kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.2.3.4. TESTY CIŚNIENIOWE

Testy ciśnieniowe należy przeprowadzić przynajmniej przed nałożeniem izolacji MLI, aby upewnić się, że wszystkie spawane części są wystarczająco mocne. Należy wziąć pod uwagę, że etap produkcji, podczas którego wykonywana jest próba ciśnieniowa, musi dawać możliwość szybkiej naprawy w przypadku niepowodzenia testu.

Ilość prób ciśnieniowych jest zależna od złożoności projektu. Wykonawca musi oszacować, czy wymagany jest więcej niż jeden test ciśnieniowy. Może istnieć zagrożenie, że wraz z rozbudową konstrukcji niektóre elementy mogą wpływać na inne i mieć na nie negatywny wpływ w trakcie wykonywania prób, poprzez generowanie dodatkowych sił lub naprężeń (np. podpory, kompensatory itp.). Wówczas próby ciśnieniowe należy przeprowadzić na kilku etapach produkcji.

Test ciśnieniowy musi być wykonany zgodnie z PED i wymaganiami EN 13480-5. Ciśnienie próby nie może być mniejsze niż 1.43-krotność maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia.

Czas badania przy osiągnięciu pełnej wartości ciśnienia próby musi trwać co najmniej 20 minut, chyba że upoważnieni inspektorzy postanowią inaczej.

14.2.3.5. KONTROLA WIZUALNA MLI

Po nałożeniu MLI należy każdorazowo dokonać skrupulatnej kontroli czy montaż został przeprowadzony w sposób zapewniający najlepszą możliwą ochronę przed promieniowaniem cieplnym i redukcję wymiany ciepła pomiędzy rurami procesowymi a otoczeniem.

Niedopuszczalne jest układanie sąsiednich warstw MLI w taki sposób, aby powstały między nimi zwarcia termiczne, np. przez kontakt ostatniej warstwy MLI jednego elementu z pierwszą warstwą MLI drugiego elementu.

14.2.3.6. TESTY SZCZELNOŚCI PŁASZCZA PRÓŻNIOWEGO

Z przestrzeni płaszcza należy odpompować próżnię do ciśnienia 5×10^{-3} mbar, a następnie poddać próbie szczelności helowej. Wszystkie spoiny należy hermetycznie przykryć z zewnątrz folią i zabezpieczyć taśmą klejącą. Przestrzeń pod folią należy wypełnić helem i pozostawić na 5 minut, po tym czasie należy dokonać pomiaru nieszczelności. Test należy przeprowadzić bez rur procesowych wewnątrz płaszcza lub pozostawić wszystkie rury procesowe otwarte, aby w tym samym czasie odpompować próżnię także z ich wnętrza, lub wyprowadzić rury procesowe na zewnątrz płaszcza próżniowego, by nie brały udziału w teście.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.2.3.7. TESTY SZCZELNOŚCI ZAWORÓW

Testy szczelności zaworów należy przeprowadzić na kilku etapach produkcji Systemu Schładzania Helu. W pierwszej kolejności zawory należy sprawdzić po dostawie od producenta zaworów, ale przed zainstalowaniem w urządzeniu.

Szczelność gniazd zaworów należy sprawdzać z obu stron, biorąc pod uwagę fakt, że ciśnienie może wystąpić po obu stronach zaworu (wlot/wylot).

Podczas testów wykonywanych na zaworach zamontowanych już w instalacji, wszystkie zawory muszą być zamknięte, a cały układ z jednej strony powinien zostać odpompowany do ciśnienia 5×10^{-3} mbar. Następnie każda z linii powinna być po kolei napełniana helem pod ciśnieniem obliczeniowym. Na drugim końcu instalacji, za zaworem, powinien zostać podłączony helowy wykrywacz nieszczelności, który sprawdzi szczelność gniazd zaworów.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.3.

14.2.3.8. TESTY FUNKCJONALNE ZAWORÓW

Zawory należy kilkakrotnie sprawdzić w zakresie pełnego otwarcia i zamknięcia. Zawory muszą poruszać się lekko w całym zakresie działania mechanicznego, bez widocznych, słyszalnych i zauważalnych oznak i szarpnięć.

14.2.3.9. TESTY CZUJNIKÓW TEMPERATURY

Działanie czujników temperatury musi być kontrolowane przed i po każdym etapie produkcji i montażu, jak np. instalacja w punkcie pomiarowym, podłączenie do przepustu elektrycznego, szokowanie termiczne, nawinięcie MLI itp. Testy muszą obejmować pomiary rezystancji między każdą parą przewodów.

Po zamontowaniu czujników na rurze, ale przed nałożeniem MLI, należy sprawdzić ich działanie polewając czujniki ciekłym azotem. Wartości rezystancji należy sprawdzić za pomocą odpowiednich charakterystyk kalibracyjnych. Test należy powtórzyć co najmniej 5 razy.

14.2.4. TESTY FUNKCJONALNE WYPRODUKOWANYCH URZĄDZEŃ

14.2.4.1. INFORMACJE OGÓLNE

W celu zminimalizowania ryzyka awarii, po zakończeniu produkcji poszczególnych urządzeń lub ich sekcji, takich jak moduły zaworowe, moduły przyłączeniowe, moduły linii transferowej itp., należy przeprowadzić testy funkcjonalne w warunkach jak najbardziej zbliżonych do warunków pracy urządzenia. W tym celu należy przeprowadzić testy na ciepło i na zimno. Wszystkie zawory, czujniki temperatury, wskaźniki poziomu, grzałki, przetworniki ciśnienia i manometry muszą zostać zamontowane na swoim docelowym miejscu i brać udział w testach.

Jeżeli w trakcie wykonywania któregoś z testów dojdzie do niepowodzenia, należy przerwać procedurę, naprawić usterkę i rozpocząć wszystkie testy od początku.

14.2.4.2. TEST SZCZELNOŚCI PŁASZCZA PRÓŻNIOWEGO

Przestrzeń wewnątrz płaszcza próżniowego powinna zostać odpompowana do ciśnienia 5×10^{-3} mbar. Wszelkie potencjalne miejsca nieszczelności na płaszczu próżniowym, takie jak spoiny, połączenia kołnierzowe, zawory, przepusty elektryczne itp. należy hermetycznie zakryć folią i zabezpieczyć taśmą klejącą. Przestrzeń pod folią należy wypełnić helem i pozostawić na 5 minut, po tym czasie należy dokonać pomiaru nieszczelności.

Detektor nieszczelności należy podłączyć do portu zamontowanego na prowizorycznej zaślepce służącej do zamknięcia płaszcza próżniowego. Port próżniowy przyspawany bezpośrednio do płaszcza musi pozostać zaślepiiony i wziąć udział w teście szczelności.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.2.4.3. TEST CIŚNIENIOWY RUR PROCESOWYCH

Po pomyślnym przeprowadzeniu testu szczelności płaszcza próżniowego, cały układ rur procesowych musi zostać napełniony helem (lub mieszką azot/hel min. 20% helu) do ciśnienia nie mniejszego niż 1.43-krotność maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia.

Czas badania przy osiągnięciu pełnej wartości ciśnienia próby musi trwać co najmniej 20 minut, chyba że upoważnieni inspektorzy postanowią inaczej.

14.2.4.4. TEST SZCZELNOŚCI RUR PROCESOWYCH

Po pomyślnym przeprowadzeniu próby ciśnieniowej rur procesowych ciśnienie wewnątrz rur należy obniżyć do ciśnienia projektowego. Wykrywacz nieszczelności podłączony do płaszcza próżniowego powinien rozpocząć działanie i mierzyć nieszczelność rur procesowych do przestrzeni próżniowej.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 14.3.

14.2.4.5. SCHŁADZANIE RUR PROCESOWYCH

Po pomyślnym przeprowadzeniu próby szczelności, należy usunąć ciśnienie z rur procesowych i schłodzić rury do temperatury 80 K przy użyciu ciekłego azotu. Zalewanie rur należy przeprowadzić w taki sposób, aby ciekły azot był wprowadzany przez jeden port, przepływał przez wszystkie rury procesowe i zawory, po czym wypływał przez przeciwny port. Podczas badania należy zwrócić szczególną uwagę na wszelkie dźwięki dochodzące z wnętrza urządzenia, które mogą być efektem uszkodzeń, pęknięć itp.

14.2.4.6. TEST SZCZELNOŚCI RUR PROCESOWYCH W STANIE ZIMNYM

Po schłodzeniu układu należy wydmuchać ciecz z rur procesowych i przeprowadzić próbę szczelności helowej w stanie zimnym, w oparciu o te same zasady, które opisano w rozdziale 14.2.2.6.

14.2.4.7. ODGRZEWANIE RUR PROCESOWYCH

Po pomyślnym przeprowadzeniu próby szczelności w stanie zimnym, wszystkie rury procesowe należy odgrzać ciepłym azotem. Temperatura azotu nie może przekraczać 360 K, aby uniknąć zniszczenia MLI. Proces należy zakończyć, gdy czujniki temperatury na końcu otworu wylotowego wskażą 275 K.

14.2.4.8. TEST SZCZELNOŚCI RUR PROCESOWYCH W STANIE CIEPŁYM

Po odgrzaniu rur procesowych, należy wykonać próbę szczelności helowej w stanie ciepłym. W tym celu należy napęlić układ helem lub mieszkanką hel/azot (min. 20% helu) do ciśnienia projektowego. Wykrywacz nieszczelności podłączony do przestrzeni próżniowej powinien rozpocząć działanie i mierzyć nieszczelność rur procesowych.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.2.4.9. TESTY SZCZELNOŚCI ZAWORÓW

Zawory muszą zostać przetestowane w gotowych urządzeniach. Testy szczelności należy przeprowadzać w różnych warunkach, czyli przed, w trakcie i po zakończeniu procesu schładzania i odgrzewania.

Szczelność gniazd zaworów należy sprawdzać z obu stron, biorąc pod uwagę, że ciśnienie może wystąpić po obu stronach zaworu (wlot/wylot).

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.2.4.10. TESTY FUNKCJONALNE ZAWORÓW

Testy funkcjonalne zaworów należy przeprowadzać w różnych warunkach, czyli przed, w trakcie i po zakończeniu procesu schładzania i odgrzewania.

Zawory należy kilkakrotnie sprawdzić w zakresie pełnego otwarcia i zamknięcia. Zawory muszą poruszać się lekko w całym zakresie działania mechanicznego, bez widocznych, słyszalnych i zauważalnych oznak i szarpnięć.

14.2.4.11. TESTY PRZETWORNIKÓW CIŚNIENIA

Przetworniki ciśnienia muszą zostać zamontowane na swoich docelowych miejscach i brać udział we wszystkich wyżej wymienionych testach.

Powinna zostać sprawdzona ogólna funkcjonalność przetworników, taka jak odczyt sygnału, wybór menu, ustawienia itp. Należy kontrolować, czy przetwornik odbiera poprawnie sygnał i czy jest w stanie przesłać go dalej do sterownika.

Podczas testu należy sprawdzić, czy ciśnienie wskazywane przez przetwornik jest prawidłowe. W tym celu należy zastosować inny przetwornik ciśnienia lub manometr o odpowiednim zakresie wskazań.

