

# **Program Funkcjonalno-Użytkowy (PFU)**

**dla modernizacji sieci szkolnej integrującej szkołę z BCU w ramach zadania pn. „Utworzenie i funkcjonowanie Branżowego Centrum Umiejętności w dziedzinie telekomunikacji w Opolu”**

Autor opracowania: Łukasz Kołodziej

Data: 05.08.2025

## **Spis Treści**

- **1. Część Informacyjna**
  - 1.1. Przedmiot zamówienia
  - 1.2. Lokalizacja i warunki istniejące
  - 1.3. Cel zamówienia
  - 1.4. Zakres prac objętych zamówieniem
  - 1.5. Obowiązujące normy i przepisy
- **2. Część Techniczna - Opis Przedmiotu Zamówienia**
  - 2.1. Wymagania ogólne i demontaż
  - 2.2. Architektura, topologia i słownik pojęć
  - 2.3. System Tras Kablowych
  - 2.4. Okablowanie pionowe (szkieletowe) i poziome (dostępowe)
  - 2.5. Wymagania dla punktów dystrybucyjnych i urządzeń aktywnych
  - 2.6. Konfiguracja logiczna sieci (VLAN, Adresacja, DHCP)
  - 2.7. Sieć bezprzewodowa (WiFi) i QoS
  - 2.8. Wymagania Bezpieczeństwa Sieciowego i Fizycznego
  - 2.9. System monitoringu, redundancja i zasilanie awaryjne
  - 2.10. Standard Oznakowania i Nazewnictwa
  - 2.11. Wymagania dotyczące dokumentacji, testów i szkolenia
- **3. Szczegółowy Opis Wymagań dla Pomieszczeń**
  - 3.1. Parter
  - 3.2. Piętro I
  - 3.3. Piętro II
  - 3.4. Piętro III
- **4. Załączniki**
  - 4.1. Załącznik A: Wykaz Materiałów i Sprzętu
  - 4.2. Załącznik B: Wykaz Prac Instalacyjnych
  - 4.3. Załączniki C: Dokumentacja Graficzna (Plany i Schematy)

# **1. Część Informacyjna**

## **1.1. Przedmiot zamówienia**

Przedmiotem zamówienia jest kompleksowe zaprojektowanie, dostawa, montaż, uruchomienie i certyfikacja strukturalnej sieci komputerowej LAN (pasywnej i aktywnej) w budynku Zespołu Szkół Elektrycznych w Opolu.

## **1.2. Lokalizacja i warunki istniejące**

Instalacja będzie realizowana w czynnym obiekcie szkolnym, obejmując cztery kondygnacje budynku (parter, I, II i III piętro). Centralny Punkt Dystrybucyjny (CPD) zostanie zorganizowany w istniejącej szafie serwerowej Zamawiającego.

## **1.3. Cel zamówienia**

Celem zamówienia jest budowa nowoczesnej, wydajnej, bezpiecznej i skalowalnej infrastruktury sieciowej, która będzie wspierać procesy dydaktyczne i administracyjne szkoły w ramach tworzonego Branżowego Centrum Umiejętności.

## **1.4. Zakres prac objętych zamówieniem**

- a) Utworzenie dokumentacji przedwykonawczej wraz z planem prac i etapami odbiorów.
- b) Pełny demontaż i utylizacja istniejącej infrastruktury teletechnicznej.
- c) Wykonanie projektu wykonawczego nowej sieci LAN.
- d) Dostawa i montaż okablowania, tras kablowych oraz wyposażenia punktów dystrybucyjnych.
- e) Dostawa, montaż i pełna konfiguracja urządzeń aktywnych sieci.
- f) Przeprowadzenie kompleksowych pomiarów i testów weryfikacyjnych.
- g) Stworzenie i przekazanie Zamawiającemu pełnej dokumentacji powykonawczej.
- h) Przeprowadzenie szkolenia dla personelu Zamawiającego.

## **1.5. Obowiązujące normy i przepisy**

Wykonawca zobowiązany jest do realizacji prac zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności z Ustawą Prawo Budowlane oraz normami branżowymi:

**PN-EN 50173, PN-EN 50174, ISO/IEC 11801** lub równoważnymi.

## 2. Część Techniczna - Opis Przedmiotu Zamówienia

### 2.1. Wymagania ogólne i demontaż

Wszystkie komponenty muszą być fabrycznie nowe. Cały system okablowania strukturalnego (kable, moduły, panele) musi zapewniać pełną kompatybilność i zgodność ze standardem **EN 50173-1 (dla kategorii 6)**. Przed przystąpieniem do prac instalacyjnych, Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia pełnego demontażu i utylizacji istniejącej infrastruktury teletechnicznej, w tym istniejących korytek kablowych, wszelkich kabli i pozostałości po starych, nieużywanych już przewodach sieciowych i telekomunikacyjnych. Utylicacja zdemontowanych korytek i okablowania.

