

# **Budowa sieci LAN w Szpitalu "MIEDZIOWEGO CENTRUM ZDROWIA " S.A. w Lubinie przy ul. M.Skłodowskiej- Curie 54**

## **Dokumentacja projektowa**

Wykonawca

**CYBERAI**

**Dariusz Moszyk**

**ul. Sosnowa 17**

**59-140 Chocianów**





## Spis treści

DOKUMENTACJA PROJEKTOWA BUDOWA INFRASTRUKTURY SIECIOWEJ LAN/WLAN – SZPITAL MCZ w LUBINIE .....	6
1. Wprowadzenie.....	6
1.1. Nota prawna i Ochrona Praw Autorskich .....	6
1.2. Klasyfikacja CPV.....	7
1.3. Klauzula .....	7
2. Cele Projektu .....	8
3. Zakres Projektu.....	8
4. Podstawa opracowania.....	9
4.1. Opracowanie wykonano w oparciu o:.....	9
4.2. Wytyczne ogólne układania i montażu okablowania teletechnicznego .....	9
4.3. Zabezpieczenia p.poż. ....	10
4.4. Sieć okablowania światłowodowego – dane ogólne .....	12
4.5. Dokumentacja powykonawcza .....	13
4.6. Zasady stosowania rozwiązań równoważnych .....	14
5. Architektura Sieci (Rozszerzona Gwiazda + Pierścień).....	15
5.1. Szczegóły połączeń fizycznych .....	15
5.1.1. Połączenia Gwiazdy.....	15
5.1.2. Połączenia Pierścienia (Ring): .....	15
5.2. Architektura sieci .....	16
5.2.1. Topologia Fizyczna i Logiczna.....	16
A. Rdzeń Sieci (DC <-> DRC) .....	16
B. Warstwa Dostępowa (Szafy Piętrowe 1-12) .....	16
5.2.2. Segmentacja VLAN .....	17
5.3. Adresacja i Routing.....	18
5.4. Schemat Adresacji IP (IP Plan) .....	18
5.5. Infrastruktura WLAN (Wi-Fi) .....	20
5.6. Standaryzacja Nazewnictwa .....	20
5.7. System Zarządzania i Bezpieczeństwa (UniFi & RADIUS) .....	21



5.7.1.	Centralny Kontroler – UniFi Network Application .....	21
5.8.	Zestawienie Materiałowe (BOM - Bill of Materials) .....	21
5.8.1.	Urządzenia Aktywne .....	22
5.9.	Wymagania Techniczne dla Infrastruktury Światłowodowej .....	22
5.9.1.	Specyfikacja Kabla i Włókien Jednomodowych (SM) .....	22
5.9.2.	Przetłacznicze Krosowe .....	23
5.9.3.	Kable Krosowe Światłowodowe .....	24
5.9.4.	Odbiór Techniczny i Pomiary Torów Sygnałowych .....	24
5.9.5.	Zapisy końcowe.....	24
5.10.	Okablowanie Strukturalne (Estymacja) .....	25
5.11.	Schemat połączeń i topologii .....	26
5.11.1.	Topologia Fizyczna (Gwiazda + Pierścień) .....	26
5.12.	Wykaz relacji kablowych dla połączeń światłowodowych.....	26
5.13.	INFRASTRUKTURA KABLOWA I SZAFY RACK .....	28
5.13.1.	Infrastruktura Kablowa Miedziana.....	28
5.13.2.	Specyfikacja Kabla i Wymagania.....	28
5.13.3.	Wykaz relacji kablowych dla połączeń infrastruktury okablowania sieci LAN	29
5.13.4.	Schemat Nazewnictwa dla Gniazd i Patch Paneli (IDF) .....	34
5.14.	Projekt Szaf Dystrybucyjnych (IDF – Piętra 1-12, D-7, D-40a, D-40b).....	37
5.14.1.	Wyposażenie Standardowej Szafy 12U.....	37
5.15.	Wymiarowanie Szaf Centralnych (DC i DRC) .....	39
5.15.1.	Analiza Włókien i Paneli Optycznych (Per DC/DRC) .....	39
5.15.2.	Obliczenie Minimalnej Wysokości Rack (U) – DC/DRC.....	39
5.15.3.	Rekomendacja Szafy Centralnej (DC/DRC) .....	40
5.16.	Podsumowanie Infrastruktury Kablowej i Szaf.....	41
5.17.	Specyfikacja Sprzętu.....	42
5.17.1.	Urządzenia Warstwy Rdzeniowej i Agregacji (Core/Aggregation).....	42
5.17.2.	Urządzenia Warstwy Dostępowej (Access Layer) .....	44
5.17.3.	Punkty Dostępowe (WLAN) .....	47



6.	System Zarządzania i Bezpieczeństwa (UniFi & RADIUS) .....	53
6.1.	Centralny Kontroler – UniFi Network Application (Lokalny/On-Premise) .....	53
6.2.	Konfiguracja Systemu Zarządzania Ubiquiti .....	54
6.3.	Integracja Usług Bezpieczeństwa Sieciowego .....	54
6.3.1.	Wdrożenie Serwera RADIUS (Windows Server 2025 – NPS) .....	54
6.3.2.	Wymagania Sprzętowe i Systemowe .....	55
6.3.3.	Pełny Plan Wdrożenia NPS .....	55
6.3.4.	Autoryzacja Pracowników (RADIUS / 802.1X) .....	56
6.3.5.	Integracja Kontrolera UniFi z RADIUS .....	57
6.4.	Konfiguracja Firewall'a Barracuda .....	57
6.4.2.	Wymagane Reguły Przepływu Ruchu (Firewall Rules) .....	58
6.5.	Autoryzacja Pacjentów (Guest Portal z weryfikacją E-mail) .....	60
6.6.	Podsumowanie Wdrożenia .....	61
7.	Bezpieczeństwo i Systemy Ochronne .....	61
7.1.	Bezpieczeństwo Sieciowe .....	61
7.2.	Fizyczne zabezpieczenie Szaf i Serwerowni (Opcjonalne - Rekomendacja) .....	61
8.	Procedura Projektowania i Walidacji Sieci WLAN (Ekahau Site Survey) .....	61
8.1.	Faza I: Projektowanie Predykcyjne (Pre-Deployment Planning) .....	62
8.2.	Faza II: Walidacja Powdrożeniowa (Post-Deployment Validation Survey) .....	63
8.3.	Zestaw Narzędzi Ekahau (Rekomendowany dla Szpitala) .....	64
9.	SiteSurvey .....	65
9.1.	Planowanie sieci WLAN – symulacja .....	65
9.1.1.	Założenia symulacji punktów dostępowych WLAN .....	65
9.1.2.	Kalkulacja punktów dostępowych, relacje do punktów dystrybucyjnych IDF	68
9.1.3.	D40_D40a_Parter - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	69
9.1.4.	D40_D40a_1_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	72
9.1.5.	D40b-1 o rozmieszczenie punktów dostępowych AP .....	74
9.1.6.	D40-P Piwnica – rozmieszczenie punktów dostępowych AP .....	78
9.1.7.	D40_2_Piętro – rozmieszczenie punktów dostępowych AP .....	82



9.1.8.	D40_3_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	86
9.1.9.	D40_4_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	90
9.1.10.	D40_5_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	94
9.1.11.	D40_6_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	98
9.1.12.	D40_7_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	102
9.1.13.	D40_8_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	106
9.1.14.	D40_9_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	110
9.1.15.	D7 Parter- rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	114
9.1.16.	D7_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	116
9.1.17.	D7_2 Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP) .....	118
9.2.	Pomiary sieci WLAN .....	119
9.2.1.	Założenia i ustawienia pomiarów terenowych .....	119
9.2.2.	Ustawienia punktów dostępowych .....	120
9.2.2.	Wyniki pomiarów w poszczególnych punktach .....	121
10.	Ryzyko technologiczne .....	188
10.1.	Podstawa wyboru technologii. ....	188
10.2.	Identyfikacja ryzyk dla środowiska .....	189
10.3.	Specyfikacja ryzyka w zakresie wydajności L3 – Switching .....	189



# DOKUMENTACJA PROJEKTOWA BUDOWA INFRASTRUKTURY SIECIOWEJ LAN/WLAN – SZPITAL MCZ w LUBINIE

## 1. Wprowadzenie

Niniejszy dokument opisuje projekt techniczny nowej infrastruktury sieciowej LAN i WLAN dla budynku szpitalnego *budynek: D-40, D-40A, D40B, D-41, D-7*. Celem projektu jest budowa wysoce dostępnej, redundantnej i wydajnej sieci opartej na rozwiązaniach Ubiquiti Enterprise Campus (w projekcie przyjęto jako wzorzec rozwiązania Ubiquiti Enterprise, z zastrzeżeniem możliwości użycia rozwiązań równoważnych). Projekt zakłada podział na główne centrum danych (DC – lokalizacja I piętro) oraz zapasowe centrum danych (DRC- lokalizacja piwnica) połączone w technologii MC-LAG, co gwarantuje ciągłość działania usług medycznych nawet w przypadku awarii jednej z serwerowni.

### 1.1. Nota prawna i Ochrona Praw Autorskich

Niniejsze Opracowanie stanowi utwór w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych i podlega ochronie prawnej. Autorskie prawa majątkowe do niniejszej Dokumentacji przysługują Wykonawcy – firmie CYBERAI Dariusz Moszyk. Zgodnie z ustaleniami, koszt przeniesienia praw autorskich został uwzględniony w wynagrodzeniu ryczałtowym za realizację prac projektowych. **Przeniesienie autorskich praw majątkowych na Inwestora (MCZ S.A.) następuje wyłącznie pod warunkiem zawieszającym, tj. z chwilą uregulowania całości wynagrodzenia należnego Wykonawcy z tytułu realizacji niniejszego projektu.**

Bez uprzedniej, pisemnej zgody Autora lub do momentu nabycia praw majątkowych w drodze zapłaty pełnego wynagrodzenia, zabrania się:

1. Udostępniania niniejszej dokumentacji podmiotom trzecim w celach innych niż weryfikacja techniczna przez Inwestora.



2. Wykorzystywania opracowania do realizacji inwestycji, ogłaszania postępowań przetargowych lub tworzenia opracowań pochodnych.

## 1.2. Klasyfikacja CPV

W celu jednoznacznego określenia przedmiotu zamówienia, zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 213/2008, dla niniejszego projektu zastosowano następujące kody CPV:

### Główny przedmiot zamówienia:

- **32410000-0** – Lokalne sieci komputerowe

### Dodatkowe przedmioty zamówienia (Dostawy i Urządzenia):

- **32420000-3** – Urządzenia sieciowe (Switche, Punkty Dostępowe, Kontrolery)
- **32562300-3** – Kable światłowodowe do przesyłu danych
- **32421000-0** – Okablowanie sieciowe (Elementy pasywne, patchcordsy)

### Usługi i roboty instalacyjne:

- **45314320-0** – Instalowanie okablowania komputerowego (Układanie tras, instalacja fizyczna)
- **72710000-0** – Usługi w zakresie lokalnych sieci komputerowych (Konfiguracja logiczna, wdrożenie VLAN, RADIUS, uruchomienie systemu)

## 1.3. Klauzula

Zamawiający informuję, że ilekroć w dokumentacji jest mowa o „znaku towarowym, patencie, produkcie, materiale, czy systemie typu lub np.” należy przez to rozumieć znak towarowy, patent, produkt, materiał czy system taki jak zaproponowany lub inny o standardzie i parametrach technicznych nie gorszych niż zaproponowany. Wszystkie użyte w specyfikacji znaki handlowe, towarowe, przywołania patentów, nazwy modeli, numery katalogowe służą jedynie do określenia cech technicznych, jakościowych i funkcjonalnych materiałów, a nie są wskazaniem na producenta. Wszelkie nazwy własne produktów i materiałów przywołane w dokumentacji służą ustaleniu pożądanego standardu wykonania i określenia właściwości i wymogów technicznych założonych w dokumentacji. Użyte wszelkie nazwy handlowe w opisie przedmiotu zamówienia Zamawiający traktuje jako informację uściślającą, która została użyta wyłącznie w celu przybliżenia potrzeb Zamawiającego. Dopuszcza się użycie do realizacji przedmiotu postępowania produktów równoważnych, w stosunku do ich jakości, docelowego przeznaczenia i spełnianych funkcji i walorów użytkowych oraz parametrów technicznych.



Jeżeli wskazano nazwy towarów, produktów pochodzących od konkretnych producentów to określają one minimalne parametry jakościowe i cechy użytkowe, jakim muszą odpowiadać towary oferowane przez Wykonawcę, aby zostały spełnione wymagania stawiane przez Zamawiającego. Produkty pochodzące od konkretnych producentów stanowią wyłącznie wzorzec jakościowy przedmiotu zamówienia. Pod pojęciem minimalne parametry jakościowe i cechy użytkowe zamawiający rozumie wymagania dotyczące produktów zawarte w ogólnie dostępnych źródłach, katalogach, stronach internetowych producentów. Operowanie przykładowymi nazwami producenta ma jedynie na celu doprecyzowanie poziomu oczekiwań zamawiającego w stosunku do określonego rozwiązania. Posługiwanie się nazwami producentów/produktów ma wyłącznie charakter przykładowy. Zamawiający, wskazując oznaczenie konkretnego producenta (dostawcy) lub konkretny produkt przy opisie przedmiotu zamówienia, dopuszcza jednocześnie produkty równoważne o parametrach jakościowych i cechach użytkowych co najmniej na poziomie parametrów wskazanego produktu, uznając tym samym każdy produkt o wskazanych lub lepszych parametrach.