Zblocze zaworowe przetwornika ciśnienia (lub zawór odcinający) powinno zostać skontrolowane, czy działa poprawnie, czy jest w stanie oddzielić przetwornik od dopływu gazu i czy jest szczelny helowo zgodnie z wytycznymi opisanymi w rozdziale 14.3 i 14.4. 12.2. Należy sprawdzić, czy wszystkie zawory poruszają się delikatnie w całym zakresie działania mechanicznego, bez widocznych, słyszalnych i zauważalnych oznak i szarpnięć.

14.2.4.12. TESTY CZUJNIKÓW TEMPERATURY

Sprawność czujników temperatury musi być kontrolowana na wszystkich etapach testów opisanych w rozdziale 14.2.4.

Wartości rezystancji czujników muszą być szczególnie monitorowane w niskich temperaturach, a ich wartości weryfikowane za pomocą odpowiednich charakterystyk kalibracyjnych.

14.2.4.13. TESTY GRZAŁEK

Podczas testów grzałki muszą być zamontowane na swoich docelowych miejscach i brać udział we wszystkich wymienionych powyżej testach.

Grzałki muszą zostać sprawdzone pod kątem maksymalnej osiąganey temperatury, która nie może przekraczać temperatury dopuszczalnej przez MLI i samą grzałkę. Test musi odbyć się również w momencie, gdy urządzenie jest wychłodzone. Po odłączeniu zasilania, temperatura grzałek musi wrócić do poziomu temperatury schłodzonego układu. Test należy powtórzyć co najmniej trzykrotnie.

14.2.4.14. TESTY WSKAŹNIKÓW POZIOMU HELU

Wskaźniki poziomu należy przetestować w miarę możliwości technicznych ograniczonych ze względu na brak sposobności wykonania testów w ciekłym helu.

14.2.4.15. TESTY PRZEPŁYWOMIERZY

Przepływomierze należy przetestować w miarę możliwości technicznych ograniczonych ze względu na brak sposobności wykonania testów w ciekłym helu.

Powinna zostać sprawdzona ogólna funkcjonalność przepływomierzy, taka jak odczyt sygnału, wybór menu, ustawienia itp. Należy kontrolować, czy przetwornik odbiera poprawnie sygnał i czy jest w stanie przesłać go dalej do sterownika.

14.2.4.16. WERYFIKACJA WYMIARÓW

Po wykonaniu prac montażowych należy zweryfikować odpowiednie wymiary komponentów HCS. Odpowiednie wymiary to wymiary kluczowe, które mają bezpośredni wpływ na prawidłowy i szybki montaż urządzeń w docelowej lokalizacji, których ewentualne niedotrzymanie może wydłużyć czas montażu lub go skomplikować. Takimi wymiarami mogą być wysokość, na której znajdują się przyłącza, odległość między kołnierzami, prostopadłość i równoległość, współliniowość współpracujących elementów itp.

Wszystkie wymiary muszą odpowiadać wartościom podanym na ostatecznej wersji dokumentacji rysunkowej produkcyjnej i montażowej.

14.3. TESTY NA W SIEDZIBIE ZAMAWIAJĄCEGO

14.3.1. KONTROLA ELEMENTÓW DOSTARCZONYCH DO NCBJ

Wszystkie elementy Systemu Schładzania Helu wwożone na teren NCBJ będą podlegać kontroli, która będzie obejmować:

- Integralność opakowania, sprawdzenie ewentualnych uszkodzeń zewnętrznych powstałych podczas transportu.
- Integralność dostarczonych urządzeń, sprawdzenie ewentualnych uszkodzeń wewnętrznych powstałych podczas transportu.
- Czystość transportu, sprawdzenie ewentualnych wewnętrznych zabrudzeń kurzem i wodą powstałych podczas transportu.
- Przyspieszenia transportu, sprawdzenie, czy zmierzone przyspieszenia pozostawały poniżej dopuszczalnych wartości.

14.3.2. KONTROLA POŁOŻENIA ELEMENTÓW

Montaż elementów Systemu Schładzania Helu należy rozpocząć od ustawienia podpór w odpowiednich miejscach zgodnie z dokumentacją. Wszelkie mocowania podpór (również wstępne mocowanie) i pozycjonowanie będą kontrolowane i zatwierdzane przez Zamawiającego. Wykonywanie jakichkolwiek wierceń w murze, posadzce, stropie itp. jest zabronione do czasu uzyskania pisemnej zgody Zamawiającego. Przed jakimkolwiek ostatecznym zamocowaniem Wykonawca musi upewnić się, że podzespoły znajdują się we właściwej pozycji. Nieodwracalne procesy, takie jak spawanie, należy poprzedzić upewnieniem się, że elementy są prawidłowo ustawione. Wszelkie regulacje położenia należy wykonać przed spawaniem do sąsiedniej części, co oznacza, że nie wolno przesuwac zestawu dwóch lub więcej elementów, po ich zesparaniu.

Rozmieszczenie krytycznych komponentów, takich jak chłodziarki i elementy przyłączeniowe z określonymi punktami interfejsu, zostaną sprawdzone i zatwierdzone przez Zamawiającego.

14.3.3. TESTY I KONTROLA SPOIN

Każda spoina wykonana podczas montażu będzie podlegać takim samym badaniom, jak przy produkcji pojedynczego elementu, opisanym w rozdziale 14.2.2.1. Należy wziąć pod uwagę fakt, że podczas montażu niektóre spoiny z racji ograniczonego dostępu mogą być trudniejsze do wykonania i przetestowania.

14.3.4. TESTY SZCZELNOŚCI RUR PROCESOWYCH

Każda spoina wykonana podczas montażu musi zostać poddana takiemu samemu testowi szczelności helowej, jaki odbywa się podczas produkcji, opisanemu w rozdziale 14.2.3.3.

14.3.5. TESTY CIŚNIENIOWE

Testy ciśnieniowe należy przeprowadzić wówczas, gdy wszystkie rury procesowe zostaną połączone w pętlę zgodnie z ich ostateczną konfiguracją. Testy należy wykonać przed nałożeniem MLI, aby mieć dostęp do wykonanych na montażu połączeń. Należy wziąć pod uwagę fakt, że etap wykonywania testu musi dawać możliwość ewentualnej naprawy w przypadku niepowodzenia testu.

Próbę ciśnieniową należy wykonać w taki sam sposób, jak w rozdziale 14.2.3.4.

Podczas prób ciśnieniowych odpowiednie zawory bezpieczeństwa i podpory przesuwne muszą być zablokowane.

14.3.6. TEST SZCZELNOŚCI PŁASZCZA PRÓŻNIOWEGO

Po zamontowaniu wszystkich muf łączących sąsiednie elementy i zamknięcie wszystkich barier próżniowych, należy w każdej objętości wewnątrz płaszcza próżniowego odpompować próżnię do ciśnienia 5×10^{-3} mbar, a następnie poddać próbie szczelności helowej poprzez odmuchanie helem wszystkich nowych spoin, połączeń, kołnierzy itp., które zostały wykonane na terenie NCBJ. Nowe elementy należy hermetycznie zakryć przy pomocy folii i taśmy klejącej. Przestrzeń pod folią należy wypełnić helem i pozostawić na 5 minut, po tym czasie należy dokonać pomiaru nieszczelności.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.3.7. TESTY SZCZELNOŚCI RUR PROCESOWYCH PO ZAMKNIĘCIU PŁASZCZA PRÓŻNIOWEGO

Po wykonaniu testów szczelności płaszcza próżniowego, wewnętrzny układ rur procesowych należy skontrolować pod kątem szczelności helowej. Rury procesowe muszą zostać napełnione helem lub mieszkanką hel/azot (min. 20% helu) do uzyskania ciśnienia projektowego. Detektor wycieków należy podłączyć do jednego z portów pompowania próżni.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

Podczas próby szczelności odpowiednie zawory bezpieczeństwa muszą być zablokowane.

14.3.8. TESTY SZCZELNOŚCI NIEIZOLOWANYCH RUROCIĄGÓW

Wszystkie rurociągi nieizolowane, linie pomocnicze i ciepłe połączenia z zimnymi przewodami procesowymi (rurki impulsowe przetworników ciśnienia, połączenia z urządzeniami obniżającymi ciśnienie itp.) należy poddać próbie szczelności helowej. W tym celu objętość wewnątrz rury procesowej należy odpompować do ciśnienia 5×10^{-3} mbar, a następnie poddać badaniu w taki sam sposób, jak opisano w rozdziale 14.2.3.3.

Stwierdzone nieszczelności muszą spełniać kryteria opisane w rozdziale 12.2.

14.3.9. TESTY CIŚNIENIOWE NIEIZOLOWANYCH RUROCIĄGÓW

Wszystkie rurociągi nieizolowane, linie pomocnicze i ciepłe połączenia z zimnymi przewodami procesowymi (rurki impulsowe przetworników ciśnienia, połączenia z urządzeniami obniżającymi ciśnienie itp.) należy poddać próbie ciśnieniowej. Próba ciśnieniowa musi być wykonana zgodnie z PED i wymaganiami EN 13480-5. Ciśnienie próby nie może być mniejsze niż 1.43-krotność maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia.

Czas badania przy osiągnięciu pełnej wartości ciśnienia próby musi trwać co najmniej 20 minut, chyba że upoważnieni inspektorzy postanowią inaczej.

W zależności od procedury i celu badania, do próby ciśnieniowej można użyć następujących gazów: azotu, helu, mieszanki hel/azot (min. 20% helu).

14.4. TESTY ODBIOROWE

14.4.1. INFORMACJE OGÓLNE

Testy odbiorowe należy przeprowadzić w trzech etapach:

- Etap 1: test przy użyciu urządzenia imitującego obciążenia CDS
- Etap 2: test po podłączeniu CDS (opcjonalnie)
- Etap 3: test po uruchomieniu lasera (opcjonalnie)

Testy odbiorowe (wstępne i końcowe) należy wykonać zarówno dla dostawy chłodziarki uzupełniającej jak i dla kompletnego Systemu Schładzania Helu (chyba, że cały System Schładzania Helu dostarczany jest w jednym czasie).

Testy odbiorowe dzielą się na wstępne testy odbiorowe (PAT) i końcowe testy odbiorowe (FAT).

Wstępne testy odbiorowe obejmują weryfikację wszystkich wstępnych testów podczas produkcji, wytwarzania i montażu (takich jak spawanie, testy ciśnieniowe, testy szczelności, itp.) wraz z przeprowadzeniem 2 pełnych cykli schłodzenia i ogrzania Systemu Schładzania Helu. Dodatkowe wymagania opisane są w rozdziale 14.4.2.

Końcowe testy odbiorowe obejmują przeprowadzenie 1 pełnego cyklu roboczego i pracy Systemu przez 3 tygodnie. Dodatkowe wymagania opisane są w rozdziale 14.4.4.

14.4.2. WSTĘPNE TESTY ODBIOROWE

Wstępne testy odbiorowe (PAT) zostaną przeprowadzone przez Zamawiającego w obecności Wykonawcy. System Schładzania Helu/chłodziarka uzupełniająca musi zostać podłączony do urządzenia testowego generującego obciążenia cieplne CDS i lasera. Projekt i dostawa urządzenia testowego jest w zakresie Wykonawcy.

Testy wstępne obejmują 2 pełne cykle całkowitego schłodzenia i ogrzania wszystkich rur procesowych HCS/chłodziarki uzupełniającej wraz ekranami termicznymi od temperatury pokojowej do temperatury pracy.