### 2.2. Architektura, topologia i słownik pojęć

- **Architektura:** Sieć należy zrealizować w oparciu o topologię rozszerzonej gwiazdy i architekturę trójwarstwową (rdzeń, dystrybucja, dostęp).
- **Segmenty:** Należy wydzielić segmenty: Dydaktyczny, Administracyjny, WiFi, TV, Kamer oraz Pracowni Komputerowych. Separacja poszczególnych segmentów sieciowych będzie oparta o logiczną i fizyczną separację galwaniczną.
- **Słownik pojęć:**
  - **CPD (Centralny Punkt Dystrybucyjny):** Główny węzeł sieci w budynku.
  - **PPD (Pośredni Punkt Dystrybucyjny):** Węzeł pośredni.
  - **PD (Punkt Dystrybucyjny):** Szafa dystrybucyjna na piętrze.
  - **KPD (Końcowy Punkt Dystrybucyjny):** Szafa w pracowni/sali.

### 2.3. System Tras Kablowych

Głównym elementem prowadzenia okablowania mają być korytka kablowe z tworzywa sztucznego (PCV) z zachowaniem **40% rezerwy pojemności**. Odejscia do pomieszczeń należy realizować w korytkach. Całość systemu tras musi być uziemiona, a przejścia przez strefy pożarowe muszą posiadać certyfikowane zabezpieczenia PPOŻ. Korytka powinny być ułożone z wykorzystaniem systemowych kształtek na rogach i łączeniach. Wymiary korytek:

- W pracowniach i na korytarzach: minimum **98 mm x 58 mm**.
- W pozostałych salach: minimum **25 mm x 16 mm**.

### 2.4. Okablowanie pionowe (szkieletowe) i poziome (dostępowe)

- **Okablowanie pionowe:** Stanowi kręgosłup sieci. Musi być wykonane w technologii światłowodowej wielomodowej (**MM OM4** lub równoważnej), w strukturze redundantnej (**minimum 1x12J na relację**), zakończone spawanymi pigtailami LC/DDM.
- **Okablowanie poziome:** Łączy punkty dystrybucyjne z gniazdami końcowymi.

Musi być wykonane w standardzie skrętki miedzianej **kategorii 6 U/UTP lub F/UTP**, niepalnej. Maksymalna długość toru nie może przekraczać **90 metrów**.