## 2. Cele Projektu

Zgodnie z dobrymi praktykami, kluczowymi celami są:

- **Wysoka dostępność (High Availability):** Zapewnienie nieprzerwanej pracy systemów szpitalnych (HIS, PACS) poprzez zastosowanie redundancji sprzętowej (DC/DRC) i logicznej (MC-LAG, Ring).
- **Wydajne pokrycie siecią bezprzewodową:** Instalacja zagęszczonej sieci Wi-Fi w standardzie dostosowanym do dużej liczby urządzeń medycznych i pacjentów.
- Wdrożenie przełączników rdzeniowych (core switch) o wysokiej przepustowości
- **Segmentacja ruchu:** Izolacja danych medycznych od ruchu gości i administracji.
- **Skalowalność i zarządzanie:** Centralne zarządzanie całą infrastrukturą z poziomu kontrolera sieciowego.

## 3. Zakres Projektu

Przedmiotem opracowania jest kompleksowe wykonanie infrastruktury sieciowej obejmujące:



- Budowę szkieletu sieci (Core) w oparciu o dwie lokalizacje: DC i DRC.
- Budowę infrastruktury sieci LAN
- Wyposażenie 11 Punktów dystrybucyjnych (IDF) – po jednym na każdym piętrze budynku D-40, 2 punkty dystrybucyjne w budynku D-7, 1 punkt dystrybucyjny w budynku D-40a i 1 punkt dystrybucyjny w budynku D-40b.
- Instalację i konfigurację sprzętu sieciowego
- Instalację 176 punktów dostępowych Wi-Fi (D40/D41- piętera+parter+piwnica), D-7, D-40a, D-40b.
- Konfigurację logiczną: VLAN, Routing, MC-LAG, RSTP/MSTP.
- Konfigurację połączeń sieciowych, w tym redundancji, segmentacji VLAN.
- Wdrożenie określonych systemów Ubiquiti na platformie wirtualizacyjnej.

## 4. Podstawa opracowania

### 4.1. Opracowanie wykonano w oparciu o:

- wytyczne Inwestora,
- istniejącą dokumentację budynku,
- pomiary pomieszczenia z podkładów architektonicznych oraz z wizji lokalnej
- wytyczne producentów,
- dokumentacje techniczno-ruchowe urządzeń,
- obowiązujące przepisy.

### 4.2. Wytyczne ogólne układania i montażu okablowania teletechnicznego

Kable światłowodowe i telefoniczne układać w pierwszej kolejności z wykorzystaniem istniejących koryt, tras kablowych, a w przypadku ich braku ułożyć nowe koryta, trasy kablowe odpowiednie do ilości kabli, np. o wymiarach 200mm x 100mm i 100mm x



60mm. W korytach należy przewidzieć wolne miejsce do układania pozostałych kabli niskonapięciowych, np. skrętek miedzianych.

### 4.3. Zabezpieczenia p.poż.

Zabezpieczenia p.poż. przejść instalacyjnych przez ściany i stropy:

- Przepusty instalacyjne w elementach oddzielenia przeciwpożarowego powinny mieć klasę odporności ogniowej (E l) wymaganą dla tych elementów.
- Przepusty instalacyjne o średnicy powyżej 4 cm w ścianach i stropach, niebędące elementami oddzielenia przeciwpożarowego, dla których jest wymagana klasa odporności ogniowej co najmniej E l 60 lub R E l 60, powinny mieć klasę odporności ogniowej (E l) tych elementów.

Wyżej wymienione przepusty należy wypełnić masą ognioodporną spełniającą te same wymagania techniczne co ściany i stropy, w których się znajdują.

#### **Wymagania prawne i techniczne dla przepustów instalacyjnych (Przejścia P.POŻ)**

W związku z prowadzeniem tras kablowych przez strefy pożarowe w budynku użyteczności publicznej kategorii ZL II (budynek przeznaczony do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się – szpital), Wykonawca zobowiązany jest do bezwzględnego przestrzegania niżej wymienionych wymogów prawnych i technicznych przy wykonywaniu przepustów instalacyjnych.

#### **1. Podstawa Prawna**

Realizacja przejść instalacyjnych (przepustów) przez przegrody budowlane musi być zgodna z następującymi aktami prawnymi i normami:

- **Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie** (Dz.U. 2022 poz. 1225 z późn. zm.), w szczególności Dział VI „Bezpieczeństwo pożarowe”, Rozdział 3, § 234.
- **Norma PN-EN 13501-2:2016-07** – Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.



- **Norma PN-EN 1366-3:2010** – Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych – Część 3: Uszczelnienia przejść instalacyjnych.

## 2. Klasa Odporności Ogniowej (EI)

Zgodnie z **§ 234 ust. 1 Warunków Technicznych**:

*„Przepusty instalacyjne w elementach oddzielenia przeciwpożarowego powinny mieć klasę odporności ogniowej (E I) wymaganą dla tych elementów.”*

Oznacza to, że każde przejście wiązki kablowej przez ścianę lub strop stanowiący oddzielenie przeciwpożarowe musi zostać uszczelnione materiałem zapewniającym:

- **E (Szczelność ogniowa):** zdolność do powstrzymania przenikania płomieni i gorących gazów.
- **I (Izolacyjność ogniowa):** zdolność do ograniczenia przyrostu temperatury po stronie nienagrzewanej.

Wymagane klasy odporności dla budynku szpitalnego (zależnie od strefy) to najczęściej **EI 60** lub **EI 120**. Wykonawca przed przystąpieniem do prac musi zweryfikować klasę odporności danej przegrody w Instrukcji Bezpieczeństwa Pożarowego obiektu.

## 3. Technologia Wykonania i Materiały (Rekomendacja: System Hilti)

Do uszczelnienia przepustów kablowych (pojedynczych kabli, wiązek kablowych oraz tras korytowych) należy zastosować certyfikowane systemy ogniochronne. Rekomenduje się zastosowanie rozwiązań systemowych firmy **Hilti** (lub równoważnych o nie gorszych parametrach technicznych), posiadających aktualną Europejską Ocenę Techniczną (ETA) oraz Krajową Deklarację Właściwości Użytkowych.

**Zalecane rozwiązania materiałowe:**

- **Masa ogniochronna elastyczna (np. Hilti CFS-S ACR):** Do uszczelniania szczelin i przestrzeni wokół kabli w przejściach przez ściany gipsowo-kartonowe i murowane. Masa musi być dymoszczelna i zapewniać ruchomość złącza.
- **Błoczek i piany ogniochronne (np. Hilti CFS-BL):** Do wypełniania dużych otworów w szachtach i przepustach zbiorczych, umożliwiające łatwą modyfikację instalacji (dokończenie kabli) w przyszłości bez niszczenia przepustu.
- **Opaski ogniowe:** W przypadku przejść rur osłonowych z tworzyw sztucznych (palnych).

## 4. Wytyczne Wykonawcze



1. **Stopień Wypełnienia:** Przepust nie może być „przetadowany”. Należy zachować odpowiedni dystans między kablami a krawędzią otworu, zgodnie z kartą techniczną zastosowanego produktu, aby umożliwić skuteczną aplikację masy pęczniącej.
2. **Oczyszczenie Otworu:** Przed aplikacją masy, krawędzie otworu (ościeża) muszą zostać odpylone i oczyszczone z luźnych fragmentów muru/płyty G-K.
3. **Głębokość Uszczelnienia:** Należy bezwzględnie przestrzegać minimalnej głębokości uszczelnienia określonej w aprobacie technicznej dla danej klasy EI (zazwyczaj wypełnienie obustronne na określoną głębokość).
4. **Oznakowanie:** Każdy wykonany przepust musi zostać trwale oznakowany **tabliczką znamionową** (naklejką informacyjną) umieszczoną w widocznym miejscu obok przepustu. Tabliczka musi zawierać:
  - Rodzaj przepustu i klasę odporności ogniowej (np. EI 120).
  - Nazwę zastosowanego systemu/produktu.
  - Datę wykonania.
  - Nazwę i podpis wykonawcy.
  - Numer aprobaty technicznej/deklaracji właściwości użytkowych.

## 5. Dokumentacja Powykonawcza Przejść P.POŻ

Odbiór instalacji LAN uwarunkowany jest przedstawieniem kompletnej dokumentacji dla wykonanych uszczelnień, zawierającej:

- Oświadczenie wykonawcy o wykonaniu przepustów zgodnie z projektem i instrukcjami producenta.
- Krajowe Deklaracje Właściwości Użytkowych (KDWU) dla zastosowanych mas i systemów.
- Dokumentację fotograficzną wykonanych przejść (przed i po zamknięciu) – zalecane.
- Rejestr przepustów naniesiony na rzuty kondygnacji.

### 4.4. Sieć okablowania światłowodowego – dane ogólne

Podstawą do opracowania zagadnień związanych z okablowaniem strukturalnym są normy okablowania strukturalnego.



Normy europejskie dotyczące wymagań ogólnych i specyficznych dla danego środowiska:

- EN 50173-1:2007 Technika Informatyczna – Systemy okablowania strukturalnego – Część 1: Wymagania ogólne
- EN 50173-2:2007 Technika Informatyczna – Systemy okablowania strukturalnego – Część 2: Budynki biurowe;
- Normy europejskie pomocnicze:
- PN-EN 50174-1:2002 Technika informatyczna. Instalacja okablowania – Część 1 – Specyfikacja i zapewnienie jakości;
- PN-EN 50174-2:2002 Technika informatyczna. Instalacja okablowania – Część 2 – Planowanie i wykonawstwo instalacji wewnątrz budynków;
- PN-EN 50174-3:2005 Technika informatyczna. Instalacja okablowania – Część 3 – Planowanie i wykonawstwo instalacji na zewnątrz budynków;
- PN-EN 50346:2002 Technika informatyczna. Instalacja okablowania – Badanie zainstalowanego okablowania
- PN-EN 50310:2007 Stosowanie połączeń wyrównawczych i uziemiających w budynkach z zainstalowanym sprzętem informatycznym;
- Normy międzynarodowe (komitetu ISO) – systemy okablowania strukturalnego: ISO/IEC 11801 ed. 2002 amd. 1 (od 2008 roku i amd. 2 od 2010).
- Dz.U.2022.1225 § 234. - Przepusty instalacyjne w elementach oddzielenia przeciwpożarowego - Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

#### 4.5. Dokumentacja powykonawcza

Dokumentacja powykonawcza powinna zawierać:

- Raporty z pomiarów okablowania,
- Rzeczywiste trasy prowadzenia kabli transmisyjnych
- Oznaczenia poszczególnych szaf, kabli i portów w panelach



- Raporty pomiarowe wszystkich torów transmisyjnych należy zawrzeć w dokumentacji powykonawczej i przekazać inwestorowi przy odbiorze inwestycji

## 4.6. Zasady stosowania rozwiązań równoważnych

W celu zapewnienia czytelności dokumentacji, w niniejszym opracowaniu zastosowano nazwy własne, znaki towarowe oraz wskazania na konkretne typy urządzeń i materiałów. Zapisy te mają charakter wyłącznie przykładowy i służą sprecyzowaniu standardu jakościowego, technologicznego oraz funkcjonalnego wymaganego przez Inwestora.

Zgodnie z wymogami Inwestora, w każdym miejscu, gdzie w treści dokumentacji, zestawieniach materiałowych lub specyfikacjach pojawia się nazwa producenta, konkretny model urządzenia lub typ materiału, należy przyjąć domniemanie zapisu „**lub równoważne**”.

Dopuszcza się zastosowanie materiałów i urządzeń równoważnych, produkowanych przez innych producentów, pod warunkiem, że spełniają one łącznie następujące kryteria:

1. **Parametry Techniczne.** Oferowane urządzenia równoważne muszą posiadać parametry techniczne nie gorsze niż urządzenia wskazane w projekcie jako wzorcowe (w szczególności w zakresie: wydajności przetwarzania, obsługiwanych protokołów sieciowych, standardów bezpieczeństwa, parametrów radiowych oraz warunków środowiskowych pracy). Szczegółowe wymagania minimalne zawarto w rozdziale 5.17 *Specyfikacja Sprzętu*.
2. **Kompatybilność Systemowa.** Ze względu na istniejącą lub projektowaną infrastrukturę, rozwiązania równoważne muszą zapewniać pełną kompatybilność i integrację z systemem zarządzania siecią (w tym przypadku centralnym kontrolerem), systemami uwierzytelniania (RADIUS) oraz infrastrukturą fizyczną, bez konieczności ponoszenia przez Inwestora dodatkowych kosztów licencyjnych, sprzętowych lub programistycznych.
3. **Funkcjonalność.** Urządzenia równoważne muszą realizować te same funkcje użytkowe (np. obsługa MC-LAG, Etherlighting, funkcje bezpieczeństwa threat management, analiza widma RF) co urządzenia referencyjne.



## 5. Architektura Sieci (Rozszerzona Gwiazda + Pierścień)

Zgodnie z wymaganiem bezwzględnej redundancji, każdy Przetąacznik Dostępowy (Access Switch) na piętrze posiada łącznie **4 aktywne połączenia światłowodowe uplink**. Wymaga to zastosowania przetaczników z minimum 4 portami SFP+ (np. *UniFi Switch Pro 48 PoE*, w niniejszym projekcie przyjmujemy nazwę kodową z zamówienia ECS-48-PoE z założeniem wyposażenia w 4 sloty SFP+).