14.4.3. TESTY FUNKCJONALNE

Podczas schładzania, pracy w stanie ustalonym oraz ogrzewania, monitorowany będzie poziom próżni w płaszczach próżniowych, a także wartość nacieku helu z rur procesowych do przestrzeni próżniowej płaszcza. Zarejestrowane nieszczelności muszą być zgodne z kryteriami zawartymi w rozdziale 12.2.

Funkcjonalność wszystkich zaworów procesowych powinna być testowana zdalnie. Sprawdzone musi zostać działanie instrumentacji w postaci przetworników ciśnienia, manometrów, czujników temperatury, czujników poziomu, grzałek itp. Ich funkcjonowanie musi spełniać kryteria opisane w rozdziałach poprzednich testów.

Podczas testów należy sprawdzić także układ sterowania, czy wszystkie sygnały są poprawnie odbierane z czujników i przesyłane dalej do centralnego układu sterowania laserem.

Sprawdzone zostanie również działanie pozostałych komponentów Systemu Schładzania Helu takich jak kompresory, odolejace, pompy próżniowe, system oczyszczania i inne wchodzące w skład dostawy.

14.4.4. POMIAR PARAMETRÓW TERMODYNAMICZNYCH I HYDRAULICZNYCH

Pomiary termodynamiczne będą obejmować pomiary generowanej mocy chłodniczej oraz parametrów termodynamicznych helu na króćcach linii zasilających CDS dla wszystkich rur procesowych oraz dla ekranu termicznego. System Schładzania Helu musi posiadać moc chłodniczą pozwalającą na skompensowanie dopływów ciepła do CDS opisanych w rozdziale 4.5.

Pomiarom podlegają w szczególności parametry termodynamiczne wewnątrz linii transferowej:

- dla linii zasilania helem nadkrytycznym – temperatura, ciśnienie oraz strumień masy helu opuszczający System Schładzania Helu
- dla linii ekranów termicznych – temperatura, ciśnienie oraz strumień masy helu opuszczający System Schładzania Helu
- dla linii powrotu par – temperatura oraz ciśnienie par helu powracającego do Systemu Schładzania Helu

- dla linii powrotnej ekranów termicznych – temperatura oraz ciśnienie par helu powracającego do Systemu Schładzania Helu

Gdy zmierzone i wyznaczone parametry cieplne i hydrauliczne będą spełniać wymagania opisane w rozdziałach 6.3 oraz 6.4, dostawa Systemu Schładzania Helu zostanie uznana za wstępnie zaakceptowaną.

14.4.5. KOŃCOWE TESTY ODBIOROWE

Końcowe testy odbiorowe (FAT) obejmują przeprowadzenie 1 pełnego cyklu roboczego i pracy Systemu przez 3 tygodnie. Jeśli podczas trwania testów nie zostanie stwierdzona żadna nieprawidłowość bądź usterka, wówczas uznaje się, że FAT został zaakceptowany. Jeden cykl roboczy oznacza całkowite schłodzenie i ogrzanie wszystkich rur procesowych układu CDS wraz ekranami termicznymi od temperatury pokojowej do temperatury pracy.

Końcowe testy odbiorowe (FAT) muszą zostać przeprowadzone niezwłocznie po pozytywnym zakończeniu wstępnych testów odbiorowych (PAT). Jeśli z jakichś przyczyn niezależnych od Wykonawcy, nie będzie możliwe podłączenie HCS/chłodziarki uzupełniającej do CDS, np. z uwagi na opóźnienia w dostawie tych urządzeń, a tym samym nie będzie możliwe przeprowadzenie końcowych testów odbiorowych w terminie wskazanym w harmonogramie i przedstawionym w rozdziale 19, wówczas Wykonawca ma prawo zażądać przeprowadzenia testów odbiorowych w inny rozsądny sposób, np. poprzez wykonanie ich z wykorzystaniem urządzenia imitującego obciążenia generowane przez CDS.

15. DOSTAWA

Po zakończeniu testów produkcyjnych w siedzibie Wykonawcy, Wykonawca musi poinformować Zamawiającego o gotowości do wysyłki i uzgodnić z Zamawiającym termin dostawy. Wysyłka może nastąpić tylko za uprzednią zgodą Zamawiającego. Dostawa komponentów Systemu Schładzania Helu zostanie zatwierdzona dopiero po przeprowadzeniu wszystkich testów w siedzibie Wykonawcy i dostarczeniu niezbędnej dokumentacji do Zamawiającego, która w przypadku braku niezgodności, musi zostać zatwierdzona przez Zamawiającego w formie pisemnej.

Wykonawca ponosi pełną odpowiedzialność za dostawę i rozładunek w siedzibie Zamawiającego wszystkich komponentów Systemu Schładzania Helu. Zamawiający wskaże miejsce czasowego składowania dostarczonych przez Wykonawcę towarów. Przechowywanie, pakowanie, konserwacja i transport komponentów HCS, muszą być wykonane w sposób, który będzie chronił komponenty przed czynnikami mogącymi obniżyć ich jakość. Wykonawca ponosi wszelkie koszty za szkody spowodowane niewłaściwym pakowaniem, zabezpieczeniem i transportem.

Płaszczki próżniowe, rury procesowe i wewnętrzne części każdego komponentu muszą być zamknięte zaślepkami, aby uniknąć wnikania kurzu i wilgoci. Dodatkowo przestrzeń wewnętrzna musi być wypełniona suchym azotem. Wszystkie powierzchnie uszczelniające należy zabezpieczyć przed rdzą i uszkodzeniami. Wszelkie części wystające, swobodnie wiszące i ruchome muszą być specjalnie zabezpieczone.

Należy zwrócić szczególną uwagę na elementy wewnętrzne, które mogłyby ulec uszkodzeniu lub przeciążeniu w wyniku przyspieszeń występujących podczas transportu. W razie potrzeby należy zastosować blokady transportowe lub dodatkowe podpory wewnętrzne.

Po każdej dostawie do siedziby Zamawiającego, komponenty muszą zostać sprawdzone zarówno przez Wykonawcę, jak i Zamawiającego w celu ustalenia wszelkich uszkodzeń, które mogły powstać podczas transportu.

Komponenty muszą być trwale i wyraźnie oznakowane w postaci etykiety zawierającej nazwę i numer części. Oznakowanie należy umieścić w widocznym miejscu.

Miejsce tymczasowego przechowywania komponentów HCS przed instalacją zostanie wskazane przez Zamawiającego.

Miejsce dostawy:

Narodowe Centrum Badań Jądrowych
ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock, Poland

16. ZAKRES DOSTAWY

16.1. W ZAKRESIE ZADANIA 1

16.1.1. KOMPONENTY

Zakres dostawy obejmuje System Schładzania Helu, w skład którego muszą wchodzić następujące elementy:

- Odświeżona chłodziarka uzupełniająca, udostępniona wcześniej przez Zamawiającego (patrz Rozdział 16.4.2); poprzez odświeżenie chłodziarki rozumiane jest jej oczyszczenie z oleju, wymiana przyłączy zgodnie z potrzebami wynikającymi z projektu technicznego Systemu Schładzania Helu oraz wymiana układu sterowania;
- Zbiornik Dewara helu ciekłego, zastępujący zbiornik wchodzący w skład pierwotnego układu chłodziarki uzupełniającej (patrz Rozdział 16.4.2);
- Kompresor śrubowy helu, wchodzący w skład pierwotnego układu chłodziarki uzupełniającej (patrz Rozdział 16.4.2), udostępniony wcześniej przez Zamawiającego w celu jego dostosowania i włączenia do Systemu Schładzania Helu;
- Pompa próżniowa, zastępujące pompę wchodzącą w skład pierwotnego układu chłodziarki uzupełniającej (patrz Rozdział 16.4.2);
- Szafa sterownicza z układem sterowania;
- Układ pośredniczący umożliwiający włączenie chłodziarki uzupełniającej do Systemu Schładzania Helu i pracy w trybie niezbędnym do zasilenia Systemu Dystrybucji Kriogenicznej, zgodnie z projektem technicznym;
- Odolejacz;
- Linie transferowe pomiędzy poszczególnymi podzespołami;
- Izolowana próżniowo linia ciekłego azotu;
- Oprzyrządowanie dostarczanych komponentów takie jak zawory kriogeniczne, ciepłe zawory, zawory ręczne, zawory bezpieczeństwa, płytki bezpieczeństwa, przetworniki ciśnienia, wskaźniki ciśnienia, czujniki temperatury, czujniki poziomu, grzałki etc. – zgodnie z projektem technicznym
- Podpory zewnętrzne (ze śrubami i elementami do ich mocowania etc.) dla wyżej wymienionych podzespołów
- Inne komponenty, które nie zostały wymienione, a które zapewnią będą pracę chłodziarki uzupełniającej i HCS, których zastosowanie będzie przewidywał projekt techniczny.

Dodatkowo Wykonawca zapewni na czas montażu:

- Narzędzia niezbędne do instalacji
- Wyposażenie niezbędne do przeprowadzenia testów ciśnieniowych, testów szczelności helowej, testów wydajności itp.

- Urządzenia do pozycjonowania
- Gazy techniczne do spawania, testowania i płukania instalacji
- Wszelkie specjalistyczne narzędzia i urządzenia dźwigowe niezbędne podczas instalacji i prac na wysokościach, m.in. rusztowania, wciągniki, dźwigi, platformy itp.
- Inne narzędzia, które mogą być potrzebne do przeprowadzenia napraw lub konserwacji

16.1.2. ZAKRES PRAC

Przedmiotem dostawy są następujące czynności:

- Wykonanie projektu inżynierii procesowej Systemu Chłodzenia Helu, działającego w oparciu o chłodziarkę uzupełniającą, zgodnie z wymogami Dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/WE i norm zawartych w tym dokumencie. Ustalenie kategorii, do której klasyfikuje się układ chłodziarki, spoczywa na Wykonawcy, natomiast wybór modułu procedury zgodności komponentów chłodziarki spośród ustalonej przez Wykonawcę kategorii, spoczywa na Zamawiającym.
- Wykonanie niezbędnych obliczeń cieplnych, termodynamicznych, mechanicznych, wytrzymałościowych.
- Przeprowadzenie obliczeń i analiz oraz doboru urządzeń takich jak zawory, czujniki, przetworniki itp.
- Wykonanie odświeżenia chłodziarki uzupełniającej obejmującego:
 - oczyszczenie chłodziarki uzupełniającej oraz elementów współpracujących z oleju;
 - wymianę przyłączy i ich przystosowanie do standardów używanych w pozostałych elementach Systemu;
 - zmianę i aktualizację systemu kontrolnego chłodziarki uzupełniającej na zgodny z systemem kontrolnym pozostałych komponentów HCS, w szczególności – chłodziarki podstawowej (której dostawa jest przedmiotem Zadania 2);
 - wymianę zbiornika Dewara na nowy;
- Sprawdzenie poprawności działania i dostosowanie do pracy w ramach systemu chłodzenia pozostałych komponentów współpracujących z chłodziarką uzupełniającą, udostępnionych przez Zamawiającego;
- Produkcję lub zakup wszystkich komponentów, elementów lub układów dodatkowych niezbędnych dla włączenia chłodziarki uzupełniającej do HCS zgodnie z projektem;
- Transport komponentów udostępnianych przez Zamawiającego do siedziby Wykonawcy;
- Transport komponentów HCS (wcześniej udostępnionych przez Zamawiającego i nowo dostarczanych) do Zamawiającego i ich rozładunek wraz z zapewnieniem niezbędnych do tego celu narzędzi;
- Pozycjonowanie ze szczególnym uwzględnieniem elementów przyłączeniowych do innych podsystemów np. CDS lub układu chłodzenia kompresorów;
- Instalacja wszystkich komponentów, w tym wszystkich niezbędnych elementów podpór. Wykonawca jest również odpowiedzialny za wszelkie niezbędne rusztowania, dźwigi i pomosty robocze wymagane do tego celu;
- Uruchomienie i wykonanie testów chłodziarki uzupełniającej zgodnie z opisem w rozdziale 14.