## 2.5. Wymagania dla punktów dystrybucyjnych i urządzeń aktywnych

- **Szafy Rack: 15 szaf wiszących (minimum 9U)** dla PD/PPD/KPD. Wszystkie muszą być zamykane i w pełni wyposażone w listwy zasilające, patch panele, patchcordsy (w tym światłowodowe) oraz posiadać kompletną dokumentację techniczną i opisową powykonawczą.
- **Urządzenia aktywne:** Muszą pochodzić od jednego producenta i być zarządzane centralnie z jednego spójnego interfejsu/systemu. Gwarancja na urządzenia musi wynosić minimum **24 miesiące** w systemie "next business day".
  - **3 x Urządzenie brzegowe (Router/Firewall):** Fabrycznie nowy, wysokowydajny router rdzeniowy warstwy L3, klasy operatorskiej (ISP). Wymagania: minimum **12 fizycznych portów 25 Gigabit na wkładki SFP+/SFP28** (1/10/25 Gb/s), minimum **2 sloty na wkładki QSFP28** (każdy 100 Gb/s, łączna praca min. 200 Gb/s). Porty podłączone do wysokowydajnego, zintegrowanego układu przełącznika. Każde urządzenie dostarczone z kompletem wkładek SFP+/SFP28/QSFP28.
  - **6 x Przełącznik rdzeniowy światłowodowy:** Zarządzalny, warstwy 3, wyposażony w min. **16 portów na wkładki SFP+/SFP28**. Musi posiadać dwa porty zasilania AC. Musi wspierać routing statyczny i dynamiczny (OSPF), agregację linków (LACP), VLAN (IEEE 802.1Q), DHCP oraz posiadać nieblokującą matrycę przełączania. Każde urządzenie dostarczone z kompletem wkładek SFP+/SFP28/QSFP28 oraz kabli zasilających/zasilaczy.
  - **12 x Przełącznik dostępowy:** Zarządzalny, warstwy 3, wyposażony w min. **48 portów 1 Gbps Ethernet, 4 porty 10 Gbps SFP+, 2 porty QSFP+**. Musi posiadać dwa porty zasilania AC i wspierać funkcje jak wyżej. Każde urządzenie dostarczone z kompletem wkładek i kabli/zasilaczy.
  - **9 x Przełącznik dostępowy:** Zarządzalny, warstwy 3, wyposażony w min. **24 porty 1 Gbps Ethernet, 2 porty 10 Gbps SFP+**. Musi wspierać funkcje jak wyżej. Każde urządzenie dostarczone z kompletem wkładek i kabli/zasilaczy.
  - **1 x Przełącznik PoE:** Zarządzalny, warstwy 3, wyposażony w min. **24 porty 1 Gbps Ethernet PoE (IEEE 802.3at), 4 porty 10 Gbps SFP+**. Musi wspierać funkcje jak wyżej. Każde urządzenie dostarczone z kompletem wkładek i kabli/zasilaczy.
  - **14 x Punkt dostępowy (AP):** Standard **Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)**, kompatybilny wstecz (a/b/g/n/ac). Zasilanie przez **PoE-in (IEEE 802.3at)**. Wsparcie dla **WPA3**, OSPF, BGP, DHCP. Kompatybilny z dostarczonym przełącznikiem PoE. Musi posiadać możliwość regulacji mocy nadajnika zgodnie z normami

europejskimi i polskimi.

## 2.6. Konfiguracja logiczna sieci (VLAN, Adresacja, DHCP)

- **Segmentacja VLAN i Adresacja IP:** Sieć zostanie podzielona na wirtualne podsieci (VLAN). Połączenia uplink będą skonfigurowane jako trunk, a porty dostępowe jako access.

ID VLAN	Przeznaczenie	Adresacja Sieci
101-104	Sieć Dydaktyczna (dla pięter 0-3)	192.168.[1-4].0/24
110	Sieć dla telewizorów informacyjnych	192.168.10.0/24
208-246	Sieci Pracowni Uczniowskich	10.[NR_PRACOWNI].0.0/16
300-303	Sieć WiFi Uczniowska (dla pięter)	10.100.[1-4].0/24
400-401	Sieć Serwerów Uczniowskich	10.200.100.0/24 i 10.200.200.0/24
500	Sieć Administracyjna	172.20.20.0/24
501	Sieć Kamer (Monitoring CCTV)	172.21.1.0/24
600	Sieć Zarządzania Infrastrukturą	192.168.255.0/28

- **DHCP:** Pule adresów mają obejmować **80% zakresu** w każdym VLAN, z rezerwacją pierwszych 50 adresów na potrzeby statyczne.

## 2.7. Sieć bezprzewodowa (WiFi) i QoS

- **Standard:** Punkty dostępowe w standardzie **Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)** lub równoważnym, zasilane PoE+, zarządzane centralnie.
- **SSID:**
  - ZSE\_Guest (z Captive Portal i izolacją klientów).
  - ZSE\_Staff (zabezpieczone WPA2/WPA3-Enterprise lub równoważnym).
- **QoS (Quality of Service):** Należy zagwarantować minimalną przepustowość:
  - **Pracownie:** 60 Mbps na pracownię (z burst do 80 Mbps).
  - **Sale dydaktyczne:** 1000 Mbps na piętro.
  - **Sieć WiFi:** 200 Mbps na piętro, z niskim priorytetem dla pobierania dużych plików.

- **Wymagania dodatkowe dla WiFi:** Implementacja ograniczeń dostępu do sieci WiFi w określonych godzinach oraz blokada treści hazardowych (zgodnie z art. 5 ust. 1b ustawy z dnia 19 listopada 2009 r. o grach hazardowych) i innych określonych w zaleceniach UKE.