### 5.1. Szczegóły połączeń fizycznych

#### 5.1.1. Połączenia Gwiazdy

- Każda szafa piętrowa (IDF P-9, D-7, D-40a, D-40b, D40-D41) posiada **bezpośrednie** łącze światłowodowe do przetacznika w **DC** (Data Center).
- Każda szafa piętrowa (IDF P-9, D-7, D-40a, D-40b, D40-D41) posiada **bezpośrednie** łącze światłowodowe do przetacznika w **DRC** (Disaster Recovery Center).
- **Cel:** Awaria jednego z rdzeni lub przerwanie pionu kablowego nie odcina żadnego piętra.

#### 5.1.2. Połączenia Pierścienia (Ring):

W celu zapewnienia lokalnej redundancji i możliwości routingu ruchu z pominięciem rdzenia w sytuacjach awaryjnych (przy odpowiedniej konfiguracji MSTP/RSTP), zastosowano następujące połączenia bezpośrednie między punktami dystrybucyjnymi:

- Budynek Główny D-40, D-41 (Piętra P-9): Szafy dystrybucyjne są spięte kaskadowo w topologii pierścienia (IDF P <-> IDF 2 <-> ... <-> IDF 9). Dla domknięcia logicznego pierścienia, ostatni punkt (IDF 9) posiada połączenie zwrotne do pierwszego (IDF P) lub jest ono realizowane poprzez pętlę światłowodową w przetacznicy głównej.



- Budynek D-7: Punkty dystrybucyjne D-7-1 oraz D-7-2 są połączone bezpośrednio ze sobą (D-7-1 <-> D-7-2), tworząc niezależny segment redundancji lokalnej.
- Budynki D-40a i D-40b: Punkt dystrybucyjny w budynku D-40a posiada bezpośrednie połączenie światłowodowe z punktem w budynku D-40b (D-40a <-> D-40b), zapewniając wzajemną redundancję połączeń dla tych obiektów.

**Cel:** Zapewnienie lokalnej redundancji i możliwości routingu ruchu między piętrami z pominięciem rdzenia w sytuacjach awaryjnych (przy odpowiedniej konfiguracji MSTP/RSTP).

## 5.2. Architektura sieci

### 5.2.1. Topologia Fizyczna i Logiczna

Zastosowano hybrydową topologię łączącą niezawodność **rozszerzonej gwiazdy** z redundancją **pierścienia logicznego**.

#### A. Rdzeń Sieci (DC <-> DRC)

- **Połączenie MC-LAG:** Przetącniki ECS-Aggregation w DC i DRC są połączone dedykowanym, wielowłóknowym łączem światłowodowym o wysokiej przepustowości (np. 2x 100Gbps lub 4x 25Gbps).
- Dzięki MC-LAG, awaria jednego z Data Center nie powoduje przerwy w działaniu sieci warstwy dostępowej.

#### B. Warstwa Dostępową (Szafy Piętrowe 1-12)

Każda z 16 szaf (Rack 1 – Rack 16) wyposażona jest w przetącnik ECS-48-PoE.

##### 1. Topologia Pierścienia Logicznego (Ring):

- Przetącniki piętrowe są połączone fizycznie sąsiednio (np. Piętro 1 -> Piętro 2 -> ... -> Piętro 12).
- Dla domknięcia pierścienia, Piętro 12 jest połączone zwrotnie z Piętro 1 (lub poprzez pętlę światłowodową zrealizowaną na przetącnicy głównej).



- **Zabezpieczenie:** Protokół RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) lub MSPT blokuje nadmiarowe ścieżki, zapobiegając pętlom, ale aktywuje je natychmiast w przypadku przerwania światłowodu między piętrami.

## 2. Rozszerzona Gwiazda (Uplink do Rdzenia):

- Oprócz połączeń między piętrami, punkty dystrybucyjne posiadają bezpośrednie połączenie (Uplink) do pary ECS-Aggregation w DC i DRC.
- Dzięki MC-LAG, ECS-48-PoE widzi połączenie do DC i DRC jako jeden logiczny kanał (Port Channel), co podwaja przepustowość i zapewnia redundancję.

**Uwagi:** Analogicznie dla budynków D-7, D-40a, D-40b.

### 5.2.2. Segmentacja VLAN

#### Korzyści z Segmentacji VLAN

- **Bezpieczeństwo:** Izolacja ruchu sieciowego pomiędzy różnymi grupami użytkowników, urządzeń i usług. Ogranicza to powierzchnię ataku i rozprzestrzenianie się ewentualnych zagrożeń.
- **Wydajność:** Redukcja domen rozgłoszeniowych (broadcast domains), co zmniejsza niepotrzebny ruch w sieci i poprawia jej ogólną wydajność.
- **Organizacja i Zarządzanie:** Ułatwia logiczne grupowanie urządzeń i zarządzanie nimi. Polityki QoS i bezpieczeństwa są stosowane per-VLAN.
- **Elastyczność:** Umożliwia łatwe przenoszenie grup roboczych i rekonfigurację sieci bez fizycznej zmiany okablowania.
- **Redukcja Kosztów:** Umożliwia współdzielenie tej samej fizycznej infrastruktury sieciowej przez różne grupy logiczne, zamiast budowania oddzielnych sieci fizycznych.

Sieć szpitalna zostanie podzielona na odseparowane logicznie podsieci:



## VLAN ID Nazwa Segmentu Przeznaczenie

10	MGT_NET	Zarządzanie urządzeniami sieciowymi (Switche, AP)
20	HIS_NET	Szpitalny System Informatyczny (Personel medyczny)
30	MED_IOT	Urządzenia medyczne (Monitory, pompy, TK, RM)
40	VOIP	Telefonia IP / Systemy przywoławcze
50	GUEST_WIFI	Otwarty dostęp dla pacjentów (izolowany)
60	TECH_NET	Systemy budynkowe (BMS, Kamery CCTV, KD)

### 5.3. Adresacja i Routing

- Routing między VLAN (Inter-VLAN) realizowany będzie na poziomie warstwy rdzeniowej (L3) na przełącznikach ECS-Aggregation w konfiguracji redundantnej (VRRP lub HSRP, zależnie od wsparcia protokołu przez Ubiquiti w trybie MC-LAG).
- Wykorzystanie protokołu DHCP z opcją DHCP Relay/Snooping dla bezpieczeństwa.

### 5.4. Schemat Adresacji IP (IP Plan)

Przyjęto adresację prywatną z klasy A (10.0.0.0/8) dla infrastruktury wewnętrznej oraz klasy B (172.16.0.0/12) dla gości, aby zapewnić łatwą rozróżnialność w logach firewalla.

ID VLAN	Nazwa Sieci	Adresacja Sieci	Maska	DHCP	Opis
10	<b>MANAGEMENT</b>	10.10.0.0/23	255.255.254.0	Statyczny	Switche, AP, Kontrolery, UPS.



ID VLAN	Nazwa Sieci	Adresacja Sieci	Maska	DHCP	Opis
20	STAFF_HIS	10.20.0.0/21	255.255.248.0	Server	Laptopy, tablety personelu (ok. 2000 adresów - roaming).
30	MED_EQUIP	10.30.0.0/22	255.255.252.0	Rezerw. MAC	Tomografy, RM, USG, pompy infuzyjne (izolowana).
40	VOIP_NURSE	10.40.0.0/23	255.255.254.0	Server	Telefony IP, system przywoławczy.
50	GUEST_AUTH	172.16.0.0/20	255.255.240.0	Server	Pacjenci (izolacja klientów, weryfikacja e-mail).
60	CCTV_BMS	10.60.0.0/23	255.255.254.0	Statyczny	Kamery, kontrola dostępu, czujniki.
99	P2P_LINKS	10.99.x.x/30	255.255.255.252	Brak	Połączenia L3 między switchami Core a Firewall.

*Uwaga: Zastosowano maski typu Supernet (np. /21) dla VLAN-ów użytkowników mobilnych, aby umożliwić roaming L2 między piętrami bez zrywania sesji. Wymagana izolacja klientów (Client Isolation) dla VLAN 50 (GUEST\_AUTH) bezpośrednio na kontrolerze UniFi, aby zapobiec komunikacji między urządzeniami gości, co jest podstawową zasadą bezpieczeństwa sieci Wi-Fi dla gości.*



## 5.5. Infrastruktura WLAN (Wi-Fi)

Ze względu na specyfikę szpitala (12 pięter, D-40-D41 D-7, D-40a, D-40b- 16 AP na piętro), sieć bezprzewodowa jest krytyczna.

- **Roaming:** Konfiguracja **Fast Roaming (802.11r/k/v)** zapewniająca płynne przełączanie się urządzeń mobilnych personelu podczas przemieszczania się między piętrami i salami.
- **Kanały:** Automatyczna optymalizacja kanałów (Channel Planning) w celu uniknięcia interferencji między 16 punktami AP na jednej kondygnacji.
- **SSID:**
  - HOSPITAL\_SECURE (WPA3-Enterprise, 802.1x) – dla personelu i sprzętu medycznego.
  - HOSPITAL\_GUEST (WPA3-Personal / Captive Portal) – dla pacjentów, z limitowaniem pasma.

**Uwaga:** Należy położyć nacisk na Band Steering (wymuszanie 5GHz/6GHz) i ewentualne wyłączenie radia 2.4GHz na co drugim AP, aby zmniejszyć zakłócenia własne (Co-Channel Interference)

## 5.6. Standaryzacja Nazewnictwa

W celu ułatwienia zarządzania, zastosowano schemat dostosowany do kodów Ubiquiti:

**Struktura:** [PREFIX\_OBIEKTU] [KOD\_URZĄDZENIA] [LOKALIZACJA] [NR\_KOLEJNY]

- **Prefix:** HOSP (Szpital)
- **Kody:**
  - SW - Switch (ECS-48-PoE)
  - AGG - Aggregation Switch (ECS-Aggregation)
  - AP - Access Point (E7)
- **Lokalizacja:** F01 (Floor 1), DC, DRC.



### Przykłady:

- HOSP-AGG-DC-01 – Przetątnik rdzeniowy w Data Center.
- HOSP-SW-F05-01 – Switch dostępowy na 5. piętrze.
- HOSP-AP-F12-16 – Szesnasty punkt dostępowy na 12. piętrze.

## 5.7. System Zarządzania i Bezpieczeństwa (UniFi & RADIUS)

Całość infrastruktury będzie zarządzana centralnie, z naciskiem na ścisłą kontrolę dostępu (NAC – Network Access Control).

### 5.7.1. Centralny Kontroler – UniFi Network Application

Do obsługi 176 punktów dostępowych (AP) i kilkunastu przetątników wymagany jest kontroler klasy Enterprise.

- **Urządzenie:** Serwer dedykowany w klastrze DC/DRC z zainstalowanym oprogramowaniem **UniFi Network Server** (Self-Hosted) lub dedykowana konsola sprzętowa **UniFi Cloud Key Enterprise**. Kontroler UniFi Network Server (Self-Hosted) zostanie wdrożony jako maszyna wirtualna (VM) w klastrze serwerowym z mechanizmem High Availability (HA), replikującym go między DC a DRC. Alternatywnie, zastosowanie Geo-redundancji i synchronizacji baz danych (DB) UniFi między serwerami w DC i DRC
- **Funkcje:** Centralne zarządzanie switchami, AP, mapowanie portów, wizualizacja topologii, logi systemowe.

## 5.8. Zestawienie Materiałowe (BOM - Bill of Materials)

Poniższa lista zawiera kluczowe komponenty niezbędne do realizacji projektu w opisanej topologii.



### 5.8.1. Urządzenia Aktywne

7.	Wkładka QSFP28 100G (Interkonekt)	Ubiquiti 100G QSFP28	4 szt.	Brak w tabeli oryg. Do połączenia DC <-> DRC (MC-LAG).
8.	Kabel DAC (Direct Attach)	Ubiquiti 10G/25G DAC (0.5m - 1m)	24 szt.	Do połączeń wewnątrz szaf (Switch <-> Patch Panel).
III.	<b>ZASILANIE GWARANTOWANE (UPS)</b>			
9.	UPS Centralny (Serwerownia DC/DRC)	UPS On-line 10 kVA (3/3 Fazy)	2 szt.	Brak w tabeli oryg. Po 1 szt. dla DC i DRC. Czas podtrzymania min. 120 min dla kluczowych systemów.
10.	UPS Dystrybucyjny (Szafy Piętrowe)	UPS Rack 1500VA / 1350W (Line-Interactive/On-line)	12 szt.	Brak w tabeli oryg. Niezbędne do podtrzymania switchy PoE na piętrach (ok. 400-500W obciążenia na szafę).
IV.	<b>SZAFY RACK I OKABLOWANIE PASYWNE</b>			
11.	Szafa Rack 42U (800x1000)	Standard 19" (np. Lanberg/BKT)	2 szt.	Dla DC i DRC. Głębokość min. 1000mm.
12.	Szafa Rack 12U (Wisząca/Stojąca)	Standard 19" (np. Lanberg/BKT)	12 szt.	Dla punktów IDF na piętrach (Zmieniono z 10U na 12U zgodnie z zestawieniem ilościowym).
13.	Przełącznica Światłowodowa 1U	Wyposażona w 12x lub 24x SC/PC Duplex	40 szt.	Ilość z zestawienia ilościowego.
14.	Patchcords S/FTP Kat. 6A/7	Długość 0.5m - 3m	ok. 400 szt.	Podłączenie AP oraz krosowanie w szafach.

## 5.9. Wymagania Techniczne dla Infrastruktury Światłowodowej

### 5.9.1. Specyfikacja Kabla i Włókien Jednomodowych (SM)

Okablowanie szkieletowe łączące poszczególne punkty dystrybucyjne (IDF) z centrami danych (DC/DRC) zostanie zrealizowane w technologii światłowodowej jednomodowej. W celu zapewnienia długoterminowej rezerwy przepustowości dla przyszłych, szybkich protokołów transmisyjnych, jako medium transmisyjne należy zastosować włókna kategorii **OS2 (9/125 µm)**.