16.1.3. DOKUMENTACJA

Dokumenty wymienione poniżej należą do zakresu dostawy:

- Cała wymagana dokumentacja stworzona na podstawie wymagań:
 - Dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/WE
 - Urzędu Dozoru Technicznego
 - Jednostek notyfikowanych
 - oznakowania CE

- deklaracji zgodności
- Szczegółowa specyfikacja i instrukcje użytkowania i konserwacji dla wszystkich komponentów
- Aktualny schemat P&ID
- Niezbędne obliczenia średnic, grubości ścianek, przepływów, spadków ciśnień itp.
- Obliczenia i dobór zaworów, w tym zaworów bezpieczeństwa
- Modele 3D dostarczanych urządzeń, w tym projekt 3D zespołów w pliku stp i plikach natywnych w tym szczegółowe modele komponentów wykonanych bezpośrednio u Wykonawcy.
- Kompletny zestaw rysunków złożeniowych i wykonawczych i uaktualnionych powykonawczych wszystkich komponentów typu rurociągi, interfejsy itp., wraz z wykazami części, spisem użytych materiałów itp.
- Plan zarządzania jakością wraz z harmonogramem
- Listy użytych materiałów z raportami z testów i certyfikatami materiałowymi EN 10204-3.1
- Dokumentacja dotycząca procedur spawalniczych, w tym certyfikaty z testów technologii spawania, egzaminów spawaczy i próbek spawalniczych
- Wszystkie raporty z testów i inspekcji, w tym protokoły z badań rentgenowskich spoin, protokoły VT, protokoły z testów szczelności helowych, protokoły testów ciśnieniowych itp.
- Raporty i wszystkie inne dokumenty powstałe podczas okresowych spotkań/wizyt itp.
- Dokumenty związane z realizacją każdego z etapów projektu opisanych w rozdziale 18.

Wszystkie dokumenty będą zostać dostarczone w formie elektronicznej na płycie CD, na dwóch nośnikach USB oraz wydrukowane w 3 zestawach.

Powyższe dokumenty należy dostarczyć w języku angielskim lub polskim.

Wszystkie jednostki miar, wag itp. muszą należeć do układu SI. Niezależnie od dokumentacji dla Zamawiającego, Wykonawca musi prowadzić listę wszystkich przygotowywanych dokumentów ze wskazaniem statusu rewizji. Wszystkie zmiany w ważnych dokumentach muszą być wyraźnie oznaczone w celu wskazania statusu rewizji (indeks zmian). W przypadku ponownych zmian należy usunąć oznaczenia z poprzedniej rewizji. Dokumenty niezgodne z tymi obostrzeniami zostaną odrzucone i uznane za niezłożone. Należy podać numery identyfikacyjne wszystkich dokumentów.

16.2. W ZAKRESIE ZADANIA 2

16.2.1. KOMPONENTY

Zakres dostawy obejmuje cały System Schładzania Helu, w skład którego wchodzi następujące elementy:

- Chłodziarka podstawowa
- Zimne kompresory
- Kompresory helu
- System zarządzania gazem
- Odolejacz
- System pomp próżniowych
- Szafa sterownicza z układem sterowania
- Układ oczyszczania helu
- Układ oczyszczania instalacji tzw. „purge”
- Układ odzysku helu
- Zbiorniki buforowe helu gazowego
- Zbiorniki wysokiego ciśnienia (do 200 bar) helu gazowego zbierające gaz z systemu odzysku helu

- Dodatkowe zbiorniki helu gazowego zbierające gaz z systemu odzysku helu, jeżeli ich dostawa wynika z projektu technicznego
- System analizy gazów procesowych
- Linie transferowe pomiędzy poszczególnymi podzespołami
- Izolowana próżniowo linia ciekłego azotu (w zakresie wymagany przez chłodziarkę podstawową)
- Oprzyrządowanie dostarczanych komponentów: zawory kriogeniczne, ciepłe zawory, zawory ręczne, zawory bezpieczeństwa, płytki bezpieczeństwa, przetworniki ciśnienia, wskaźniki ciśnienia, czujniki temperatury, czujniki poziomu, grzałki etc.
- Podpory zewnętrzne (ze śrubami i elementami do ich mocowania etc.) dla wyżej wymienionych podzespołów
- Komponenty niezbędne do włączenia do Systemu Schładzania Helu układów chłodziarki dostarczonych w obrębie realizacji Zadania 1
- Inne komponenty, które nie zostały wymienione, a które będą zapewniać pracę chłodziarki
- Części zapasowe

W zakresie części zapasowych Wykonawca powinien zaproponować ich listę obejmującą te części, które ze względu na długi czas dostawy mogą znacząco opóźnić ponowne uruchomienie HCS w przypadku awarii. Ponadto, Wykonawca powinien przewidzieć dostawę części zapasowych, których wymiana po okresie gwarancji może być wykonana samodzielnie przez Zamawiającego. Do takich części należą uszczelki zaworów, elementy rozdziału powietrza, filtry kompresorów itp. Wszystkie części zapasowe muszą być wycenione indywidualnie.

Dodatkowo Wykonawca zapewni na czas montażu:

- Narzędzia niezbędne do instalacji
- Wyposażenie niezbędne do przeprowadzenia testów ciśnieniowych, testów szczelności helowej, testów wydajności itp.
- Urządzenia do pozycjonowania
- Gazy techniczne do spawania, testowania i płukania instalacji
- Wszelkie specjalistyczne narzędzia i urządzenia dźwigowe niezbędne podczas instalacji i prac na wysokościach, m.in. rusztowania, wciągarki, dźwigi, platformy itp.
- Inne narzędzia, które mogą być potrzebne do przeprowadzenia napraw lub konserwacji

16.2.2. ZAKRES PRAC

Przedmiotem dostawy są następujące czynności:

- Wykonanie projektu inżynierii procesowej całego Systemu Chłodzenia Helu uwzględniającego, jako jeden z komponentów chłodziarkę uzupełniającą, zgodnie z wymogami Dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/WE i norm zawartych w tym dokumencie. Ustalenie kategorii, do której klasyfikuje się układ chłodziarki, spoczywa na Wykonawcy, natomiast wybór modułu procedury zgodności komponentów chłodziarki spośród ustalonej przez Wykonawcę kategorii, spoczywa na Zamawiającym.
- Wykonanie niezbędnych obliczeń cieplnych, termodynamicznych, mechanicznych, wytrzymałościowych.
- Przeprowadzenie obliczeń i analiz oraz doboru urządzeń takich jak zawory, czujniki, przetworniki itp.
- Określenie wymagań i parametrów technicznych komponentów zapasowych, uzupełniających System Schładzania Helu, opisanych w Rozdziale 16.2.1
- Produkcja chłodziarki podstawowej

- Produkcja lub zakup wszystkich pozostałych komponentów Systemu Chłodzenia Helu
- Transport komponentów chłodziarki do siedziby Zamawiającego i ich rozładunek wraz z zapewnieniem niezbędnych do tego celu narzędzi.
- Pozycjonowanie ze szczególnym uwzględnieniem elementów przyłączeniowych do innych podsystemów np. CDS lub układu chłodzenia kompresorów.
- Instalacja wszystkich komponentów, w tym wszystkich niezbędnych elementów podpór. Wykonawca jest również odpowiedzialny za wszelkie niezbędne rusztowania, dźwigi i pomosty robocze wymagane do tego celu.
- Włączenie do Systemu Schładzania Helu komponentów dostarczonych w zakresie Zadania 1
- Uruchomienie i wykonanie testów chłodziarki zgodnie z opisem w rozdziale 14.

16.2.3. DOKUMENTACJA

Dokumenty wymienione poniżej należą do zakresu dostawy:

- Cała wymagana dokumentacja stworzona na podstawie wymagań:
 - Dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/WE
 - Urzędu Dozoru Technicznego
 - Jednostek notyfikowanych
 - oznakowania CE
 - deklaracji zgodności
- Szczegółowa specyfikacja i instrukcje użytkowania i konserwacji dla wszystkich komponentów
- Aktualny schemat P&ID
- Niezbędne obliczenia średnic, grubości ścianek, przepływów, spadków ciśnień itp.
- Obliczenia i dobór zaworów, w tym zaworów bezpieczeństwa
- Modele 3D dostarczanych urządzeń, w tym projekt 3D zespołów w pliku stp i plikach natywnych w tym szczegółowe modele komponentów wykonanych bezpośrednio u Wykonawcy.
- Kompletny zestaw rysunków złożeniowych i wykonawczych i uaktualnionych powykonawczych wszystkich komponentów typu rurociągi, interfejsy itp., wraz z wykazami części, spisem użytych materiałów itp.
- Plan zarządzania jakością wraz z harmonogramem
- Listy użytych materiałów z raportami z testów i certyfikatami materiałowymi EN 10204-3.1
- Dokumentacja dotycząca procedur spawalniczych, w tym certyfikaty z testów technologii spawania, egzaminów spawaczy i próbek spawalniczych
- Wszystkie raporty z testów i inspekcji, w tym protokoły z badań rentgenowskich spoin, protokoły VT, protokoły z testów szczelności helowych, protokoły testów ciśnieniowych itp.
- Raporty i wszystkie inne dokumenty powstałe podczas okresowych spotkań/wizyt itp.
- Dokumenty związane z realizacją każdego z etapów projektu opisanych w rozdziale 18.

Wszystkie dokumenty będą zostać dostarczone w formie elektronicznej na płycie CD, na dwóch nośnikach USB oraz wydrukowane w 3 zestawach.

Powyższe dokumenty należy dostarczyć w języku angielskim lub polskim.

Wszystkie jednostki miar, wag itp. muszą należeć do układu SI. Niezależnie od dokumentacji dla Zamawiającego, Wykonawca musi prowadzić listę wszystkich przygotowywanych dokumentów ze wskazaniem statusu rewizji. Wszystkie zmiany w ważnych dokumentach muszą być wyraźnie oznaczone w celu wskazania statusu rewizji (indeks zmian). W przypadku ponownych zmian należy usunąć oznaczenia z poprzedniej rewizji. Dokumenty niezgodne z tymi obostrzeniami zostaną odrzucone i uznane za niezłożone. Należy podać numery identyfikacyjne wszystkich dokumentów.

16.3. SZKOLENIE

Wykonawca zapewni szkolenie z obsługi Systemu Schładzania Helu dla personelu Zamawiającego wraz z niezbędną dokumentacją. Szkolenie oraz dokumentacja musi swoim zakresem obejmować m.in. takie tematy jak: budowa HCS, uruchomienie, tryby pracy, wyłączenie Systemu, testowanie Systemu, postępowanie w sytuacjach awaryjnych, wymianę części niewymagających obecności serwisu Wykonawcy.