## 2.8. Wymagania Bezpieczeństwa Sieciowego i Fizycznego

- **Firewall:** Wdrożenie rygorystycznych reguł na firewallu centralnym, separujących sieci uczniowskie i dydaktyczne od segmentów krytycznych. Ruch do sieci zarządzania (VLAN 600) dozwolony tylko z autoryzowanych hostów. Wdrożenie filtrowania treści w sieci uczniowskiej i WiFi oraz zabezpieczeń przed nieautoryzowanym dostępem do portów sieciowych.
- **Dostęp i Hasła:** Dostęp administracyjny do urządzeń wyłącznie po **SSH** (lub protokole równoważnym). Dostęp przez Telnet i HTTP/S musi być zablokowany. Hasła muszą mieć min. 16 znaków i spełniać wymogi złożoności.
- **Mechanizmy egzaminacyjne:** W każdej pracowni wdrożenie dwupoziomowego systemu odcinania dostępu do internetu (programowy i fizyczny).
- **Bezpieczeństwo fizyczne:** Wszystkie szafy muszą być zamykane na klucz. Dostęp do CPD musi być kontrolowany i monitorowany.

## 2.9. System monitoringu, redundancja i zasilanie awaryjne

- **Monitoring:** Wdrożenie systemu typu Zabbix (lub równoważnego) lub wykorzystanie wbudowanych narzędzi systemu zarządzania urządzeniami. Monitoring musi obejmować wszystkie urządzenia sieciowe.
- **Redundancja i Failover:** Połączenia między kluczowymi przełącznikami muszą być redundantne (**LACP**). Należy skonfigurować protokoły **STP/RSTP** na przełącznikach.
- **Zasilanie Awaryjne (UPS):** Każda szafa dystrybucyjna (PD/PPD/KPD) z urządzeniami aktywnymi musi być zasilana z dedykowanego obwodu elektrycznego 1-fazowego z zabezpieczeniem C16. Wewnątrz każdej takiej szafy należy zainstalować **dedykowany zasilacz awaryjny UPS typu rack**, zapewniający podtrzymanie zasilania na minimum 20 minut dla pełnego obciążenia urządzeń w tej szafie.

## 2.10. Standard Oznakowania i Nazewnictwa

Wszystkie kable, panele krosowe, gniazda logiczne oraz punkty dystrybucyjne muszą być jednoznacznie i trwale oznaczone zgodnie z poniższą konwencją.

### 2.10.1. Punkty Dystrybucyjne (Szafy Rack)

- a) CPD: CPD-<LOKALIZACJA> (Przykład: CPD-B3)
- b) PPD: PPD-<NR\_PIĘTRA>-<NR\_PPD> (Przykład: PPD-PO-01)

c) PD: PD-<NR\_PIĘTRA>-<NR\_PD> (Przykład: PD-P3-01)

d) KPD: KPD-<NR\_PIĘTRA>-<NR\_SALI>-<NR\_KPD> (Przykład: KPD-P2-27-01)

### **2.10.2. Kable Instalacyjne**

a) Struktura: <TYP>-<LOK\_START>/<LOK\_STOP>/<NR>

b) Przykłady:

\* F-CPD-B3/PD-P3-01/01 (Światłowód między CPD a PD na 3. piętrze)

\* C-PD-P2-01/G28-14/01 (Kabel miedziany od PD na 2. piętrze do gniazda nr 14 w sali 28)

### **2.10.3. Porty na Panelach Krosowniczych**

a) Struktura: <NR\_PANELU>.<NR\_PORTU>

b) Przykład: P01.14 (Port nr 14 na panelu krosowniczym nr 1 w danej szafie)

### **2.10.4. Gniazda Logiczne (końcowe)**

a) Struktura: <NR\_SALI>-<NR\_GNIAZDA>

b) Przykład: G42-02 (Drugie gniazdo w sali nr 42)

### **2.10.5. Urządzenia Aktywne**

a) Routery/Przełączniki:

\* Struktura: <PROD>-<RODZ>-<LOK>-<NR>

\* Przykład: CS-GW-CPD-01 (Główny router Cisco w CPD)

b) Serwery i Maszyny Wirtualne:

\* Struktura: <TYP>-<WŁAŚCICIEL>-<SYSTEM>-<ZASTOSOWANIE>-<NR>

\* Przykład: P-EO-WS-ADC-01 (Produkcyjny, szkolny serwer Windows, kontroler domeny nr 1)

## **2.11. Wymagania dotyczące dokumentacji, testów i szkolenia**

### **2.11.1. Dokumentacja Techniczna Powykonawcza**

Wykonawca jest zobowiązany do przekazania kompletnej dokumentacji (2 egz. papierowe, 1 elektroniczny), zawierającej co najmniej:

- Opis zastosowanych rozwiązań z uzasadnieniem doboru sprzętu w kontekście wymagań.
- Zestawienie i inwentaryzację urządzeń (numery seryjne, daty gwarancji, karty produktów).
- Schematy: okablowania (.dwg, .pdf), VLAN, powykonawczy, logiczny, adresacji IP.
- Listę danych dostępowych (hasła, loginy, IP, nazwa DNS).
- Pełną specyfikację techniczną wszystkich komponentów.
- Pomiary długości tras kablowych (z dokładnością do 0.1 m).
- Kompletne raporty z testów (zgodnie z wymaganiami Cat 6 EIA/TIA-518B).
- Kopie zapasowe konfiguracji urządzeń i instrukcje (5 kopii na nośniku USB).
- Oświadczenia i deklaracje zgodności (CE, normy producentów).

### **2.11.2. Procedury Odbiorowe i Testowe**

Odbiór końcowy warunkowany pozytywnym wynikiem testów dla **100% torów transmisyjnych**. Procedury mają na celu weryfikację funkcjonalną.

- Okablowanie Miedziane (Kat. 6):
  - Weryfikacja połączeń (Wymagane): Sprawdzenie każdego toru testerem



okablowania LAN kat. 6 w celu potwierdzenia mapy połączeń (pinout), braku przerw i zwarców oraz sporządzenie protokołu pomiarów.

b) Test przepustowości (Wymagane dla 10% torów): Osiągnięcie stabilnej przepustowości min. 900 Mbps (dla 1Gbps) między stacją końcową a serwerem w CPD.

c) Test redundancji (Wymagane): Weryfikacja przełączania na zapasową parę obwodu dla połączeń newralgicznych zgodnie z planem disaster recovery.

- Okablowanie Światłowodowe (MM OM4):

a) Pomiary tłumienności (Wymagane): Pomiar dla każdego włókna miernikiem mocy optycznej (dł. fali 850nm). Tłumienność toru nie może przekroczyć wartości obliczonej wg wzoru:  $Tłumienie [dB] = (dł. kabla [km] * 3.5 dB) + (ilość spawów * 0.2 dB) + (ilość złączy * 0.5 dB)$ .

b) Kontrola jakości instalacji (Wymagane): Sprawdzenie poprawności montażu, zachowania minimalnych promieni gięcia i zabezpieczeń PPOŻ.

c) Test redundancji (Wymagane): Weryfikacja przełączania na zapasową parę obwodu dla połączeń newralgicznych zgodnie z planem disaster recovery.

### 2.11.3. Szkolenie

Wykonawca przeprowadzi minimum **5-dniowe szkolenie** dla administratorów sieci Zamawiającego z zakresu administracji, konfiguracji i diagnostyki dostarczonej infrastruktury.



### 3. Szczegółowy Opis Wymagań dla Pomieszczeń

We wszystkich poniższych opisach należy stosować kabel kat. 6 U/UTP (lub F/UTP) i osprzęt kat. 6.

#### 3.1. Parter

- **Korytarze:** Montaż 2x PD (PD-P0-W, PD-P0-S) w szafach 9U. Podłączenie 3 kamer IP, 2 AP WiFi 6, 3 portów RJ45 dla TV.
- **Sala 1 (Portiernia):** 1x podwójne gniazdo RJ45 (ekranowane), sieć administracyjna (VLAN 500).
- **Sala 2 (Archiwum):** 1x podwójne gniazdo RJ45 (ekranowane), sieć administracyjna (VLAN 500).
- **Sala 3 (Administracja):** 5x podwójne gniazdo RJ45 (10 portów), sieć administracyjna (VLAN 500).
- **Sala 4 (Sala Gimnastyczna):** 8x gniazdo RJ45 o podwyższonej odporności, 1x AP WiFi 6. W pomieszczeniach socjalnych nauczycieli WF podwójne gniazda standardowe.
- **Sala 5 (Sala dydaktyczna):** 1x podwójne gniazdo RJ45 przy biurku nauczyciela, sieć dydaktyczna (VLAN 101), podłączone bezpośrednio do PD.
- **Sala 6 (Pielęgniarka):** 1x podwójne gniazdo RJ45, sieć dydaktyczna (VLAN 101).
- **Sala 6A (Pomieszczenie gospodarcze):** 1x pojedyncze gniazdo RJ45, sieć dydaktyczna (VLAN 101).
- **Sala 7 (Biblioteka):** Instalacja PPD (szafa 9U) z redundantnym uplinkiem światłowodowym. 8x gniazdo RJ45 dla stanowisk komputerowych, 1x podwójne gniazdo dla bibliotekarza.
- **Sala 8 i 9 (Pracownie):**
  - **Nauczyciel:** 1x podwójne gniazdo RJ45 podłączone bezpośrednio do PD (sieć dydaktyczna).
  - **Uczniowie:** Instalacja KPD (szafa 9U) z redundantnym uplinkiem światłowodowym. Okablowanie dla 32 portów w dedykowanych VLANach (10.8.0.0/16 i 10.9.0.0/16).
- **Sala 10 (Sklepik):** 1x podwójne gniazdo RJ45, sieć administracyjna (VLAN 500).