**Kabel światłowodowy musi spełniać następujące kryteria techniczne:**

- **Budowa:** Konstrukcja kabla musi opierać się na centralnej luźnej tubie, wypełnionej żelem hydrofobowym, co zapewnia ochronę przed wilgocią.



- **Wzmocnienie:** Kabel powinien zawierać wzmocnienie z przędzy dielektrycznej (włókna szklanego), co znacząco zwiększa jego wytrzymałość na siły zewnętrzne i czyni go idealnym do zastosowania w pionowym okablowaniu szkieletowym.
- **Powłoka Zewnętrzna:** Powłoka musi być wykonana z materiału **LSZH** (Low Smoke Zero Halogen), charakteryzującego się wodoodpornością, brakiem halogenów i brakiem elementów metalicznych, co jest wymogiem bezpieczeństwa pożarowego.
- **Standaryzacja Włókien:** Klasa włókna musi być zgodna z **ITU-T G.652.D**.
- **Liczba Włókien:** Dostępne w wariantach 12 lub 24 włókna.

### 5.9.2. Przetącnice Krosowe

#### A. Wymagania dla Przetącnic Światłowodowych

Przetącnice instalowane w szafach Rack 19" muszą być typu **1U** i umożliwiać montaż do 12 dwupunktowych elementów centrujących (terminacja 24 włókien FO). Przetącnice światłowodowe na piętrach projektuje się z interfejsem **LC** o szlifie PC. Konstrukcja musi zapewniać odpowiednią przestrzeń wewnętrzną dla zarządzania nadmiarem kabli, w tym możliwość zorganizowania zapasu buforowego (min. 2 metry luźnej tuby i włókien). Tacki spawów muszą umożliwiać właściwą segregację włókien.

Wprowadzenie kabla do szafy musi być chronione mechanicznie poprzez zastosowanie **peszli ochronnych** aż do momentu wejścia do przetącnicy. Przetącnica musi posiadać specjalne uchwyty umożliwiające pewne i stabilne zamocowanie tych peszli.

#### B. Elementy Centrujące (Adaptory LC-Duplex)

Wymaga się użycia łączników jednomodowych typu **LC-Duplex**, które charakteryzują się wysoką gęstością upakowania portów w przetącnicy oraz najwyższymi parametrami transmisji (klasa złącza C). Adaptory muszą być zgodne z wymaganiami **IEC 61754-18** i wyposażone w precyzyjną ferulę ceramiczną.

Kluczowe właściwości optyczne i mechaniczne:

- **Straty Wtrąceniowe (IL):** Nie większe niż  $< 0.2$  dB (testowane zgodnie z IEC 61300-3-4).
- **Trwałość Mechaniczna:** Minimum 500 cykli połączeniowych.
- Łączniki muszą posiadać półprzezroczyste zaślepki przeciwkurzowe, które pozwalają na weryfikację połączenia wiązką laserową bez ich demontażu, oraz zintegrowane zabezpieczenie przeciwoślepieniowe.



### 5.9.3. Kable Krosowe Światłowodowe

Kable krosowe muszą być zakończone obustronnie złączami **LC-Duplex** (zgodnie z **IEC 61754-18**). Wymaga się, aby złącza posiadały ceramiczne ferule o precyzyjnej geometrii PC (zgodnie z IEC 61755-3-2) oraz były klasyfikowane do stosowania w środowisku niekontrolowanym (Kategoria U, IEC 61753-1). Wszystkie kable krosowe muszą posiadać trwałe, **numeryczne oznaczenia** identyczne z oznaczeniami na panelach krosowych i punktach przyłączeniowych.

### 5.9.4. Odbiór Techniczny i Pomiary Torów Sygnałowych

Warunkiem końcowego odbioru instalacji okablowania jest przeprowadzenie certyfikowanych pomiarów wszystkich torów transmisyjnych.

#### A. Wymagania Pomiary Tłumienia

Pomiar każdego toru światłowodowego jednomodowego (SM) musi zostać wykonany **dwukierunkowo** (z punktu A do B i B do A) dla dwóch okien transmisyjnych: **1310 nm i 1550 nm**. Do pomiarów należy użyć konfiguracji miernika dedykowanej dla kabli jednomodowych (np. konfiguracja OF-2000 dla analizatorów okablowania).

#### B. Zawartość Raportu Pomiarowego

Raporty z pomiarów muszą być obszerne i zawierać następujące elementy dla każdego toru:

- Wskazanie normy, według której realizowano testy.
- Zastosowaną metodę referencji.
- Uzyskaną wartość tłumienia toru.
- Określone granice akceptacji (limit).
- **Wysokość Marginesu Bezpieczeństwa (Zapasy):** Należy wyraźnie wskazać margines pomiędzy zmierzoną wartością tłumienia a wartością graniczną wymaganą przez normę, w ujęciu najgorszego przypadku.
- Końcowy rezultat pomiaru (Pass/Fail).

### 5.9.5. Zapisy końcowe

Wszystkie materiały i podzespoły użyte w pracach instalacyjnych muszą być fabrycznie nowe, nieużywane i reprezentować najnowsze, aktualne wzory techniczne. Po zakończeniu prac należy sporządzić kompletną **dokumentację powykonawczą**



uwzględniającą rzeczywiste trasy kablowe, rozkład punktów przyłączeniowych oraz wykonać finalne raporty z pomiarów torów sygnałowych.

Ze względu na topologię "Rozszerzonej Gwiazdy" + "Pierścienia", zapotrzebowanie na porty optyczne jest znaczne.

- **Liczba wkładek SFP+ (10G) - Strona Dostępowa (Piętra D-40,D-41, D-7, D-40a, D-40b):**
  - Uplink do DC: 16 szt.
  - Uplink do DRC: 16 szt.
  - Pierścień (Ring - wejście/wyjście): 28 szt. (2 na szafę).
  - **Razem Piętra:** 60 modułów SFP+ (LC Multi-mode lub Single-mode zależnie od odległości).
- **Liczba wkładek SFP+ (10G/25G) - Strona Rdzeniowa (DC/DRC):**
  - Obsługa 12 pięter, D-7, D-40a, D-40b w DC: 16 szt.
  - Obsługa 12 pięter, D-7, D-40a, D-40b w DRC: 16 szt.
  - Interkonekt DC-DRC (MC-LAG): 4 szt. (np. 100G QSFP28 lub 25G SFP28).
  - **Razem Rdzeń:** ~36 modułów wysokiej przepustowości.

#### **Sumaryczne zestawienie wkładek:**

- **96** Ubiquiti 10G SFP+ Optical Module (UF-MM-10G dla odległości <300m lub UF-SM-10G dla dłuższych).
- **4x** Ubiquiti 100G QSFP28 (dla spięcia DC-DRC).

**Razem: 100 szt. wkładek SFP+, + 10 szt. zapas.**

### **5.10. Okablowanie Strukturalne (Estymacja)**

- **Kabel Światłowodowy:** Minimum 12 włókien jednomodowych (OS2) doprowadzonych do każdego pionu, aby obsłużyć redundancję.



- **Patchcordsy S/FTP Cat.7a:** ~400 szt. (dla podłączenia 176 AP oraz zapas dla urządzeń w szafach).

## 5.11. Schemat połączeń i topologii

### 5.11.1. Topologia Fizyczna (Gwiazda + Pierścień)

Połączenie	Typ Kabla	Cel
Uplink IDF <> DC	Kabel Światłowodowy 12W SM (LC dx)	Główne, bezwzględne połączenie do rdzenia sieci (ECS-Aggregation DC).
Uplink IDF <> DRC	Kabel Światłowodowy 12W SM (LC dx)	Redundantne, bezwzględne połączenie do zapasowego rdzenia (ECS-Aggregation DRC).
Pierścień IDF <> IDF	Kabel Światłowodowy 12W SM (LC dx)	Połączenie sąsiednie (PP-P2-...-P9). Zabezpieczenie protokołem RSTP/MSTP.
AP <> IDF	SFTP Kat.7 LSOH	Zasilanie PoE i transmisja danych dla każdego z punktów dostępowych E7.

## 5.12. Wykaz relacji kablowych dla połączeń światłowodowych

L.p.	Szacunkowa długość kabla	Ilość włókien SM	Relacje	
			Skąd	Dokąd
1.	121	1 x 12	DC	DRC
2.	139	1 x 12	DC	DRC
3.	96	1 x 12	DC	IDFP
4.	66	1 x 12	DC	IDF1
5.	79	1 x 12	DC	IDF2
6.	88	1 x 12	DC	IDF3
7.	94	1 x 12	DC	IDF4
8.	100	1 x 12	DC	IDF5



9.	98	1 x 12	DC	IDF6
10.	112	1 x 12	DC	IDF7
11.	118	1 x 12	DC	IDF8
12.	124	1 x 12	DC	IDF9
13.	136	1 x 12	DRC	IDFP
14.	106	1 x 12	DRC	IDF1
15.	119	1 x 12	DRC	IDF2
16.	128	1 x 12	DRC	IDF3
17.	134	1 x 12	DRC	IDF4
18.	140	1 x 12	DRC	IDF5
19.	132	1 x 12	DRC	IDF6
20.	152	1 x 12	DRC	IDF7
21.	158	1 x 12	DRC	IDF8
22.	164	1 x 12	DRC	IDF9
23.	176	1 x 12	IDFP	IDF1
24.	188	1 x 12	IDF1	IDF9
25.	48	1 x 12	IDF2	IDF3
26.	48	1 x 12	IDF3	IDF4
27.	48	1 x 12	IDF4	IDF5
28.	48	1 x 12	IDF5	IDF6
29.	48	1 x 12	IDF6	IDF7
30.	48	1 x 12	IDF7	IDF8
31.	48	1 x 12	IDF8	IDF9
32.	96	1 x 12	IDF9	IDFP
33.	165	1 x 12	DC	D-7-1
34.	125	1 x 12	DC	D-7-2
35.	120	1 x 12	DC	D-40A
36.	136	1 x 12	DC	D-40B
37.	120	1 x 12	DRC	D-7-1
38.	160	1 x 12	DRC	D-7-2
39.	140	1 x 12	DRC	D-40A
40.	150	1 x 12	DRC	D-40B
41.	48	1 x 12	D-7-1	D-7-2
42.	160	1 x 12	D-40A	D-40B



**Uwaga: Długość poszczególnych odcinków kabli oraz długość tras kablowych zostały wyliczone szacunkowo. Przed przystąpieniem do wykonywania prac wykonawca powinien dokonać ich weryfikacji na obiekcie.**

## 5.13. INFRASTRUKTURA KABLOWA I SZAFY RACK

### 5.13.1. Infrastruktura Kablowa Miedziana

W projekcie przyjęto okablowanie klasy 7, gwarantujące bezpieczeństwo pożarowe (LSOH) oraz wydajność wymaganą dla przyszłych technologii (np. 10GbE do AP, choć AP E7 obecnie korzystają z 2.5GbE/5GbE, Cat.7 zapewnia zapas).

### 5.13.2. Specyfikacja Kabla i Wymagania

Cecha	Wymaganie Projektowe	Uzasadnienie
Kabel	SFTP Kat.7 LSOH	<b>LSOH:</b> Obowiązkowe w obiektach publicznych (szpitale) w celu minimalizacji emisji toksycznych gazów w przypadku pożaru. <b>SFTP Cat.7:</b> Najwyższa odporność na zakłócenia elektromagnetyczne (kluczowe w szpitalu) i wsparcie dla 10G/40G.
Gniazda	Moduły Keystone Kat.6A/7 TERA	Wymagane gniazda ekranowane, zapewniające ciągłość ekranowania.
Patch Panele	Ekranowane (FTP/SFTP) Kat.6A/7	Dopasowane do specyfikacji okablowania.