16.4. CHŁODZIARKA UZUPEŁNIAJĄCA

Chłodziarka uzupełniająca musi zapewnić wystarczającą moc chłodniczą dla poniższych trybów pracy:

1. Wykonanie testów 1 kriomodulu przy temperaturze 2K, przy wychłodzonym CDS.
Przewidywane obciążenia cieplne:
96 W na poziomie 2 K, 98 W na poziomie 5 K, oraz 376 W na poziomie 40 – 80 K
2. Zapewnienie utrzymania CDS i kriomodulów w trybie gotowości (2K) podczas serwisu chłodziarki podstawowej.
Przewidywane obciążenia cieplne:
77 W na poziomie 2 K, 113 W na poziomie 5 K, oraz 376 W na poziomie 40 – 80 K
3. Wsparcie dla chłodziarki podstawowej podczas wzrostu zapotrzebowania na moc chłodniczą ponad wartość nominalną.

16.4.1. ZAKRES PRAC

Przystosowanie, zainstalowanie oraz uruchomienie chłodziarki uzupełniającej w układzie umożliwiającym zasilanie przez nią CDS w ograniczonym zakresie niezbędnym dla testów i uruchamiania komponentów akceleratora PolFEL, wraz z dostawą niezbędnych w tym celu elementów dodatkowych, jest przedmiotem Zadania 1, a jej zintegrowanie z układem chłodziarki podstawowej stanowi element Zadania 2.

Obecnie chłodziarka uzupełniająca jest zdemontowana i wraz z komponentami współpracującymi (m.in. zbiornik Dewara, kompresor) została zmagazynowana na w siedzibie Zamawiającego. Zakres prace związanych z przystosowaniem chłodziarki uzupełniającej do współpracy z chłodziarką podstawową został określony w Rozdziałach 16.2 i 16.3, a jego realizacja pozostaje w gestii Wykonawcy, który ponosi wszystkie koszty z tym związane. Zamawiający dopuszcza poszerzenie tego zakresu pod warunkiem, że takie poszerzenie zostanie wcześniej uzgodnione z Zamawiającym i że jego koszty zostaną poniesione przez Wykonawcę.

Poniższy Rozdział 16.4.2 zawiera opis techniczny chłodziarki uzupełniającej. Na etapie składania ofert Zamawiający umożliwi każdemu uczestnikowi postępowania na jego życzenie dostęp do chłodziarki uzupełniającej w celu zapoznania się z jej stanem technicznym, kompletnością elementów itp.

Chłodziarka uzupełniająca ma stanowić element docelowego Systemu Chłodzenia Helu wspomagający działanie chłodziarki podstawowej. Wykonawca w ramach projektu technicznego zaplanuje etapową realizację Zadania 2 w taki sposób, by zsynchronizować część realizowanych w jego ramach dostaw i instalacji z harmonogramem realizacji Zadania 1, optymalizując wykorzystanie zasobów i urządzeń oraz unikając zbędnego dublowania prac. W szczególności, Zamawiający powinien, równolegle do realizowanej w ramach Zadania 1 instalacji chłodziarki uzupełniającej, w ramach Zadania 2 zrealizować dostawy i przeprowadzić prace instalacyjne orurowania i oprzyrządowania, którego instalacja w późniejszym terminie mogłaby kolidować z pracą chłodziarki uzupełniającej, systemu oczyszczania i odzysku helu, zestawu kompresorów oraz części (lub całości) wyposażenia stacji pomp próżniowych.

16.4.2. OPIS TECHNICZNY

Chłodziarka pomocnicza, oryginalnie zainstalowana i działająca w laboratorium STFC Daresbury jako element infrastruktury akceleratora CLARA, została zbudowana wokół coldboxa skraplarki helowej Linde TCF 50 (rok produkcji 2006), charakteryzującej się nominalną wydajnością 190 l/h, helu o temperaturze 4,45 K przy ciśnieniu 1,25 bara. Bezpośrednio przed jej demontażem skraplarka była w pełni sprawna technicznie.

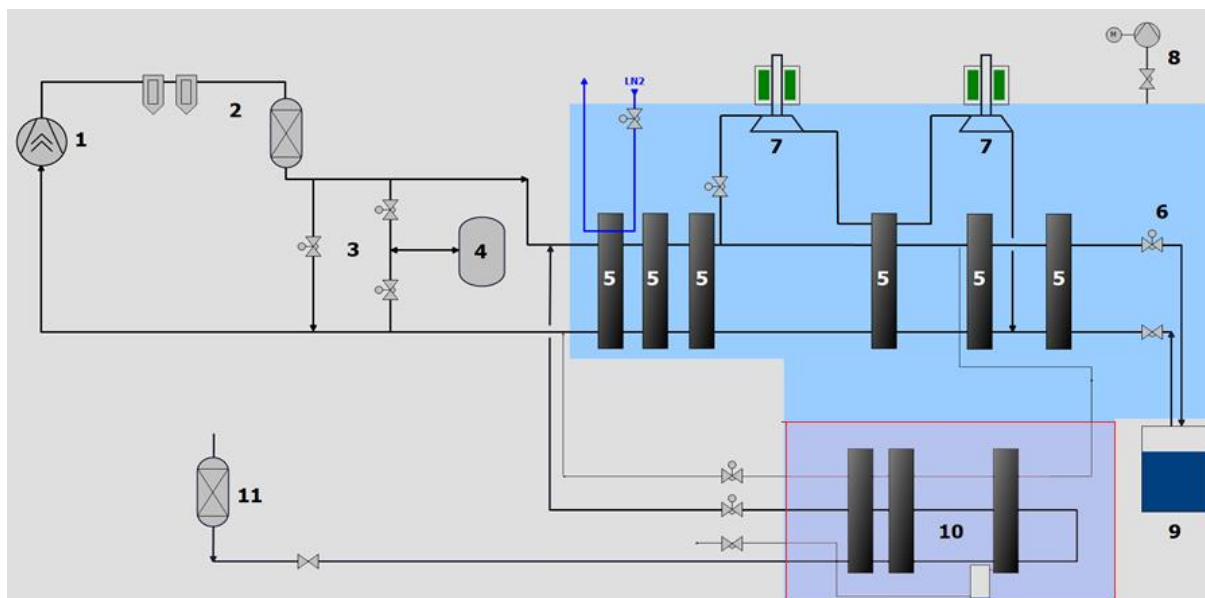
Obok coldboxa skraplarki w skład układu wchodziła także:

- Sprężarka śrubowa (kompresor)
- Szafa sterownicza
- Układ pompy próżniowej 2K
- Zbiornik Dewara ciekłego helu o pojemności 2000 l.

Spośród powyższych komponentów jedynie coldbox skraplarki oraz sprężarka (kompresor) mogą zostać wykorzystana w Systemie Schładzania Helu PolFEL. Układ sterowniczy skraplarki (w tym – szafa sterownicza) musi zostać wymieniony na nowy, kompatybilny z układem sterowania podstawowej skraplarki helowej, której dostawa wchodzi w zakres Zadania 2. Pompa 2K nie została przekazana Zamawiającemu i musi zostać zastąpiona nowym urządzeniem. Zbiornik Dewara budzi zastrzeżenia co do jego stanu technicznego i ze względów ostrożnościowych musi zostać zastąpiony nowym zbiornikiem dostarczonym przez Wykonawcę.

16.4.2.1. CHŁODZIARKA POMOCNICZA W UKŁADZIE ORYGINALNYM

Chłodziarka pomocnicza, to zautomatyzowane i wyposażone w układ sterowania urządzenie obejmujące sprężarkę śrubową, turbiny rozprężania gazu i zintegrowany oczyszczacz, które umożliwiało ciągłe skraplanie helu. Skraplanie helu odbywało się zgodnie z zasadą Claudea (w warunkach adiabatycznych wykonanie pracy przez gaz prowadzi do obniżenia jego temperatury). Schemat blokowy działania chłodziarki w oryginalnym układzie został zilustrowany na Rys. 16.1.



Rys. 16.1 Schemat blokowy chłodziarki pomocniczej:

1. Kompresor śrubowy; 2. Układ odolejania; 3. Panel zarządzania gazem; 4. Zbiornik buforowy czystego gazu; 5. Wymienniki ciepła; 6. Zawór Joula-Thomsona; 7. Turboekspander; 8. Układ próżniowy; 9. Zbiornik Dewara helu ciekłego; 10. Oczyszczacz; 11. Suszarka.

Kolorem niebieskim wyróżniono coldbox skraplarki.

Sprężarka śrubowa z wtryskiem oleju, produkcji firmy Kaeser, z pojedynczym konwerterem częstotliwości (zaznaczony numerem 1. na Rys. 16.1) zapewniała sprężanie oczyszczonego helu od 1,05 bara do około 13 barów przy ciągłym rozpraszaniu powstającego ciepła sprężania. W następnym kroku olej był usuwany z cyrkulującego chłodzonego gazowego helu poprzez filtr koalescencyjny i dedykowany adsorber (numer 2. na Rys. 16.1).

Właściwy proces schładzania miał miejsce w dwóch kolejnych turbinach rozprężeniowych (turboekspanderach), oznaczonych numerem 7. na Rys. 16.1, na których część cyrkulującego helu wykonywała pracę zewnętrzną. W warunkach stacjonarnych temperatura końcowa na wyjściu drugiej turbiny wynosiła około 10 K.

W temperaturze poniżej 8 K część krążącego gazu była dławiona do ciśnienia ok. 1,3 bara przez zawór Joule-Thomsona (oznaczony numerem 6. na schemacie blokowym). W tym przypadku powstawała mieszanina parowo-cieczowa o temperaturze 4,5 K, która poprzez linię przesyłową była następnie odprowadzana do zbiornika ciekłego helu. Zimny hel gazowy wytwarzany podczas dławienia był używany w ciągłym obiegu wraz z niskociśnieniowym strumieniem płynącym z turbin w procesie wymiany przeciwpądowej do chłodzenia ciepłego gazu. Wykorzystywano w tym celu aluminiowe płytowe wymienniki ciepła (oznaczone numerem 5 na Rys. 16.1).

16.4.2.2. AUTOMATYCZNE OCZYSZCZANIE PRZEZ WYMRAŻANIE

Aby uniknąć osadów spowodowanych zamarzniętymi zanieczyszczeniami, w obiegu skraplania helu można stosować jedynie czynnik gazowy uzyskany w procesie oczyszczania. W procesie tym zanieczyszczony hel gazowy przechowywany w zbiorniku ciśnieniowym podawany był do oczyszczacza pod ciśnieniem 24 barów. Z pomocą suszarki usuwana była z niego wilgoć resztkowa. Następnie hel był schładzany do temperatury około 65 K za pomocą wymiennika ciepła, w wyniku czego większość zawartego w nim powietrza ulegała skropleniu i była usuwana przez wydmuch do atmosfery. Bariera płynu zabezpieczała przed utratą helu. Pozostałe resztkowe powietrze ulegało zamrożeniu w procesie dalszego chłodzenia w oczyszczalniku do temperatury około 30 K. W tej temperaturze następowała także adsorpcja śladowego neonu i wodoru w specjalnym adsorberze.

Regeneracja oczyszczacza odbywała się automatycznie zgodnie ze schematem: odgrzewanie → dekompresja → przedmuch i była uzależniona od ilości niezamarzających zanieczyszczeń.