#### 3.2. Piętro I

- **Korytarze:** Montaż 2x PD (PD-P1-W, PD-P1-S) w szafach 9U. Podłączenie 3 kamer IP, 2 AP WiFi 6, 3 portów RJ45 dla TV.
- **Sale 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22 (Dydaktyczne):** W każdej sali 1x podwójne gniazdo RJ45 przy biurku nauczyciela (VLAN 102).
- **Sala 13 (Sala konferencyjna):** 4x podwójne gniazdo RJ45 (8 portów), 1x AP WiFi

6.

- **Sala 14 (Pomieszczenie socjalne):** 1x podwójne gniazdo RJ45.
- **Sala 18 (Administracja):** 2x podwójne gniazdo RJ45 (4 porty), sieć administracyjna (VLAN 500).
- **Sale 23, 24, 25 (Pracownie):**
  - **Nauczyciel:** 1x podwójne gniazdo RJ45 podłączone bezpośrednio do PD.
  - **Uczniowie:** W każdej sali instalacja KPD (szafa 9U) z redundantnym uplinkiem światłowodowym. Okablowanie dla 32 portów w dedykowanych VLANach (np. 10.23.0.0/16).

### 3.3. Piętro II

- **Korytarze:** Montaż 2x PD (PD-P2-W, PD-P2-S) w szafach 9U. Podłączenie 3 kamer IP, 2 AP WiFi 6, 3 portów RJ45 dla TV.
- **Sale 26, 27, 28, 30, 31 (Pracownie):**
  - **Nauczyciel:** 1x podwójne gniazdo RJ45 podłączone bezpośrednio do PD.
  - **Uczniowie:** W każdej sali instalacja KPD (szafa 9U) z redundantnym uplinkiem światłowodowym. Okablowanie dla 20-32 portów w dedykowanych VLANach.
- **Sala 29 (Pokój nauczycielski):** 6x podwójne gniazdo RJ45 (12 portów), 1x AP WiFi 6.
- **Sale 32-37 (Administracja):** W każdym pomieszczeniu 1x podwójne gniazdo RJ45 (VLAN 500).
- **Sale 38, 39, 40 (Dydaktyczne):** W każdej sali 1x podwójne gniazdo RJ45 przy biurku nauczyciela (VLAN 103).
- **Sala 41 (Pracownia Mobilna):** Instalacja KPD (szafa 9U) z 2 portami dla nauczyciela, 18 portami uczniowskimi, 1x AP WiFi 6 wewnątrz sali (VLAN 10.41.0.0/16).

### 3.4. Piętro III

- **Korytarze:** Montaż 2x PD (PD-P3-W, PD-P3-S) w szafach 9U. Podłączenie 3 kamer IP, 2 AP WiFi 6, 3 portów RJ45 dla TV.
- **Sala 42 (Pracownia):**
  - **Nauczyciel:** 1x podwójne gniazdo RJ45 podłączone bezpośrednio do PD.
  - **Uczniowie:** Instalacja KPD (szafa 9U) z redundantnym uplinkiem światłowodowym. Okablowanie dla 32 portów (VLAN 10.42.0.0/24).
- **Sale 43, 44, 46 (Pracownie Mobilne):** W każdej sali instalacja KPD (szafa 9U) z okablowaniem dla 18 stanowisk i 1 AP WiFi 6 wewnątrz (dedykowane VLANy).
- **Sale 45, 47-53 (Sale dydaktyczne):** W każdej sali instalacja podwójnego gniazda RJ45 przy biurku nauczyciela (sieć dydaktyczna VLAN 104).
- **Sala 54 (Klatka schodowa):** Brak instalacji.