### 5.13.3. Wykaz relacji kablowych dla połączeń infrastruktury okablowania sieci LAN

L.p.	Szacunkowa długość kabla	Skąd	Dokąd
1.	45	IDF1P	HOSP-AP-F01-01
2.	45	IDF1P	HOSP-AP-F01-02
3.	45	IDF1P	HOSP-AP-F01-03
4.	45	IDF1P	HOSP-AP-F01-04
5.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-01
6.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-02
7.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-03
8.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-04
9.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-05
10.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-06
11.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-07
12.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-08
13.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-09
14.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-10
15.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-11
16.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-12
17.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-13
18.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-14
19.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-15
20.	45	IDF0	HOSP-AP-F0-16
21.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-1
22.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-2
23.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-3
24.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-4
25.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-5
26.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-6
27.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-7
28.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-8
29.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-9
30.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-10
31.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-11



32.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-12
33.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-13
34.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-14
35.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-15
36.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-16
37.	45	IDF1	HOSP-AP-F1-17
38.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-1
39.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-2
40.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-3
41.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-4
42.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-5
43.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-6
44.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-7
45.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-8
46.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-9
47.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-10
48.	45	IDF2	HOSP-AP-F2-11
49.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-1
50.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-2
51.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-3
52.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-4
53.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-5
54.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-6
55.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-7
56.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-8
57.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-9
58.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-10
59.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-11
60.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-12
61.	45	IDF3	HOSP-AP-F3-13
62.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-1
63.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-2
64.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-3
65.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-4
66.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-5
67.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-6
68.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-7



69.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-8
70.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-9
71.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-10
72.	45	IDF4	HOSP-AP-F4-11
73.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-1
74.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-2
75.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-3
76.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-4
77.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-5
78.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-6
79.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-7
80.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-8
81.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-9
82.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-10
83.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-11
84.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-12
85.	45	IDF5	HOSP-AP-F5-13
86.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-1
87.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-2
88.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-3
89.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-4
90.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-5
91.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-6
92.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-7
93.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-8
94.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-9
95.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-10
96.	45	IDF6	HOSP-AP-F6-11
97.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-1
98.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-2
99.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-3
100.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-4
101.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-5
102.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-6
103.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-7
104.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-8
105.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-9



106.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-10
107.	45	IDF7	HOSP-AP-F7-11
108.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-1
109.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-2
110.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-3
111.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-4
112.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-5
113.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-6
114.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-7
115.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-8
116.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-9
117.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-10
118.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-11
119.	45	IDF8	HOSP-AP-F8-12
120.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-1
121.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-2
122.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-3
123.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-4
124.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-5
125.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-6
126.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-7
127.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-8
128.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-9
129.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-10
130.	45	IDF9	HOSP-AP-F9-11
131.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-1
132.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-2
133.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-3
134.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-4
135.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-5
136.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-6
137.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-7
138.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-8
139.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-9
140.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-10
141.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-11
142.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-12



143.	45	IDF0/D7	HOSP-AP-F0D7-13
144.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-1
145.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-2
146.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-3
147.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-4
148.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-5
149.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-6
150.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-7
151.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-8
152.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-9
153.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-10
154.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-11
155.	45	IDF1/D7	HOSP-AP-F1D7-12
156.	45	IDF2/D7	HOSP-AP-F1D7-13
157.	45	IDF2/D7	HOSP-AP-F1D7-14
158.	45	IDF2/D7	HOSP-AP-F1D7-15
159.	45	IDF2/D7	HOSP-AP-F1D7-16
160.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-1
161.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-2
162.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-3
163.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-4
164.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-5
165.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-6
166.	45	IDF40a0	HOSP-AP-F0D40a-7
167.	45	IDF40a1	HOSP-AP-F1D40a-1
168.	45	IDF40a1	HOSP-AP-F1D40a-2
169.	45	IDF40a1	HOSP-AP-F1D40a-3
170.	45	IDF40a1	HOSP-AP-F1D40a-4
171.	45	IDF40a1	HOSP-AP-F1D40a-5
172.	45	IDF40a1	HOSP-AP-F1D40a-6
173.	45	IDF40b1	HOSP-AP-F1D401-1
174.	45	IDF40b1	HOSP-AP-F1D401-2
175.	45	IDF40b1	HOSP-AP-F1D401-3
176.	45	IDF40b1	HOSP-AP-F1D401-4



#### 5.13.4. Schemat Nazewnictwa dla Gniazd i Patch Paneli (IDF)

W celu zapewnienia jednoznacznej identyfikacji elementów infrastruktury pasywnej i aktywnej w rozproszonym środowisku (obejmującym budynki D-40, D-7, D-40a oraz D-40b), zastosowano hierarchiczny schemat nazewnictwa. System ten umożliwia szybką lokalizację fizyczną każdego portu i urządzenia przez personel IT.

Struktura kodu: [BUDYNEK]-[LOKALIZACJA]-[TYP\_ELEMENTU]-[NUMER\_KOLEJNY]

##### **Słownik kodów:**

- **[BUDYNEK]:**
  - D40, D41 – Budynek Główny (Szpital, 12 pięter)
  - D7 – Budynek D-7
  - D40A – Budynek D-40a
  - D40B – Budynek D-40b
- **[LOKALIZACJA]:**
  - F01...F12 – Piętra (dla budynku D-40, D-41)
  - IDF1, IDF2 – Punkty Dystrybucyjne (dla budynków D-7, D-40a, D-40b)
- **[TYP\_ELEMENTU]:**
  - SW – Switch (Przełącznik sieciowy)
  - PP-M – Patch Panel Miedziany (Copper)
  - PP-FO – Patch Panel Światłowodowy (Fiber Optic)
  - G – Gniazdo logiczne / Port w panelu

Tabela: Standard Nazewnictwa



Element Infrastruktury	Format Nazwy	Opis	Przykłady Zastosowania
<b>Przełącznik (Switch)</b>	[BUD]- [LOK]- SW-[NR]	Unikalny identyfikator urządzenia aktywnego w danej szafie.	<b>D40-F05-SW-01</b> (Pierwszy switch na 5. piętrze budynku D-40)  <b>D7-IDF2-SW-01</b> (Switch w drugim punkcie dystrybucyjnym budynku D-7)
<b>Patch Panel Miedziany</b>	[BUD]- [LOK]- PP-M- [NR]	Panel krosowy dla okablowania poziomego (skrętka).	<b>D40A-IDF1-PP-M-01</b> (Panel miedziany w budynku D-40a)  <b>D40-F12-PP-M-02</b> (Drugi panel miedziany na 12. piętrze D-40)
<b>Patch Panel Światłowodowy</b>	[BUD]- [LOK]-	Panel krosowy dla zakończeń	<b>D40B-IDF1-PP-FO-01</b> (Panel



Element Infrastruktury	Format Nazwy	Opis	Przykłady Zastosowania
	PP-FO- [NR]	światłowodowych (Uplink/Ring).	światłowodowy w budynku D-40b)  <b>D40-F01-PP-FO-01</b> (Panel światłowodowy na 1. piętrze D-40)
<b>Gniazdo Abonenckie</b>	[BUD]- [LOK]-G- [NR]	Oznaczenie gniazda końcowego (opis na gniazdku oraz na panelu krosowym).	<b>D7-IDF1-G-15</b> (Gniazdo nr 15 w pierwszym obszarze budynku D-7)  <b>D40-F03-G-24</b> (Gniazdo nr 24 na 3. piętrze D-40)
<b>Punkt Dostępowy (AP)</b>	[BUD]- [LOK]- AP-[NR]	Logiczna nazwa urządzenia Wi-Fi (Hostmane).	<b>D40-F08-AP-16</b> (16. Access Point na 8. piętrze D-40)



Element Infrastruktury	Format Nazwy	Opis	Przykłady Zastosowania
			<b>D40A-IDF1-AP-04</b> (4. Access Point w budynku D-40a)

## 5.14. Projekt Szaf Dystrybucyjnych (IDF – Piętra 1-12, D-7, D-40a, D-40b)

Na każdym z 12 pięter oraz w budynkach D-7, D-40a, D-40b zaprojektowano szafę dystrybucyjną o wysokości **12U (Rack 19")**. Ta wysokość jest wystarczająca do obsługi 14 AP oraz uplinków, zachowując przy tym kompaktowy rozmiar. Do każdej szafy należy doprowadzić zasilanie gwarantowane z centralnego systemu UPS. Rezerwowo zalecany zasilacz UPS w każdej szafie na piętrze. Zalecana głębokość użyteczna min. 600mm. Należy zamówić 14 kompletów wyposażenia szaf dystrybucyjnych (Switch, Patch Panele)

### 5.14.1. Wyposażenie Standardowej Szafy 12U

Lp.	Komponent	Rozmiar U	Ilość	Przeznaczenie
1.	<b>Switch Dostępowy</b>	1U	1	Ubiquiti ECS-48-PoE
2.	<b>Patch Panel Miedziany</b>	1U	1	24-portowy, ekranowany Cat.6A/7 (obsługa 16 AP + 8 zapas/LAN).



Lp.	Komponent	Rozmiar U	Ilość	Przeznaczenie
3.	<b>Panel Światłowodowy FO</b>	1U	1	24x LC dx, SM/OS2. Wszystkie pionowe kable światłowodowe (IDF-DC/DRC) to jednomodowe (SM, OS2), z uwagi na duże odległości pionowe w 12-piętrowym budynku oraz przyszłą skalowalność (25G/100G). Panele krosowe muszą być wyposażone we wkładki LC dx SM (Simplex/Duplex).
4.	<b>Listwa Zasilająca PDU</b>	1U	2	8-10 gniazd, rackowa.
5.	<b>Półka Wsuwana</b>	1U	1	Na akcesoria/sprzęt diagnostyczny.
6.	<b>Organizer Kablowy</b>	2U	2	Po jednym na górze i dole panelu miedzianego, do zarządzania patchcordami.
7.	<b>Przepust Szczotkowy/Panel Zaślepiający</b>	1U	1	Do estetycznego wprowadzania/wyprowadzania kabli.
<b>SUMA</b>	<b>Minimalne wykorzystanie</b>	<b>8U</b>		<b>Szafa 12U jest optymalna.</b>



## 5.15. Wymiarowanie Szaf Centralnych (DC i DRC)

Szafy centralne muszą pomieścić urządzenia rdzeniowe, serwery kontroli (RADIUS, UniFi), firewalle (jeśli nie są dedykowane), a przede wszystkim, muszą zapewnić wystarczająco dużo miejsca do terminacji wszystkich kabli światłowodowych.

### 5.15.1. Analiza Włókien i Paneli Optycznych (Per DC/DRC)

Rodzaj Włókna	Źródło	Ilość Kabli	Włókien na Kabel	Suma Włókien
Światłowód Pionowy	12 Pięter (IDF), D-7, D-40a, D-40b	22 szt.	12-włóknowy (SM LSOH)	264
Światłowód Rdzeniowy	Połączenie DC <-> DRC	2 szt.	min. 12-włóknowy (SM LSOH)	24
<b>SUMA TERMINACJI</b>				<b>288 włókien</b>

- **Wymagany Panel FO:** Panel krosowy 1U mieści zazwyczaj 24x złącza LC Duplex (48 włókien).
- **Liczba paneli:** 168 włókien/ 48 włókien per panel~ 3,5 panelu.
- **Wymóg projektowy:** 7x Panel Światłowodowy 1U na każde DC/DRC, aby zapewnić zapas i wygodną terminację.

### 5.15.2. Obliczenie Minimalnej Wysokości Rack (U) – DC/DRC

Lp.	Komponent	Rozmiar U	Ilość	Suma U
1.	<b>Core Switch ECS-AGG</b>	1U	1	1U
2.	<b>PDU</b>	1U	2	2U
3.	<b>UPS (opcjonalny)</b>	6U	1	6U



Lp.	Komponent	Rozmiar U	Ilość	Suma U
3.	<b>Panel Światłowodowy (Terminacja)</b>	1U	7	7U
4.	<b>Organizer Kablowy Pionowy</b>	0U (boczny)	2	0U
5.	<b>Organizer Kablowy Poziomy</b>	1U	7	7U
6.	<b>Zapas U (skalowalność/wentylacja)</b>			5U
			<b>SUMA U MINIMALNA</b>	<b>28U</b>

### 5.15.3. Rekomendacja Szafy Centralnej (DC/DRC)

Z uwagi na konieczność zarządzania dużą ilością kabli światłowodowych, ich promieniem gięcia (szczególnie przy wprowadzeniu kabli pionowych 12-włóknowych) oraz wymagane chłodzenie, nie należy stosować szaf o minimalnej wysokości.

- **Rekomendowana szafa: Szafa Rack 19" 42U**
- **Głębokość:** Minimum **1000 mm** (do instalacji głębokich serwerów i optymalnego prowadzenia kabli światłowodowych w bocznych rynnach/organizacjach).
- **Wyposażenie dodatkowe:**
  - Szafa powinna posiadać boczne, pionowe rynny kablowe (organizery) do prowadzenia światłowodów.
  - Wprowadzenie kabli światłowodowych powinno być zabezpieczone uszczelkami i przepustami szczotkowymi o odpowiedniej średnicy, aby uniknąć uszkodzenia kabli 12-włóknowych.



## 5.16. Podsumowanie Infrastruktury Kablowej i Szaf

Element	Wymaganie	Szczegół Projektu
<b>Okablowanie Miedziane</b>	<b>SFTP Kat.7 LSOH</b>	<b>Ekranowany kabel o niskiej emisji dymu.</b>
<b>Nazewnictwo Gniazd AP</b>	<b>G-FXX-YY</b>	<b>G-F05-16 (Gniazdo 16 na Piętrze 5).</b>
<b>Nazewnictwo Patch Paneli</b>	<b>PP-M-FXX</b>	<b>PP-M-F05 (Patch Panel Miedziany na Piętrze 5).</b>
<b>Szafy IDF (Piętra, D-7, D-40a, D-40b, D40-D41)</b>	<b>Rack 19" 12U</b>	<b>Optymalna wysokość dla 1x switcha, 1x PP miedzianego, 1x PP FO, organizatorów. PDU Zasilanie awaryjne UPS, musi zapewniać podtrzymanie pracy przetłaczni ECS-48-PoE i zasilanie PoE dla wszystkich 16 AP na minimalny czas (np. 30 minut) w celu bezpiecznego przetłaczenia na zasilanie generatorowe.</b>
<b>Szafy Centralne (DC/DRC)</b>	<b>Rack 19" 42U</b>	<b>Wymagane ze względu na dużą ilość terminacji światłowodowych oraz montaż serwerów i urządzeń Core/Agregacji. Redundantne systemy klimatyzacji precyzyjnej (np. N+1) oraz Centralne Systemy UPS o dużej mocy z podłączeniem do generatora prądotwórczego.</b>
<b>Monitoring DC/DRC</b>		<b>system monitorowania środowiskowego (temperatura, wilgotność, zalanie, pożar, kontrola dostępu) w DC i DRC.</b>



**Projekt jest gotowy do realizacji zgodnie z najbardziej rygorystycznymi wymogami (HA, lokalne zarządzanie, Cat.7, LSOH).**

1. **Odporność na awarie:** Każde piętro ma 3 niezależne ścieżki komunikacji (do DC, do DRC, do sąsiada w pierścieniu).
2. **Skalowalność:** Adresacja IP i sprzęt (Wi-Fi 7 Ready) przygotowane na wzrost liczby urządzeń IoT w szpitalu.