Czysty gaz podawany był w następnym kroku do oddzielnej instalacji odzysku. Oczyszczony zimny hel gazowy był używany razem z zimnym gazem pozostającym w obiegu do ciągłego chłodzenia zanieczyszczonego ciepłego helu w wymiennikach ciepła oczyszczacza. Następnie, oczyszczony hel był wprowadzany zgodnie z wymaganiami do procesu cyrkulacji lub do zbiornika buforowego gazu czystego.

Zbiornik buforowy służył przede wszystkim do przechowywania czystego gazu wymaganego do skraplania podczas regeneracji oczyszczacza oraz do dostarczania czystego gazu podczas działania instalacji. Zbiornik buforowy czystego gazu był automatycznie napełniany czystym helem podczas procesu skraplania.

16.4.2.3. CHŁODZIARKA POMOCNICZA W SYSTEMIE SCHŁADZANIA HELU

Chłodziarka pomocnicza funkcjonująca w Systemie Schładzania Helu PolFEL musi dostarczać hel w dwóch stanach termodynamicznych: w stanie nadkrytycznym (5 K, 4 bara) oraz w zimnym stanie gazowym (40 K, 13 bara). W tym celu oryginalny układ chłodziarki przedstawiony na Rys. 16.1 musi zostać zmodyfikowany i uzupełniony o dodatkowe urządzenia zapewniające wytwarzanie zimnego helu o wymaganych parametrach. Wykonawca zobowiązany jest do opracowania kompletnego układu chłodziarki pomocniczej w Systemie

Schładzania Helu oraz określenie jego wszystkich elementów składowych na etapie projektu technicznego (Rozdział 18.3) i projektu wykonawczego (Rozdział 18.4).

16.4.2.4. PARAMETRY TECHNICZNE KOMPONENTÓW CHŁODZIARKI POMOCNICZEJ

Parametry układów chłodziarki pomocniczej podano w poniższych tabelach. Dane dotyczące komponentów brakujących lub przewidzianych do wymiany pominięto.

Tabela 16.1. Warunki pracy i główne parametry wydajnościowe skraplarki

Temperatura przechowywania	-15 – +33 °C
Temperatura otoczenia	3 – 38 °C
Wilgotność	25 – 75 %
Przepływ helu gazowego w kompresorze	79,4 g/s
Ciśnienie i temperatura w kompresorze	1,05 bara, 297 K
Chłodzenie ciekłym azotem	
ciśnienie	<3,5 bara
przepływ	40 g/s
Wlot helu do skraplarki	
ciśnienie	13 bara
temperatura	< 303 K
prędkość przepływu helu gazowego	79,4 g/s
Ciśnienie helu na wyjściu	1,05 bara
Parametry helu w zbiorniku	
ciśnienie	1,25 bara
temperatura	4,45 K
wydajność skraplania	190 l/h

Tabela 16.2. Parametry elektryczne układów chłodziarki

Sprężarka	
Napięcie	400 V
Częstotliwość	50 Hz
Liczba faz	3
Moc wejściowa	250 kW
Prąd rozruchowy	1080 A

Zabezpieczenie prądowe – wolne	500 A
Przewody zasilające	2 przewody 4 x 150 mm ²

Coldbox skraplarki	
Napięcie	400 V
Częstotliwość	50 Hz
Liczba faz	3
Moc wejściowa	16 kW
Zabezpieczenie prądowe – wolne	32 A
Przewody zasilające	1 przewód 5 x 10 mm ²

Tabela 16.3. Parametry chłodzenia wodą

Parametry ogólne wody chłodzącej	
Ciśnienie na zasilaniu	4 – 8 barg
Temperatura	20 – 30 °C
pH	7 – 10
wtrącenia	Brak
Twardość (w skali francuskiej)	< 18
Zanieczyszczenia biologiczne	Brak
Zawartość glikolu	< 20 wt%
Ciśnienie na powrocie	ok. 2,5 barg
Sprężarka	
Zużycie	9500 m ³ /h
Przyrost temperatury	ok. 11 °C
Różnica ciśnień (wlot – wylot)	0,4 mbar

17. PRACE INSTALACYJNE NA TERENIE W SIEDZIBIE ZAMAWIAJĄCEGO

Przed przystąpieniem do prac na w siedzibie Zamawiającego, Wykonawca musi dostarczyć pełną listę nazwisk wszystkich pracowników, którzy będą brać udział w pracach montażowych Systemu Schładzania Helu. Pracownicy ci zostaną następnie przeszkoleni przez Zamawiającego, co zostanie potwierdzone w formie pisemnej.

Wykonawca jest zobowiązany do przestrzegania przepisów prawnych, BHP a także przepisów wewnętrznych Zamawiającego, które mogą wykraczać poza ogólne przepisy prawa. W przypadku złamania przez pracownika Wykonawcy zasad bezpieczeństwa, Zamawiający może natychmiast wydalić pracownika z terenu budowy. W takim przypadku Wykonawca musi niezwłocznie zapewnić zastępstwo.

Komponenty Systemu Schładzania Helu muszą być dostarczane do Zamawiającego w stanie minimalizującym prace montażowe na miejscu.

W związku z laboratoryjnym charakterem budynków i pomieszczeń na terenie NCBJ, wszystkie prace należy wykonywać w sposób zapewniający odpowiednią czystość. Wszelkie prace, które wywołują pylenie lub brud, takie jak cięcie, wiercenie, szlifowanie, frezowanie itp., powinny być unikane lub przynajmniej ograniczane i w miarę możliwości wykonywane na zewnątrz budynków, lub w specjalnie przeznaczonych do tego miejscach. Jeśli któryś z tych procesów jest niezbędny, to podczas jego realizacji należy używać zasłon, urządzeń do usuwania oparów, odkurzaczy itp., aby nie doprowadzać do zanieczyszczenia.

Wszystkie urządzenia niezbędne do wykonania prac montażowych, takie jak dźwigi, podnośniki, rusztowania, narzędzia ręczne, gaz spawalniczy, itp. zapewnia Wykonawca.

Toalety i prysznice dla pracowników Wykonawcy będą dostępne na terenie NCBJ.

Zamawiający zapewnia zasilanie, ale należy wziąć pod uwagę, że punkty podłączenia elektrycznego mogą znajdować się w dużej odległości od miejsca pracy i mogą być potrzebne dodatkowe przedłużacze. Wszystkie przedłużacze dostarcza Wykonawca.

Wiercenie w ścianach, podłogach i sufitach jest ściśle ograniczone i może być wykonywane tylko przed uzyskaniem pisemnej zgody Zamawiającego. Wszelkie miejsca wiercenia należy przewidzieć na etapie projektowania i wyraźnie wskazać je podczas przeglądu projektu technicznego (TDR). Opis wiercenia musi zawierać wszystkie niezbędne informacje, ważne dla konstrukcji budynku, takie jak średnica otworu wraz z długością, typ urządzenia wykonującego otwór i typ śruby. Maksymalny dopuszczalny rozmiar gwintu to 24 mm. Można stosować kotwy chemiczne i rozporowe. Konieczność wykonania otworów należy zgłosić Zamawiającemu na pięć dni przed rozpoczęciem operacji.

18. REALIZACJA UMOWY

18.1. INFORMACJE OGÓLNE

Ten rozdział zawiera opis prac i działań zmierzających do realizacji zakresu dostawy określonego w rozdziale 16. Prace zostały podzielone przy uwzględnieniu kamieni milowych opisanych w rozdziale 19 niniejszego dokumentu. Realizacja umowy musi być przeprowadzona według etapów określonych poniżej.

18.2. FAZA 1: PROJEKT KONCEPCYJNY

Projekt koncepcyjny został opracowany przez Politechnikę Wrocławską w ramach udziału w Konsorcjum PolFEL. Faza 1 została zakończona po pomyślnym zamknięciu przeglądu projektu koncepcyjnego Systemu Schładzania Helu w sierpniu 2021 r.

Projekt koncepcyjny stanowi podstawę do przygotowania niniejszych wymagań technicznych dla Systemu Schładzania Helu oraz do dalszych prac projektowych w celu opracowania przez Wykonawcę projektu technicznego w fazie 2.

18.3. FAZA 2: PROJEKT TECHNICZNY

Faza 2 rozpoczyna się od spotkania inauguracyjnego Kick of Meeting (KOM), na którym Zamawiający wraz z Wykonawcą omówią szczegóły projektu i podczas którego wyjaśnione zostaną ewentualne wątpliwości oraz zostaną ustalone zasady współpracy.

Faza projektu wstępnego kończy się przeglądem projektu technicznego (TDR) w formie raportu.

Kryterium pozytywnego zamknięcia TDR jest akceptacja przez Zamawiającego dokumentów przedstawionych przez Wykonawcę, które będą zawierać, co najmniej, następujące pozycje:

- Plan zarządzania projektem (PMP) wraz z harmonogramem dostaw (dokument ten należy przedstawić na najwcześniejszym etapie tej fazy)
- Aktualizację schematu P&ID
- Wstępny dobór urządzeń
- Wstępny zestaw modeli 3D komponentów
- Opracowania techniczne, obliczenia, analizy
- Obliczenia konstrukcyjne, cieplne i przepływowe
- Zestawienia potrzebnych mediów dla układu HCS (prąd, moc chłodnicza, zużycie wody i powietrza procesowego, zużycie LN₂, inne)
- Dokumenty dotyczące interfejsów
- Wstępną lokalizację urządzeń i rurociągów oraz ich podpór

18.4. FAZA 3: PROJEKT WYKONAWCZY

Faza ta polega na opracowaniu projektu wykonawczego i dokumentacji produkcyjnej, wystarczającej do wytworzenia komponentów Systemu Schładzania Helu przez Wykonawcę. Dokumentacja musi zawierać wszystkie wymagania dotyczące HCS i definicje interfejsów.

Faza projektu wykonawczego kończy się ostatecznym przeglądem projektu (FDR) w formie raportu.

Kryterium pozytywnego zamknięcia FDR jest akceptacja przez Zamawiającego dokumentów przedstawionych przez Wykonawcę, które będą zawierać, co najmniej, następujące pozycje:

- Aktualizację schematu P&ID
- Ostateczne wersje obliczeń mechanicznych, cieplnych i hydraulicznych, oraz analizy techniczne i uwagi inżynierskie
- Projekt wykorzystania chłodziarki Daresbury
- Dobór urządzeń HCS
- Projekt rozmieszczenia i posadowienia urządzeń HCS
- Kompletny zestaw rysunków 2D i modeli 3D niezbędnych do rozpoczęcia produkcji
- Obliczenia strukturalne i analiza przyspieszeń transportowych w celu zapewnienia odpowiednich warunków podczas transportu
- Dokumenty dotyczące interfejsów
- Metodologię weryfikacji spełnienia wymogów specyfikacji i plan testów odbiorowych
- Specyfikację obsługi komponentów HCS po dostawie do Zamawiającego
- Pełne dane i specyfikacje potrzebne do zakupu elementów zapasowych wykazanych w pkt. 16.2.
- Listę producentów dostarczających instrumentację i wybrane komponenty
- Zaktualizowane zestawienie potrzebnych mediów dla HCS (prąd, moc chłodnicza, zużycie wody i powietrza procesowego, zużycie LN₂, inne)

Wszystkie wymagania specyfikacji HCS muszą zostać zweryfikowane przez Wykonawcę i udokumentowane w drodze analizy, testów, inspekcji i/lub demonstracji w fazie projektu wykonawczego, aby spełnić założenia

specyfikacji technicznej. Pomimo zatwierdzenia przez Zamawiającego przedłożonych dokumentów (rysunków, obliczeń, analiz, doborów itp.), nie zwalnia to Wykonawcy przed odpowiedzialnością za ich treść i ewentualne błędy popełnione podczas ich przygotowania.