- **Sala 55 (Samorząd/Radiowęzeł):** W sali należy zainstalować podwójne gniazdo RJ45 przy biurku, zapewniające dostęp do sieci dydaktycznej (VLAN 104).

## 4. Załączniki

### 4.1. Załącznik A: Wykaz Materiałów i Sprzętu

Lp.	Kategoria	Nazwa Sprzętu / Komponentu	Ilość	Jednostka
<b>A</b>	<b>Urządzenia Aktywne (zgodnie z pkt 2.5)</b>			
1	Urządzenia brzegowe	Router/Firewall L3 klasy operatorskiej	3	szt.
2	Przełączniki	Przełącznik rdzeniowy światłowodowy L3 (min. 16x SFP+/SFP28)	5	szt.
3		Przełącznik dostępowy L3 (min. 48x 1G, 4x 10G SFP+, 2x QSFP+)	12	szt.
4		Przełącznik dostępowy L3 (min. 24x 1G, 2x 10G SFP+)	8	szt.
5		Przełącznik dostępowy L3 PoE (min. 24x 1G PoE+, 4x 10G SFP+)	1	szt.
6	Sieć bezprzewodowa	Punkt dostępowy Wi-Fi 6 (802.11ax)	14	szt.
<b>B</b>	<b>Infrastruktura Pasywna</b>			

7	Szafy dystrybucyjne	Szafa RACK wisząca (min. 9U) z wyposażeniem	15	szt.
8	Okablowanie miedziane	Kabel instalacyjny skrętka kat. 6 U/UTP lub F/UTP, niepalny	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	mb
9		Panel krosowniczy miedziany kat. 6, 24-portowy lub 48-portowy	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
10		Moduł (gniazdo) keystone RJ45 kat. 6	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
11		Puszka na/podtynkowa na 2 moduły keystone	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
12		Patchcord miedziany kat. 6 (różne długości i kolory)	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
13	Okablowanie światłowodowe	Kabel światłowodowy wielomodowy MM OM4, 12J	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	mb
14		Panel krosowniczy światłowodowy 1U, 24-portowy LC Duplex	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
15		Pigtail światłowodowy MM OM4, LC/DDM	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.

16		Patchcord światłowodowy MM OM4, LC-LC Duplex	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
17	Wkładki (moduły)	Moduł SFP+/SFP28/QS FP28	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.
<b>C</b>	<b>Systemy Pomocnicze</b>			
18	Zasilanie	Zasilacz awaryjny UPS typu RACK (min. 20 min podtrzymania) zgodnie z punktem 2.9	1	szt.
19		Listwa zasilająca do szafy RACK 19"	zgodne z wyliczeniem wykonawcy	szt.

#### 4.2. Załącznik B: Wykaz Prac Instalacyjnych

Lp.	Opis Usługi	Jednostka	Ilość
1	Demontaż i utylizacja starej infrastruktury	kpl.	1
2	Usługa układania przewodów instalacyjnych (skrętka kat. 6)	mb.	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
3	Usługa montażu korytek kablowych (PCV)	mb.	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
4	Usługa układania przewodów światłowodowych (MM OM4)	mb.	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
5	Usługa montażu szaf RACK (wiszących)	szt.	15
6	Usługa instalacji paneli krosowniczych miedzianych	szt.	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
7	Usługa instalacji paneli krosowniczych światłowodowych	szt.	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
8	Usługa instalacji i terminacji gniazd RJ45 (wszystkie typy)	szt.	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
9	Usługa spawania włókien światłowodowych (złącze)	spaw	zgodne z wyliczeniem wykonawcy
10	Usługa instalacji i konfiguracji urządzeń aktywnych	kpl.	1
11	Usługa testowania i	kpl.	1



	pomiarów weryfikacyjnych instalacji		
12	Usługa opracowania dokumentacji technicznej powykonawczej	kpl.	1
13	Usługa szkolenia personelu	dni	5

#### 4.3. Załączniki C: Dokumentacja Graficzna (Plany i Schematy)

*Stanowi integralną część niniejszego PFU.*

- **Załącznik C.1:** Rzut Techniczny - Parter
- **Załącznik C.2:** Rzut Techniczny - Piętro I
- **Załącznik C.3:** Rzut Techniczny - Piętro II
- **Załącznik C.4:** Rzut Techniczny - Piętro III