## 5.17. Specyfikacja Sprzętu

### 5.17.1. Urządzenia Warstwy Rdzeniowej i Agregacji (Core/Aggregation)

- **Model:** Ubiquiti Enterprise Campus Aggregation (ECS-Aggregation)
- **Ilość:** 2 sztuki (1x DC, 1x DRC)
- **Rola:**
  - Główne przełączniki rdzeniowe spinające ruch z całego szpitala.
  - Obsługa połączenia między DC a DRC.
  - Implementacja **MC-LAG (Multi-Chassis Link Aggregation)** pomiędzy DC a DRC, co pozwala traktować oba urządzenia jako jeden logiczny węzeł dla przełączników dostępowych.
- **Kluczowe cechy:** Obsługa warstwy 3 (L3 Switching), wysoka przepustowość portów SFP28/QSFP28 (zależnie od specyfikacji modelu Enterprise), redundancja zasilania.
- Wymiary 442,4 x 43,7 x 496 mm (17,4 x 1,7 x 19,5 cala)
- Układ portów: 25G SFP28, 48 (25G/10G), 100G QSFP28, 6 (100G/40G)
- Nadmiarowość
  - Agregacja łączy wielomodowych (MC-LAG) (2) Zasilacze z możliwością wymiany na gorąco (5) Wentylatory z możliwością wymiany na gorąco
- Warstwa 3
- Montaż w szafie (1U, pełna głębokość)
- Etherlighting™



- **Wydajność**
- Przetwarzanie pojemności 3,6 Tbps
- Całkowita przepustowość bez blokowania 1,8 Tbps
- Obsługiwane sieci VLAN 1000
- Rozmiar tabeli adresów MAC 128 000
- Rozmiar stołu L3
- Wpisy ARP 96 000
- Trasy IPv4 288 000
- Rozmiar bufora pakietów 24 MB
- Listy dostępu IPv4 512
- **Funkcje warstwy 3**
- Serwer DHCP (sieci lokalne)
- Przekaznik DHCP
- Trasowanie między sieciami VLAN (sieci lokalne)
- Routing statyczny (sieci lokalne)
- **Funkcje warstwy 2**
- Agregacja portów LACP
- MC-LAG, STP i RSTP
- Zaawansowana konfiguracja IGMP (pytanie, szybkie wyjście, port routera)
- Podłuchiwanie IGMP
- Listy kontroli dostępu (ACL) oparte na adresach MAC i izolacja urządzeń
- Podłuchiwanie i ochrona DHCP
- Limit prędkości wyjścia
- Kontrola przepływu
- Blokowanie adresów MAC
- Listy kontroli dostępu oparte na protokole IP i izolacja sieci
- Ograniczenie portu na podstawie adresu MAC
- Izolacja portu
- Dublowanie portów
- Ramki Jumbo



- LLDP-MED
- Sieć VLAN głosowa
- Ochrona pętli
- **Sprzęt**
- Maksymalne zużycie energii 340 W
- (2) Wejście uniwersalne, prąd zmienny 100—240 V, 50/60 Hz
- (2) Wejście prądu przemiennego, moduły zasilania z możliwością wymiany na gorąco
- Zasilacz (2) Moduły zasilania AC/DC 550 W z możliwością wymiany na gorąco
- Obsługiwany zakres napięcia 100—240 V prądu przemiennego
- Rozpraszanie ciepła 1160 BTU/godz.
- Waga bez uchwytów montażowych: 9,9 kg, z uchwytami montażowymi: 10 kg
- Materiał obudowy stal SGCC
- Materiał montażowy stal SGCC
- Obsługiwana głębokość: szafa czterostupkowa 482,6 mm (19") głębokość słupków od 650 do 1000 mm (25,6–39,4")
- Wyświetlacz LCM 1,3-calowy ekran dotykowy
- Ochrona ESD
- Powietrze: ± 12kV, kontakt: ± 8kV
- Temperatura otoczenia podczas pracy -5 do 40° C (23 do 104° F)
- Wilgotność otoczenia podczas pracy 10 do 95% bez kondensacji
- Etherlighting™
- SFP28
- QSFP28
- Zgodność z NDAA
- Certyfikaty
- CE, FCC, IC, Anatel: 01327-25-08356

### 5.17.2. Urządzenia Warstwy Dostępowej (Access Layer)

- **Model:** Ubiquiti Enterprise Campus 48 PoE (ECS-48-PoE)



- **Ilość:** 16 sztuk (1 sztuka na każdą szafę piętrową/IDF, D-7, D-40a, D-40b)
- **Lokalizacja:** Szafy dystrybucyjne na piętrach 1-12.
- **Rola:**
  - Podłączenie punktów dostępowych (AP).
  - Zasilanie urządzeń w standardzie PoE+/PoE++.
- **Kluczowe cechy:** Porty 2.5GbE/1GbE, Layer 3 switching, wsparcie dla Etherlighting (wizualizacja portów).
- *Uwaga projektowa:* Każdy switch posiada 48 porty. Przy podłączeniu 16 AP na piętro, pozostaje 32 porty na uplink oraz ewentualne inne urządzenia przewodowe w szafie.
- Wymiary 442,4 x 400 x 44 mm (17,4 x 15,7 x 1,7 cala)
- Układ portów: 1 GbE RJ45 32 (24 PoE+; 8 PoE++) (1G/100M/10M), 2,5 GbE RJ45 16 (8 PoE+; 8 PoE++) (2,5G/1G/100M/10M), 10G SFP+ 4 (10G/1G)
- Maks. moc wyjściowa PoE do PoE++
- Całkowita dostępność PoE 720 W
- Nadmiarowość Zapasowe zasilanie prądem stałym
- Warstwa 3
- Montaż w szafie (1U)
- Etherlighting™
- **Wydajność**
  - Przetwarzanie pojemności 224 Gb/s
  - Całkowita przepustowość bez blokowania 112 Gb/s
  - Stawka za przekierowanie 167 Mpps
  - Obsługiwane sieci VLAN 1000
  - Rozmiar tabeli adresów MAC 32 000
  - L3
  - Wpisy ARP 12 000
  - Trasy IPv4 12 000



- Rozmiar bufora pakietów 2 MB
- **Funkcje warstwy 3**
- Serwer DHCP (sieci lokalne)
- Przekaznik DHCP
- Trasowanie między sieciami VLAN (sieci lokalne)
- Routing statyczny (sieci lokalne)
- **Funkcje warstwy 2**
- Agregacja portów LACP
- STP i RSTP
- Jakość usług (DSCP)
- Profile Pro AV (Play, Dante, Q-SYS, NDI, SDVoE, Shure, AES67, Crestron)
- Zaawansowana konfiguracja IGMP (pytanie, szybkie wyjście, port routera)
- Podstuchiwanie IGMP
- Kontrola 802.1X
- Listy kontroli dostępu (ACL) oparte na adresach MAC i izolacja urządzeń
- Podstuchiwanie i ochrona DHCP
- Ograniczanie szybkości transmisji wielokierunkowej i rozgłoszeniowej
- Blokowanie adresów MAC
- Listy kontroli dostępu oparte na protokole IP i izolacja sieci
- Ograniczenie portu na podstawie adresu MAC
- Izolacja portu
- Dublowanie portów
- Ramki Jumbo
- LLDP-MED
- Sieć VLAN głosowa
- Ochrona pętli
- **Sprzęt**
- Porty PoE PoE+ 32
- PoE++ 16
- Maksymalna moc PoE na port według



- PSE PoE 15,4 W
- PoE+ 32W
- PoE++ 64W
- Maksymalne zużycie energii
- 100 W (bez wyjścia PoE) 820 W (wliczając wyjście PoE)
- (1) Uniwersalne wejście, 100—240 V AC, 50/60 Hz (1) Wejście prądu stałego USP RPS
- Zasilacz AC/DC, wewnętrzny, 870 W
- Obsługiwany zakres napięcia 100—240 V prądu przemiennego
- Ethernet AR
- Rozpraszanie ciepła 341,2 BTU/godz. (bez wyjścia PoE)
- Waga bez uchwytów montażowych: 6,2 kg (13,7 funta) z uchwytami montażowymi: 6,3 kg (13,9 funta)
- Materiał obudowy stal SGCC
- Materiał montażowy stal SGCC
- Obsługiwana głębokość szafy 400~1200 mm (15,7-47,2")
- Wyświetlacz LCM 1,3-calowy ekran dotykowy
- Ochrona ESD
- Powietrze:  $\pm 16$  kV, kontakt:  $\pm 12$  kV
- Temperatura otoczenia podczas pracy -5 do 40° C (23 do 104° F)
- Wilgotność otoczenia podczas pracy 10 do 90% bez kondensacji
- CE, FCC, IC, Anatel: 06373-24-08356

**Uwaga:** Porty SFP+ są w pełni wyczerpane. Ring (IDF<->IDF) zużywa 2 porty, a Uplink (DC/DRC) kolejne 2 porty. Razem 4 porty SFP+. Switch ECS-48-PoE ma dokładnie 4 porty SFP+!

### 5.17.3. Punkty Dostępowe (WLAN)

- **Model:** Ubiquiti E7 (Enterprise-grade indoor access point)
- **Ilość:** 176 sztuk według poniższego rozkładu:



L.p.	Budynek-kondygnacja	Ilość AP
1.	D40a-0	7
2.	D40a-1	6
3.	D40b-1	4
4.	D40-P(Piwnica)	4
5.	D40-0	16
6.	D40-1	17
7.	D40-2	11
8.	D40-3	13
9.	D40-4	11
10.	D40-5	13
11.	D40-6	11
12.	D40-7	11
13.	D40-8	12
14.	D40-9	11
15.	D7-0	13
16.	D7-1	12
17.	D7-2	4
	<b>SUMA</b>	<b>176</b>

- **Specyfikacja:**

- System antenowy: 10-stream WiFi.
- Standard: Wi-Fi 7 (zakładając najnowszą technologię E7) lub Wi-Fi 6E.
- Przeznaczenie: Obsługa bardzo dużej gęstości klientów (High Density) – personel medyczny (tablety, wózki), aparatura medyczna IoT, pacjenci.
- Wymiary 250 x 250 x 43,5 mm (9,8 x 9,8 x 1,7 cala)
- Standard Wi-Fi 7
- Strumienie przestrzenne 10
- Obszar zasięgu 185 m<sup>2</sup> (2000 stóp)
- Maksymalna liczba klientów 1000+
- Łączy 10 GbE 1 GbE
- Montowanie: sufit, ściana, VESA (w zestawie uchwyt Pro Mount)
- Moc PoE++



- Wydajność MIMO 6 GHz 4 x 4 (DL/UL MU-MIMO)  
5 GHz 4 x 4 (DL/UL MU-MIMO)  
2,4 GHz 2 x 2 (MU-MIMO DL/UL)
- Maksymalna szybkość transmisji danych  
6 GHz 11,5 Gb/s (BW320)  
5 GHz 8,6 Gb/s (BW240)  
2,4 GHz 688 Mb/s (BW40)
- Zysk anteny  
6 GHz 6 dBi  
5 GHz 6 dBi  
2,4 GHz 5 dBi
- Maksymalna moc nadawania  
6 GHz 24 dBm / 30 dBm  
5 GHz 30 dBm  
2,4 GHz 23 dBm
- Maksymalna liczba identyfikatorów BSSID 8 na radio
- Obsługiwane szybkości transmisji danych  
802.11be (WiFi 7) 7,3 Mb/s do 11,4 Gb/s (MCS0 - MCS13 NSS1/2/3/4, EHT 20/40/80/160/240/320)  
802.11ax (WiFi 6) 7,3 Mb/s do 4,8 Gb/s (MCS0 - MCS11 NSS1/2/3/4, HE 20/40/80/160)  
802.11ac (WiFi 5) 6,5 Mb/s do 3,4 Gb/s (MCS0 - MCS9 NSS1/2/3/4, VHT 20/40/80/160)  
802.11n 6,5 Mb/s do 600 Mb/s (MCS0 - MCS31, HT 20/40)
- Cechy
- Sterowanie pasmem
- Zarządzanie przejściami BSS 802.11v
- 802.11r Szybki roaming
- Zarządzanie zasobami radiowymi 802.11k (RRM)
- Zaawansowane zarządzanie radiem



- Analiza widmowa w czasie rzeczywistym
- Punkt dostępu (Hotspot 2.0)
- Portal hotspotu captive
- Strona docelowa z niestandardową marką
- Uwierzytelnianie tokenów
- Uwierzytelnianie oparte na płatnościach
- Wsparcie zewnętrznego serwera portalu
- Uwierzytelnianie hasłem
- Izolacja sieci gościnnej
- Prywatny klucz wstępny (PPSK)
- Ograniczanie prędkości Wi-Fi
- Izolacja urządzenia klienckiego
- Harmonogramy Wi-Fi
- RADIUS przez TLS (RadSec)
- Dynamiczna sieć VLAN przypisana do protokołu RADIUS
- Maksymalne zużycie energii 43W
- Obsługiwany zakres napięcia 42,5—57 V prądu stałego
- Interfejs sieciowy (1) Port 10 GbE RJ45 (1) Port 1 GbE RJ45
- Waga 1,8 kg
- Materiał obudowy poliwęglan stabilizowany promieniami UV, stop aluminium
- Materiał montażowy stal nierdzewna (SUS304), stal ocynkowana (SGCC)
- Diody LED, R/G/B
- Przepustowość kanału HT 20/40, VHT 20/40/80/160, HE 20/40/80/160, EHT 20/40/80/160/240/320 (MHz)
- Zgodność z NDAA
- Certyfikaty
- CE, FCC, IC, Anatel: 06372-24-08356
- Częstotliwość pracy USA/Kanada: 2400–2472 MHz U-NII-1: 5150–5250 MHz U-NII-2A: 5250–5350 MHz U-NII-2C: 5470–5725 MHz U-NII-3: 5725–5850 MHz U-NII-5 do