18.5. FAZA 4: PRODUKCJA

Na etapie produkcji, po osiągnięciu przez Wykonawcę gotowości produkcyjnej, komponenty są wytwarzane i testowane. Osiągnięcie gotowości produkcyjnej musi być poprzedzone przeglądem gotowości produkcyjnej (MRR).

Faza produkcji kończy się przeglądem wyników z testów funkcjonalnych (MAR) w formie raportu.

Zakres przeglądu gotowości produkcyjnej obejmuje:

- Plan kontroli jakości
- Dokumenty kwalifikacyjne Wykonawcy
- Procedury spawalnicze i uprawnienia Wykonawcy w zakresie wykonywania połączeń spawanych

Faza produkcji może być rozpoczęta po przygotowaniu i przedstawieniu Zamawiającemu rysunków wykonawczych komponentów, sposobu montażu, certyfikatów materiałowych, procedur spawalniczych, planów procesów produkcyjnych oraz planu kontroli jakości.

Faza 4 obejmuje również testy akceptacji poprodukcyjnej (MAT), które następują po wyprodukowaniu komponentów HCS. Testy te musi zaplanować i przeprowadzić Wykonawca przed wysyłką urządzeń do w siedziby Zamawiającego. Testy muszą być przeprowadzane w obecności przedstawiciela Zamawiającego.

Faza produkcji kończy się w chwili zakończenia produkcji wszystkich komponentów HCS i pomyślnym zakończeniem testów poprodukcyjnych (MAT) oraz przekazaniem odpowiedniej dokumentacji do Zamawiającego (MAR) i jej akceptacją.

Kryterium pozytywnego zamknięcia testów poprodukcyjnych jest akceptacja przez upoważnionego przedstawiciela Zamawiającego dokumentów przedstawionych przez Wykonawcę, które będą zawierać co najmniej następujące pozycje:

- Protokoły z testów
- Dokumentację powykonawczą
- Certyfikaty materiałowe
- Protokoły pomiarowe

18.6. FAZA 5: DOSTAWA

Faza dostawy została opisana w rozdziale 15, gdzie przedstawiono między innymi sposób zabezpieczenia urządzeń, oraz w rozdziale 14.3.1, który opisuje kontrolę komponentów dostarczanych na plac budowy w NCBJ. Faza ta zakończy się sprawdzeniem każdej partii dostarczonych do w siedziby Zamawiającego komponentów.

Kryterium pozytywnego zamknięcia fazy dostawy jest dokument zatwierdzający dostawę (DAC) wydany przez upoważnionego przedstawiciela Zamawiającego, potwierdzający spełnienie wszystkich wymagań opisanych w rozdziałach 15 i 14.3.1.

18.7. FAZA 6: INSTALACJA

Faza instalacji składa się z następujących etapów:

- Pozycjonowanie podpór
- Instalacja komponentów HCS na podporach
- Pozycjonowanie punktów interfejsu

- Łączenie elementów HCS
- Testowanie połączeń
- Zamknięcie płaszcza próżniowego (dotyczy odpowiednich elementów)
- Testy: ciśnieniowe, próby szczelności, układu sterowania itp.
- Przygotowanie do testu odbiorowego (punkt 14.4) i Fazy 7 – przygotowanie procedury (krok po kroku) testowania całego HCS wraz z podłączonym urządzeniem generującym wymagane obciążenia cieplne.

Faza ta zostanie zakończona odbiorem instalacji, która musi uwzględniać akceptację wszystkich raportów, protokołów powstałych w tej fazie oraz zawierać oświadczenie o gotowości do przystąpienia do wykonania testów odbiorowych.

Kryterium pozytywnego zakończenia fazy 6 jest spełnienie przez Wykonawcę wymagań odnoszących się do każdego z etapów opisanych w tym rozdziale oraz pozytywne przejście wszystkich testów opisanych w rozdziale 14.3, co musi być potwierdzone stosownym dokumentem przeglądu tej fazy w formie raportu (IAR).

18.8. FAZA 7: URUCHOMIENIE I ODBIÓR

Faza uruchomienia i odbioru bazuje na wytycznych przedstawionych w rozdziale 14.4, gdzie zostały opisane testy, jakie należy przeprowadzić po zakończeniu instalacji. Podczas tej fazy zostaną przeprowadzone wstępne testy odbiorowe (PAT) oraz końcowe testy odbiorowe (FAT). Podczas przeglądu wyników tych testów, Wykonawca będzie musiał udowodnić, że instalacja spełnia założenia projektowe oraz wszystkie wymagania niniejszej specyfikacji i założenia powstałe podczas projektowania. Przegląd odbiorowy (PAR) musi zawierać raporty i protokoły z PAT opisane w rozdziale 14.4.2 wraz z potwierdzeniem ich pozytywnych wyników.

Po pozytywnym wykonaniu końcowych testów odbiorowych (wykonanie 1 pełnego cyklu roboczego i bezawaryjnej pracy Systemu przez 3 tygodnie) zostanie przeprowadzony końcowy przegląd odbiorowy (FAR). Na tym etapie wszystkie dokumenty, komponenty i czynności wymienione w rozdziale 14 muszą zostać ukończone i dostarczone przez Wykonawcę do siedziby Zamawiającego, bez żadnych negatywnych informacji zwrotnych ze strony Zamawiającego. Działania te będą sprawdzane i weryfikowane podczas przeglądu odbiorowego Systemu (SAR). Podczas przeglądu odbiorowego Systemu wszystkie dokumenty, ich kompletność, zawartość, a także dane z testów zostaną sprawdzone i zweryfikowane przez przedstawiciela Zamawiającego. Warunkiem zamknięcia przeglądu odbiorowego Systemu (SAR) jest przedstawienie raportów i protokołów z końcowego testu akceptacji opisanego w rozdziale 14.4.4, wraz z potwierdzeniem ich pozytywnych wyników.

Kryterium pozytywnego zamknięcia przeglądu odbiorowego Systemu (SAR) jest również dokument wydany przez Zamawiającego potwierdzający spełnienie wszystkich wymagań opisanych w rozdziałach 16 i 14.4.

19. KAMIENIE MIŁOWE

Kamienie milowe przedstawione w tabelach 19.1 i 19.2, stanowią podstawowy mechanizm monitorowania postępów prac Wykonawcy. Kamienie milowe odnoszą się do każdego elementu lub systemu dostarczanego w ramach umowy, które podlegają odpowiednim dokumentom specyfikacji.

Osiągnięcie kamienia milowego jest zwykle związane ze spotkaniem pomiędzy Zamawiającym a Wykonawcą. Struktura kamieni milowych może w razie potrzeby zostać zmieniona według uznania obu stron, bez wpływu na ostateczny termin zakończenia projektu.

Tabela 19.1. Kamienie milowe Zadania 1

Krok	ID	Kamienie milowe i schemat dostawy	Dokument zatwierdzający	Płatność [% umowy]	Czas trwania
	Faza 1: Projekt koncepcyjny				
1	CDR	Przegląd projektu koncepcyjnego		zrealizowano	
2	STC	Podpisanie umowy			
	Faza 2: Projekt techniczny				
3	KOM	Spotkanie inauguracyjne			start
4	RDS	Przegląd harmonogramu		10	6 tygodni
5	RQP	Przegląd planów zarządzania projektem i jakością			
6	TDR	Przegląd projektu wstępnego	TDR		
	Faza 3: Projekt wykonawczy				
7	DPC	P&ID i obliczenia		15	14 tygodni
8	DOR	Projekt chłodziarki uzupełniającej i elementów z nią współpracujących			
9	SOD	Dobór urządzeń Systemu Schładzania Helu w zakresie objętym Zadaniem 1			
10	FDR	Ostateczny przegląd projektu	FDR		
	Faza 4: Produkcja				
12	MRR	Przegląd gotowości produkcyjnej	MRR	10	29 tygodni
13	MVB	Chłodziarka uzupełniająca	MAR DR		
14	MEB	Linie transferowe	MAR TL		
15	MOE	Elementy współpracujące	MAR OE		
	Faza 5: Dostawa				
16	DTL	Chłodziarka uzupełniająca – po dostosowaniu	DAC DR	25	3 tygodnie
17	DWC	Kompresory – po dostosowaniu	DAC WC		
18	DVP	Pompy próżniowe – po dostosowaniu	DAC VP		
19	DCS	Układ sterowania	DAC CS		
20	DOE	Pozostałe komponenty	DAC OE		
	Faza 6: Instalacja				
21	ITL	Chłodziarka uzupełniająca	DAC DR	20	11 tygodni
22	IWC	Kompresory	DAC WC		
23	IVP	Pompy próżniowe	DAC VP		
24	ICS	Układ sterowania	DAC CS		
25	IOE	Pozostałe komponenty	DAC OE		
	Faza 7: Uruchomienie i odbiór				
26	PAT	Wstępne testy odbiorowe	PAR	10	2 tygodnie
27	FAT	Końcowe testy odbiorowe	FAR, SAR	10	15 tygodni

Tabela 19.2. Kamienie milowe Zadania 2

Krok	ID	Kamienie milowe i schemat dostawy	Dokument zatwierdzający	Płatność [% umowy]	Czas trwania
Faza 1: Projekt koncepcyjny					
1	CDR	Przegląd projektu koncepcyjnego		zrealizowano	
2	STC	Podpisanie umowy			
Faza 2: Projekt techniczny					
3	KOM	Spotkanie inauguracyjne			start
4	RDS	Przegląd harmonogramu		10	10 tygodni
5	RQP	Przegląd planów zarządzania projektem i jakością			
6	TDR	Przegląd projektu wstępnego	TDR		
Faza 3: Projekt wykonawczy					
7	DPC	P&ID i obliczenia		15	16 tygodni
8	DOR	Projekt chłodziarki z Daresbury i chłodziarki podstawowej			
9	SOD	Dobór urządzeń chłodziarki			
10	FDR	Ostateczny przegląd projektu	FDR		
Faza 4A: Produkcja (część A)					
11	MRR	Przegląd gotowości produkcyjnej	MRR	5	22 tygodnie
12	MTL	Chłodziarka podstawowa – kontrola postępów wg harmonogramu	MAR MR		
13	MEB	Linie transferowe – częściowo, wg harmonogramu	MAR TL		
14	HRS	System odzysku helu	MAR HRS		
15	MOE	Pozostałe komponenty – częściowo, wg harmonogramu	MAR OE		
Faza 5A: Dostawa (część A – w zakresie przewidzianym dla współdziałania z przedmiotem Zadania 1)					
16	DWC	Kompresory	DAC WC	12	4 tygodnie
17	DVP	Pompy próżniowe – częściowo	DAC VP		
18	HRS	System odzysku helu	DAC HRS		
19	DOE	Pozostałe komponenty – częściowo wg projektu technicznego	DAC OE		
Faza 6A: Instalacja (część A – w zakresie przewidzianym dla współdziałania z przedmiotem Zadania 1 i jego uruchomieniem oraz integracją)					
20	IWC	Kompresory	DAC WC	13	11 tygodni
21	IVP	Pompy próżniowe – częściowo	DAC VP		
22	HRS	System odzysku helu	DAC HRS		
25	IOE	Pozostałe komponenty – częściowo wg projektu technicznego	DAC OE		
Faza 4B: Produkcja cd. (część B)					
26	MTL	Chłodziarka podstawowa	MAR MR	5	32 tygodnie
27	MEB	Linie transferowe	MAR TL		
28	MOE	Pozostałe komponenty	MAR OE		

	Faza 5B: Dostawa cd. (część B)				
29	DCB	Coldbox chłodziarki podstawowej	DAC CB	13	5 tygodnie
30	DVP	Pompy próżniowe – częściowo	DAC VP		
31	DCS	Układ sterowania	DAC CS		
32	DOE	Pozostałe komponenty	DAC OE		
	Faza 6B: Instalacja cd (część B)				
25	ICB	Chłodziarka podstawowa	DAC CB	12	13 tygodni
27	IVP	Pompy próżniowe – częściowo	DAC VP		
28	ICS	Układ sterowania	DAC CS		
29	IOE	Pozostałe komponenty	DAC OE		
	Faza 7: Uruchomienie i odbiór				
31	PAT	Wstępne testy odbiorowe	PAR	5	2 tygodnie
32	FAT	Końcowe testy odbiorowe	FAR, SAR	10	5 tygodni

20. ZARZĄDZANIE PROJEKTEM

20.1. INFORMACJE OGÓLNE

Do obowiązków Wykonawcy należy zarządzanie projektem i jego kontrola (zarządzanie jakością, rozdział 21). Kierownik projektu musi koordynować i kontrolować wszystkie działania związane z projektem i odpowiadające im zasoby, a także zapewnić przestrzeganie standardów niniejszej specyfikacji technicznej i dążyć do pomyślnego zrealizowania umowy.