U-NII-8: 5925–7125 MHz Na całym świecie: 2400–2483,5 MHz 5150–5725 MHz  
5925–7125 MHz

- Temperatura otoczenia podczas pracy od -30 do 50° C (od -22 do 122° F)
- Wilgotność otoczenia podczas pracy od 5 do 95% bez kondensacji
- **Model:** Ubiquiti U7 Pro XGS
- Wymiary Ø215 x 32,5 mm (Ø8,5 x 1,3")
- Standard Wi-Fi Wi-Fi 7
- Strumienie przestrzenne 8
- Obszar zasięgu 160 m<sup>2</sup> (1750 stóp<sup>2</sup>)
- Maksymalna liczba klientów 500+
- Łącze 10 GbE
- Montowanie Sufit, ściana (w zestawie uchwyt Lite)
- Metoda mocy PoE++
- MIMO
  - 6 GHz 2 x 2 (MU-MIMO DL/UL)
  - 5 GHz 4 x 4 (DL/UL MU-MIMO)
  - 2,4 GHz 2 x 2 (MU-MIMO DL/UL)
- Maksymalna szybkość transmisji danych
  - 6 GHz 5,8 Gb/s (BW320)
  - 5 GHz 8,6 Gb/s (BW240)
  - 2,4 GHz 688 Mb/s (BW40)
- Zysk anteny
  - 6 GHz 6 dBi
  - 5 GHz 6 dBi
  - 2,4 GHz 4 dBi
- Maksymalna moc nadawania
  - 6 GHz 24 dBm
  - 5 GHz 29 dBm
  - 2,4 GHz 23 dBm
- Maksymalna liczba identyfikatorów BSSID 8 na radio
- Obsługiwane szybkości transmisji danych
  - 802.11be (WiFi 7) 6 GHz: od 7,3 Mb/s do 5,8 Gb/s (MCS0–MCS13 NSS1/2, EHT 20/40/80/160/320) 5 GHz: od 7,3 Mb/s do 8,6 Gb/s (MCS0–MCS13 NSS1/2/3/4, EHT 20/40/80/160/240)
  - 802.11ax (WiFi 6) 7,3 Mb/s do 4,8 Gb/s (MCS0 - MCS11 NSS1/2/3/4, HE 20/40/80/160)



802.11ac (WiFi 5) 6,5 Mb/s do 3,4 Gb/s (MCS0 - MCS9 NSS1/2/3/4, VHT 20/40/80/160)

802.11n 6,5 Mb/s do 600 Mb/s (MCS0 - MCS31, HT 20/40)

- Zarządzanie przejściami BSS 802.11v
- 802.11r Szybki roaming
- Zarządzanie zasobami radiowymi 802.11k (RRM)
- DFS bez czekania
- Zaawansowane zarządzanie radiem
- Analiza widma w czasie rzeczywistym
- Punkt dostępu (Hotspot 2.0)
- Portal hotspotu captive
- Strona docelowa z niestandardową marką
- Uwierzytelnianie tokenów
- Uwierzytelnianie oparte na płatnościach
- Wsparcie zewnętrznego serwera portalu
- Uwierzytelnianie hasłem
- Izolacja sieci gościnnej
- Prywatny klucz wstępny (PPSK)
- Ograniczanie prędkości Wi-Fi
- Izolacja urządzenia klienckiego
- Harmonogramy Wi-Fi
- RADIUS przez TLS (RadSec)
- Dynamiczna sieć VLAN przypisana do protokołu RADIUS
- Maksymalne zużycie energii 29W
- Obsługiwany zakres napięcia 42,5—57 V prądu stałego
- Interfejs sieciowy (1) port 10 GbE RJ45
- Waga 800 g (1,8 funta)
- Materiał obudowy poliwęglan, stop aluminium
- Materiał montażowy Stal nierdzewna (SUS304), stal ocynkowana (SGCC)
- Diody LED Białe-niebieski
- Przepustowość kanału
- HT 20/40, VHT 20/40/80/160, HE 20/40/80/160, EHT 20/40/80/160/240/320 (MHz)
- Zgodność z NDAA
- Certyfikaty CE, FCC, IC, Anatel: 05123-25-08356
- Częstotliwość pracy USA/Kanada: 2400–2472 MHz U-NII-1: 5150–5250 MHz U-NII-2A: 5250–5350 MHz U-NII-2C: 5470–5725 MHz U-NII-3: 5725–5850 MHz U-NII-5 do U-NII-8: 5925–7125 MHz Na całym świecie: 2400–2483,5 MHz 5150–5725 MHz 5925–7125 MHz



- Temperatura otoczenia podczas pracy -30 do 40° C (-22 do 104° F)
- Wilgotność powietrza od 5 do 95% bez kondensacji

## 6. System Zarządzania i Bezpieczeństwa (UniFi & RADIUS)

Cała infrastruktura będzie zarządzana centralnie, z naciskiem na ścisłą kontrolę dostępu (NAC – Network Access Control) i wyłączną administrację w środowisku lokalnym.

### 6.1. Centralny Kontroler – UniFi Network Application (Lokalny/On-Premise)

Zgodnie z wymaganiem szpitala, do obsługi 176 punktów dostępowych (AP), 12 przełączników dostępowych i 2 agregacyjnych, kontroler zostanie wdrożony lokalnie.

Cecha	Wymaganie Projektowe	Opis
Model Wdrożenia	On-Premise (Lokalny)	Wdrożenie UniFi Network Application na dedykowanym serwerze lub jako Wirtualna Maszyna (VM) w serwerowni DC/DRC.
Urządzenie	UniFi Network Server (Self-Hosted)	Oprogramowanie zarządzające zainstalowane na serwerze z systemem operacyjnym (Linux/Windows), zapewniające pełną kontrolę nad danymi zarządzania bez zależności od usług chmurowych Ubiquiti.
Lokalizacja	Klaster Serwerowy DC/DRC	Gwarancja Wysokiej Dostępności (HA) poprzez zaimplementowanie kontrolera w redundantnym środowisku serwerowym.



Cecha	Wymaganie Projektowe	Opis
Funkcje	Pełna Administracja	Konfiguracja i provisioning switchy, AP, zarządzanie WLAN/VLAN, integracja z lokalnym serwerem RADIUS oraz obsługa Captive Portal dla gości.

## 6.2. Konfiguracja Systemu Zarządzania Ubiquiti

Kontroler **UniFi Network Server (lub Cloud Key Enterprise)** będzie pełnił rolę centralnego punktu konfiguracji:

- **Zarządzanie Switchami/AP:** Automatyczne odnajdywanie i adaptacja urządzeń Ubiquiti.
- **Integracja VLAN/RADIUS:** Kontroler UniFi umożliwia natywną integrację VLAN z serwerem RADIUS (np. dynamiczne przypisywanie VLAN-ów na podstawie autoryzacji 802.1X).
- **MC-LAG/RSTP:** Konfiguracja protokołów L3 (MC-LAG) i L2 (RSTP/MSTP) będzie zarządzana i monitorowana z centralnego poziomu, zapewniając szybkie przełączanie po awarii.

## 6.3. Integracja Usług Bezpieczeństwa Sieciowego

W celu zapewnienia najwyższego poziomu kontroli dostępu i bezpieczeństwa, sieć szpitalna zostanie zintegrowana z lokalnym serwerem autoryzacji **RADIUS (Windows Server 2025)** oraz istniejącym firewallem **Barracuda**.

### 6.3.1. Wdrożenie Serwera RADIUS (Windows Server 2025 – NPS)

Wdrożenie serwera autoryzacji dla pracowników (802.1X) i zarządzania siecią (VLAN 10) zostanie zrealizowane poprzez rolę **Network Policy Server (NPS)** w systemie **Windows Server 2025**. W celu zapewnienia zaufania do uwierzytelniania PEAP, wymagane jest zainstalowanie na Serwerze NPS certyfikatu serwera (Server Authentication), który jest zaufany dla wszystkich urządzeń klienckich. W przypadku sieci korporacyjnej (VLAN 20),



rekomendowane jest użycie certyfikatu wydanego przez wewnętrzną Infrastrukturę Klucza Publicznego (PKI) Szpitala, autoryzowanego przez Active Directory

### 6.3.2. Wymagania Sprzętowe i Systemowe

- **Serwer:** Dedykowany serwer (lub maszyna wirtualna) w klastrze DC/DRC, zapewniający redundancję i wysoką dostępność usługi.
- **System Operacyjny:** Windows Server 2025 (członek domeny Active Directory Szpitala).
- **Rola:** Network Policy and Access Services (NPS).
- **Certyfikat:** Wymagany certyfikat serwera SSL/TLS do zabezpieczenia komunikacji PEAP (wydany przez wewnętrzne CA Szpitala lub zaufane zewnętrzne źródło).

### 6.3.3. Pełny Plan Wdrożenia NPS

#### 1. Instalacja Roli NPS:

- Zainstalowanie roli **Network Policy and Access Services** na serwerze Windows Server 2025.

#### 2. Rejestracja w Active Directory:

- Rejestracja serwera NPS w domenie Active Directory, aby mógł odczytywać dane kont użytkowników i grup zabezpieczeń.

#### 3. Konfiguracja Klientów RADIUS (Switches):

- W konsoli NPS dodanie wszystkich 14 przełączników sieciowych (16x ECS-48-PoE i 2x ECS-Aggregation) jako **Klientów RADIUS**.
- Dla każdego klienta (przełącznika) musi zostać zdefiniowany **Wspólny Sekret (Shared Secret Key)**. Ten sam klucz musi być skonfigurowany w urządzeniach Ubiquiti.

#### 4. Konfiguracja Metody Uwierzytelniania:

- W NPS skonfigurowanie metody **PEAP** z protokołem szyfrowania **MS-CHAPv2**.



- Przypisanie certyfikatu serwera do połączeń PEAP.

## 5. Konfiguracja Zasad Sieci (Network Policies):

### Polityka 1: Dostęp dla Pracowników (VLAN 20):

- **Warunki:** Użytkownik jest członkiem grupy AD np. GRP\_Szpital\_Pracownicy. Typ żądania dostępu: Wi-Fi (IEEE 802.11).
- **Ograniczenia:** Użycie PEAP.
- **Ustawienia:** Udzielenie dostępu i skonfigurowanie atrybutu **Vendor-Specific (VSA)** lub **Standardowego Atrybutu VLAN** do dynamicznego przypisania użytkownika do **VLAN 20 (STAFF\_HIS)**.

### Polityka 2: Dostęp Zarządzania (VLAN 10):

- **Warunki:** Użytkownik jest członkiem grupy AD np. GRP\_Administratorzy\_IT.
- **Ustawienia:** Udzielenie dostępu i dynamiczne przypisanie do **VLAN 10 (MGT\_NET)**.

### 6.3.4. Autoryzacja Pracowników (RADIUS / 802.1X)

Dla sieci HIS\_NET (personel) oraz MGT\_NET (zarządzanie) wdrożony zostanie serwer RADIUS.

- **Rozwiązanie:** Wbudowany serwer RADIUS w kontrolerze UniFi lub integracja z zewnętrznym Windows NPS (jeśli szpital posiada Active Directory).
- **Działanie:**
  - Każdy pracownik (lekarz, pielęgniarka) loguje się do Wi-Fi swoim unikalnym loginem i hasłem (WPA3-Enterprise).
  - Urządzenia przewodowe (PC, drukarki) są autoryzowane na portach switcha protokołem 802.1X.



- **Korzyść:** Wyeliminowanie anonimowego dostępu. W przypadku zwolnienia pracownika, wystarczy zablokować jego konto, by stracił dostęp do sieci (bez konieczności zmiany hasła Wi-Fi na wszystkich urządzeniach).

### 6.3.5. Integracja Kontrolera UniFi z RADIUS

**Serwer UniFi Network Server będzie kluczowy dla wdrożenia bezpieczeństwa:**

- 1. Personel (VLAN 20):** Kontroler konfiguruje **802.1X (WPA3-Enterprise)**. Połączenia sieciowe pracowników są uwierzytelniane przez lokalny serwer **RADIUS**.
- 2. Pacjenci (VLAN 50):** Kontroler uruchamia **Captive Portal**. Połączenia są rejestrowane i autoryzowane poprzez mechanizm weryfikacji pocztą e-mail (lub jednorazowym kodem dostępu), eliminując anonimowy dostęp.

Kontroler **UniFi Network Server** musi być skonfigurowany, aby używał lokalnego serwera NPS:

- 1. Ustawienia Site:** W interfejsie UniFi (Ustawienia -> Profile RADIUS) zdefiniowanie adresów IP serwerów NPS w DC i DRC (Primary i Secondary RADIUS Server) oraz wspólnego „hasła”.
- 2. Ustawienia WLAN:** Dla sieci Wi-Fi **HOSPITAL\_SECURE (VLAN 20)** i **MGT\_NET (VLAN 10)** włączenie zabezpieczeń **WPA3 Enterprise (802.1X)** i przypisanie skonfigurowanego Profilu RADIUS.
- 3. Captive Portal:** Dla sieci **HOSPITAL\_GUEST (VLAN 50)** aktywowanie **External Portal (lub Hotspot Manager)**, który będzie zbierał dane rejestracyjne (e-mail) i wysyłał autoryzowane żądania do wewnętrznej bazy danych UniFi, a następnie, jeśli to wymagane, do serwera RADIUS.