Zarządzanie projektem musi składać się z:

- Wyznaczenia kierownika projektu z imienia i nazwiska, określenie jego obowiązków i kompetencji oraz integracji zespołu ze strukturą organizacyjną firmy. Kierownik projektu jest główną osobą kontaktową we wszystkich sprawach dotyczących umowy. Jeżeli inna osoba jest odpowiedzialna za kwestie związane z umową, to również tę osobę należy wyznaczyć imiennie.
- Mianowanie z imienia i nazwiska oraz określenie funkcji innych członków kierownictwa projektu.

20.2. KONTROLA PROJEKTU

20.2.1. ORGANIZACJA PROJEKTU

Kontrola projektu będzie opierać się na:

- Wyznaczeniu z imienia i nazwiska, oraz określeniu funkcji dla osób odpowiedzialnych za projekt.
- Określeniu zadań i przypisanie personelu do określonych zadań, opisu specjalnych kwalifikacji personelu, powołanie zastępców dla personelu.
- Zdefiniowaniu podstawowych elementów kontroli projektu, takich jak okresowe spotkania kierownictwa projektu, regularne spotkania z Zamawiającym, podwykonawcami itp.

20.2.2. PLAN PROJEKTU

Wykonawca zobowiązany jest do przedłożenia Zamawiającemu szczegółowego harmonogramu projektu. Plan ten należy przedstawić podczas etapu zwanego przeglądem harmonogramu (RDS). Harmonogram będzie uwzględniał kamienie milowe przedstawione w tabelach 19.1 i 19.2. Plan musi uwzględniać prace zarówno Wykonawcy, jak i podwykonawców, musi uwzględniać takie procesy jak: projektowanie, zakup surowców, zakup instrumentacji, produkcja, montaż, testy, wysyłka, instalacja, kontrola, czas wolny itp.

Interwały czasowe w harmonogramie nie powinny przekraczać jednego tygodnia. Harmonogram musi być przygotowany za pomocą specjalizowanego do tego celu oprogramowania, którego wybór Wykonawca uzgodni z Zamawiającym, i dostarczony do siedziby Zamawiającego zarówno w formie drukowanej, jak i cyfrowej.

Wykonawca jest zobowiązany do aktualizacji harmonogramu co miesiąc, przez cały okres obowiązywania umowy. W szczególnych przypadkach Zamawiający może zażądać aktualizacji w krótszych odstępach czasu.

Harmonogram będzie wskazywać, jaki procent zadania został już wykonany.

W przypadku zdarzeń mających wpływ na harmonogram, Wykonawca podejmie odpowiednie kroki, w celu dotrzymania harmonogramu. Obejmuje to przydzielenie dodatkowego personelu (praca w godzinach nadliczbowych i zmianowych) oraz dodatkowego wyposażenia. Koszty z tym związane ponosi Wykonawca. Nie wolno skracać ani pomijać etapów produkcji w celu skompensowania istniejącego opóźnienia.

Wszystkie opóźnienia (rzeczywiste i wysoce prawdopodobne) należy niezwłocznie zgłaszać do Zamawiającego.

20.2.3. KONTROLA POSTĘPÓW

Wykonawca jest zobowiązany regularnie przygotowywać raporty dla Zamawiającego. Raporty muszą być opracowywane, co miesiąc i dostarczane do siedziby Zamawiającego nie później niż trzeciego dnia roboczego danego miesiąca. W szczególnych, indywidualnych przypadkach, zwłaszcza w sytuacji problemów technicznych i opóźnień w harmonogramie, Zamawiający może zażądać krótszych okresów sprawozdawczych. Raporty muszą zawierać jasne informacje na temat wszystkich zaplanowanych zadań.

Niezależnie od regularnych raportów, wszystkie zdarzenia, które mogą mieć wpływ na harmonogram, muszą być zgłaszane do Zamawiającego. W przypadku poważnych problemów, które zagrażają osiągnięciu uzgodnionych kamieni milowych, Zamawiający jest zobowiązany zostać niezwłocznie poinformowany na piśmie.

Niezależnie od regularnych raportów, każdy kamień milowy należy zakończyć oddzielnym raportem przekazywanym Zamawiającemu. Raport musi zawierać wszystkie ważne informacje uzyskane w trakcie procesu produkcji, dostawy czy montażu, w postaci raportów cząstkowych, rysunków, modeli, obliczeń, opisów, wyjaśnień, protokołów z testów, statusu harmonogramu itp. wzbogaconych o dokumentację zdjęciową.

Zamawiający będzie mieć nieograniczony i bezpłatny dostęp do wszystkich procesów związanych z realizacją umowy w siedzibie Wykonawcy i podwykonawców. Zamawiający będzie mógł wykonywać zdjęcia do celów kontroli projektu.

20.2.4. SPOTKANIE NA POTRZEBY REALIZACJI PROJEKTU

W czasie trwania projektu, Zamawiający będzie organizować spotkania projektowe w celu omówienia bieżących zagadnień.

Spotkanie inauguracyjne tzw. “kick-off meeting” (KOM) odbędzie się po podpisaniu umowy.

Spotkania robocze odbywać się będą nie częściej niż raz w tygodniu. Spotkanie może mieć formę wideokonferencji lub „na żywo”. W zależności od agendy, ilości uczestników itp., lokalizacja spotkania będzie każdorazowo ustalana oddzielnie.

Zamawiający i Wykonawca mają prawo zażądać specjalnych spotkań w razie potrzeby.

Zamawiający ma również prawo zapraszać na spotkania innych wybranych przez siebie uczestników. W takim przypadku Zamawiający poinformuje Wykonawcę o uczestnikach zewnętrznych.

Wykonawca na życzenie Zamawiającego zorganizuje spotkania z podwykonawcami, również w ich siedzibie.

O ile nie zostanie uzgodnione inaczej, Wykonawca musi przygotować protokoły ze spotkań w ciągu pięciu dni roboczych. Protokół musi być podpisany przez przedstawicieli obu stron. Podpisy potwierdzają jedynie, że treść protokołu prawidłowo przedstawia porządek spotkania i uzgodnione czynności.

21. ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ

21.1. INFORMACJE OGÓLNE

W odniesieniu do zapewniania jakości, Wykonawca jest zobowiązany przygotować plan kontroli jakości, który musi być przedstawiony Zamawiającemu na etapie zwanym przeglądem planów zarządzania jakością (RQP). Z tego powodu cała dokumentacja związana z planem kontroli jakości musi zostać dostarczona Zamawiającemu w ciągu 15 dni przed terminem przeglądu.

W trakcie realizacji zamówienia Wykonawca jest zobowiązany dokonać przeglądu skuteczności planu kontroli jakości i w razie potrzeby ulepszyć go. Wykonawca jest zobowiązany do wprowadzenia wszelkich zmian i środków zaradczych wymaganych przez Zamawiającego lub uznanych za konieczne.

Produkcja musi być zgodna z wymaganiami niniejszej specyfikacji technicznej. Wykonawca musi spełnić następujące wymagania na wszystkich etapach produkcji:

- Wykonawca musi określić krytyczne procesy i nadzorować je ze szczególną starannością
- Wykonawca musi podjąć specjalne środki, takie jak badania i testy kontrole, w celu zapewnienia zgodności z wymaganiami jakościowymi
- Wykonawca musi przygotować plan i sekwencję testów, określając szczegóły ich wykonania
- Wykonawca musi podjąć odpowiednie środki naprawcze w przypadku usterek oraz zweryfikować przydatność i skuteczność tych środków
- Wykonawca musi zapobiec ponownemu wystąpieniu znanych usterek

21.2. WPROWADZANIE ZMIAN I MODYFIKACJI

W przypadku wystąpienia sprzeczności stwierdzonej w niniejszej specyfikacji, powiązanych dokumentach lub ważnych wytycznych, Wykonawca niezwłocznie poinformuje Zamawiającego w celu wyjaśnienia rozbieżności.

Jeżeli Wykonawca uzna za konieczne zastosowanie się do dodatkowych wytycznych i przepisów, musi niezwłocznie poinformować o tym Zamawiającego. Wykonawca ponosi koszty wynikające z niezastosowania się do niniejszej specyfikacji lub odpowiednich wytycznych.

Zarówno Zamawiający, jak i Wykonawca mają prawo poinformować drugą stronę o wszelkich żądaniach zmian. Każda zalecana modyfikacja musi być wyraźnie oznaczona (niepowtarzalnym numerem).

W przypadku każdej zmiany należy podać następujące informacje:

- Powód zmiany
- Ocena wykonalności technicznej (w razie potrzeby)
- Ocena wpływu na inne elementy zamówienia
- Wpływ na zakres pracy, dokumentację i rysunki
- Wpływ na harmonogram projektu
- Wpływ na całkowity koszt
- Wpływ na inne czynniki takie jak niezawodność, bezpieczeństwo, konserwacja itp.
- Dodatkowe dokumenty uzasadniające

Zmiany nie będą ważne, dopóki nie zostaną zatwierdzone pisemnie przez Zamawiającego.

Modyfikacje dokonane przez Wykonawcę bez uwzględnienia tego zastrzeżenia, będą w całości pokrywane przez Wykonawcę.

21.3. ODSTĘPSTWA

Wykonawca jest zobowiązany odnotować i udokumentować wszelkie odstępstwa podczas realizacji zamówienia na każdym etapie prowadzonych prac, zarówno projektowania, produkcji, instalacji jak i testów. O tych odstępstwach Wykonawca musi niezwłocznie poinformować Zamawiającego.

W przypadku stwierdzenia odstępstw Wykonawca zaleci środki zaradcze i przedłoży je do pisemnej akceptacji przez Zamawiającego.

22. LISTA ZAŁĄCZNIKÓW

- I. Schemat P&ID CDS
- II. Projekt zagospodarowania terenu
- III. Rysunek budynku chłodziarki