## 6.4. Konfiguracja Firewall'a Barracuda

Firewall Barracuda, pełniący funkcję głównej bramy bezpieczeństwa między sieciami (VLANami) oraz na styku z Internetem, wymaga precyzyjnej konfiguracji.



#### 6.4.1. Konfiguracja Obiektów i Stref

- Zdefiniowanie w Barracuda wszystkich kluczowych podsieci (VLAN-ów) jako odrębne **Strefy/Obiekty Sieciowe** (np. VLAN\_MGT\_10, VLAN\_HIS\_20, VLAN\_GUEST\_50).
- Zdefiniowanie adresów IP Serwerów RADIUS i Kontrolera UniFi jako kluczowe hosty.

#### 6.4.2. Wymagane Reguły Przepływu Ruchu (Firewall Rules)

Lp	Reguła (Rule Name)	Źródło (Source)	Cel (Destination)	Usługa (Service)	Akcja (Action)	Uwagi
1.	<b>RADIUS_Auth</b>	Dowolny VLAN sieci LAN/WLAN	Serwer RADIUS (Windows 2025)	<b>UDP 1812, 1813</b>	<b>Allow</b>	Umożliwienie autoryzacji 802.1X (Klienci RADIUS -> Serwer NPS). W ramach integracji z MC-LAG i warstwą 3, należy upewnić się, że zdefiniowano regułę <b>L3 Switching/Routing</b> między VLANami na przełącznikach ECS-Aggregation. Choć Barracuda obsługuje routing między VLANami, przełączniki



Lp.	Reguła (Rule Name)	Źródło (Source)	Cel (Destination)	Usługa (Service)	Akcja (Action)	Uwagi
						rdzeniowe muszą mieć otwarty dostęp do serwerów NPS i kontrolera UniFi, co jest kluczowe dla poprawności routingu L3
2.	UniFi_MGMT	VLAN 10 (MGT_NET)	Kontroler UniFi (On-Premise)	TCP 8443, 8080	Allow	Umożliwienie komunikacji kontrolera z urządzeniami Ubiquiti.
3.	HIS_Server_Access	VLAN 20 (STAFF_HIS)	Serwery Szpitalne (PACS, HIS)	TCP/UDP (Specyficzne)	Allow	Kluczowa reguła dostępu do krytycznych systemów medycznych.
4.	MED_EQUIP_Restrict	VLAN 30 (MED_IOT)	Internet (WAN)	Wszystkie	Deny	Izolacja urządzeń medycznych od niekontrolowanego ruchu zewnętrznego.



Lp.	Reguła (Rule Name)	Źródło (Source)	Cel (Destination)	Usługa (Service)	Akcja (Action)	Uwagi
5.	<b>GUEST_Portal_Redirect</b>	VLAN 50 (GUEST_ATH)	Kontroler UniFi (Captive Portal IP)	<b>TCP 80, 443</b>	<b>Allow /NAT</b>	Przekierowanie ruchu gości na lokalny Portal Uwierzytelniania.
6.	<b>GUEST_Internet</b>	VLAN 50 (GUEST_ATH)	Internet (WAN)	TCP/UDP (Ograniczone)	<b>NAT/Allow</b>	Ograniczony dostęp do Internetu po autoryzacji e-mail.
7.	<b>Default Deny</b>	Any	Any	Any	<b>Deny</b>	Końcowa, obowiązkowa reguła blokująca niejawny ruch.

## 6.5. Autoryzacja Pacjentów (Guest Portal z weryfikacją E-mail)

Dla sieci GUEST\_WIFI zostanie uruchomiony Captive Portal (Hotspot 2.0).

- **Mechanizm:**

1. Użytkownik łączy się z otwartą siecią Wi-Fi.
2. Zostaje przekierowany na stronę powitalną szpitala (Landing Page).
3. **Wymóg:** Podanie adresu e-mail w celu uzyskania dostępu.
4. System wysyła link weryfikacyjny lub kod (opcjonalnie) i loguje adres MAC urządzenia w bazie danych kontrolera.



- **Korzyść:** Zgodność z wymogami bezpieczeństwa (brak anonimowości), możliwość kontaktu z pacjentem, odstraszenie potencjalnych intruzów.

**Uwaga:** Wymagana konsultacja z Inspektorem Ochrony Danych (IOD) szpitala w celu ustalenia treści klauzul RODO na stronie logowania.

## 6.6. Podsumowanie Wdrożenia

Projekt w tej wersji zapewnia najwyższy poziom bezpieczeństwa i dostępności:

**Cyberbezpieczeństwo:** Brak anonimowych użytkowników dzięki Radius (pracownicy) i weryfikacji E-mail (pacjenci).

## 7. Bezpieczeństwo i Systemy Ochronne

### 7.1. Bezpieczeństwo Sieciowe

- **Port Security / 802.1x:** Wdrożenie kontroli dostępu na portach przewodowych w szafach piętrowych, aby zapobiec nieautoryzowanemu wpięciu do sieci szpitalnej.
- **Izolacja Klientów (Client Isolation):** Włączona w VLAN dla Gości, aby zapobiec komunikacji bezpośredniej między urządzeniami pacjentów.

### 7.2. Fizyczne zabezpieczenie Szaf i Serwerowni (Opcjonalne - Rekomendacja)

**Zaleca się wyposażenie pomieszczeń DC/DRC:**

- **Zasilanie awaryjne:** Zaleca się systemy UPS Online w każdej z 14 szaf dystrybucyjnych (podtrzymanie switcha i zasilania PoE dla AP) oraz centralny UPS dużej mocy w DC/DRC.

## 8. Procedura Projektowania i Walidacji Sieci WLAN (Ekahau Site Survey)

W celu zagwarantowania, że sieć WLAN spełni rygorystyczne wymagania szpitalne pod względem pokrycia, pojemności (Capacity) i ciągłości połączenia (Roaming), wdrożenie



zostanie podzielone na dwie główne fazy, wykorzystujące profesjonalny zestaw narzędzi **Ekahau AI Pro** oraz **Ekahau Survey** w połączeniu z urządzeniem pomiarowym **Sidekick 2**.

### 8.1. Faza I: Projektowanie Predykcyjne (Pre-Deployment Planning)

Projekt predykcyjny zostanie wykonany za pomocą oprogramowania **Ekahau AI Pro**, które jest przeznaczone do projektowania bezprzewodowych sieci korporacyjnych (Enterprise Wi-Fi).

#### A. Wprowadzenie Danych i Modelowanie Środowiska

1. **Import Planów Budynku:** Do Ekahau AI Pro zostaną zaimportowane plany pięter szpitala (12 pięter, D-7, D-40a, D-40b) w formacie CAD (DWG/DXF), PDF lub rastrowym (BMP/GIF/JPEG/PNG).
2. **Modelowanie Ścian:** Ściany wewnętrzne zostaną zdefiniowane zgodnie z materiałem (np. beton, płyty gipsowo-kartonowe) i grubością, co pozwoli na precyzyjne symulowanie tłumienia sygnału (attenuation). Oprogramowanie wspiera także automatyczną kalibrację tłumienia ścian na podstawie danych pomiarowych.
3. **Wymagania Projektowe:** Zostaną określone kluczowe wymagania dla szpitala, w tym:

Minimalny poziom sygnału (RSSI) dla obszarów krytycznych (np. sale operacyjne, oddziały intensywnej terapii).

Wymagany stosunek sygnału do szumu (SNR).

Wymagania pojemnościowe (Capacity Requirements) dla dużej gęstości urządzeń Wi-Fi 7 (Ubiquiti E7) i tri-band (2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz).

#### B. Optymalizacja Rozmieszczenia (AI Auto-Planner)



- Zostanie wykorzystany mechanizm **Ekahau AI Auto-Planner**, który na podstawie wymagań biznesowych i wgranych planów, uruchomi tysiące iteracji w celu określenia optymalnych pozycji dla 16 AP Ubiquiti E7 na każdym piętrze.
- Ekahau AI Pro posiada wbudowaną bazę danych z charakterystykami antenowymi ponad 4500 punktów dostępowych, w tym Wi-Fi 7 (802.11be).

### C. Symulacja i Konfiguracja Kanałów

- **Network Simulator:** Narzędzie to pozwoli symulować wydajność sieci, w tym wpływ potencjalnych zmian w konfiguracji.
- **Automatic Channel Planner:** Automatyczny algorytm optymalizacji kanałów (2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz) zostanie wykorzystany do minimalizacji zakłóceń pomiędzy 176 punktami dostępowymi (AP) rozmieszczonymi na 12 piętrach.

## 8.2. Faza II: Walidacja Powdrożeniowa (Post-Deployment Validation Survey)

Po instalacji przetłaczników i punktów dostępowych Ubiquiti E7, przeprowadzony zostanie pomiar walidacyjny (Site Survey) na każdym piętrze, aby potwierdzić zgodność sieci z projektem predykcyjnym.

### A. Narzędzia Walidacyjne

- **Ekahau Sidekick 2:** Urządzenie pomiarowe klasy Enterprise, które w połączeniu z aplikacją mobilną **Ekahau Survey** (iOS/Android) umożliwi szybkie i dokładne pomiary sygnału, widma i pojemności.
- **Ekahau Survey:** Aplikacja mobilna (iOS/Android) wykorzystywana do przeprowadzania pomiarów walidacyjnych.

### B. Typy Pomiarów

1. **Survey Autopilot/Just Go:** Użycie trybu Autopilot lub Just Go (dostępny na urządzeniach iOS z sensorem LiDAR), które automatycznie śledzą lokalizację



użytkownika podczas pomiaru, przyspieszając proces walidacji bez konieczności ciągłego oznaczania punktów pomiarowych.

2. **Weryfikacja Tri-Band:** Pomiary obejmą wszystkie trzy pasma (2.4 GHz, 5 GHz i 6 GHz - Wi-Fi 7) obsługiwane przez AP Ubiquiti E7.
3. **Inspekcja i Rozwiązywanie Problemów (Inspect Mode):** Tryb inspekcji (Inspect Mode) pozwoli na natychmiastową analizę szczegółowych danych pomiarowych (RSSI, SNR, Channel values, analiza widma) bezpośrednio na urządzeniu mobilnym, bez konieczności użycia laptopa.
4. **Bezpieczeństwo i Interferencje:** Ekahau Survey automatycznie zidentyfikuje i wskaże nieautoryzowane punkty dostępowe (Rogue APs) oraz zakłócenia RF (RF interference).

## C. Raportowanie

Po przeprowadzeniu pomiarów, Ekahau AI Pro wygeneruje szczegółowe, gotowe do interpretacji **raporty projektowe**, dokumentujące zgodność sieci z założeniami (mapy cieplne siły sygnału, SNR, interferencji, roamingu, analizy pojemności).

### 8.3. Zestaw Narzędzi Ekahau (Rekomendowany dla Szpitala)

W celu zapewnienia możliwości samodzielnego utrzymania i okresowej walidacji sieci (Health Check Surveys) przez personel IT szpitala, rekomendowany jest poniższy zestaw narzędzi:

Lp.	Komponent	Ilość	Przeznaczenie
1.	<b>Ekahau Sidekick 2</b>	1-2 szt.	Urządzenie do pomiaru widma i sygnału (kluczowe do wykrywania zakłóceń niemających charakteru Wi-Fi, ważnych w środowisku medycznym).
2.	<b>Ekahau AI Pro (Licencja)</b>	1 szt.	Oprogramowanie do projektowania (Design) i analizy (Analysis).



Lp.	Komponent	Ilość	Przeznaczenie
3.	<b>Ekahau Survey (Licencja)</b>	W zestawie	Aplikacja mobilna do walidacji na miejscu (Surveying).
4.	<b>Serwer Testowy (iPerf)</b>	1 szt.	Lokalny serwer do przeprowadzania testów przepustowości (Throughput iPerf Surveys).

## 9. SiteSurvey

Zakres obejmuje:

- Teoretyczne planowanie AP z uwzględnieniem propagacji sygnału w paśmie 2,4 , 5 oraz 6 GHz
- Pomiar propagacji AP w wybranych 25 punktach na poszczególnych piętrach w paśmie 2,4 , 5 oraz 6 GHz

### 9.1. Planowanie sieci WLAN – symulacja

#### 9.1.1. Założenia symulacji punktów dostępowych WLAN

- Obsługa 2,4 GHz 802.11n ,5 GHz 802.11ac/ax , 6GHz 802.11ax/be
  - Minimalny poziom sygnału: -67 dBm dla 2,4, 5 oraz 6 GHz
  - Obszar szpitala: urządzenie AP Ubiquiti U7 Pro z anteną zintegrowaną
  - Planowanie obejmuje pełne pokrycie sygnałem Wi-Fi w obszarach wskazanych przez klienta
  - Symulacje zostały wykonane w oprogramowaniu Ekahau AI Pro – Ekahau Connect
- 11.8.7.1
- Dla planowanych obszarów przyjęto następujący profil wymagań:



COVERAGE REQUIREMENTS

Default Requirement: MCZ

Requirement

MCZ

Delete

Add

Make Default

Criteria		2.4GHz	5GHz	6GHz	
<div></div> Signal Strength	Min	-67	-67	-67	dBm
<div></div> Secondary Signal Strength	Min	OFF	OFF	OFF	dBm
<div></div> Tertiary Signal Strength	Min	OFF	OFF	OFF	dBm
<div></div> Signal-to-Noise Ratio	Min	20	25	25	dB
<div></div> Data Rate	Min	24	24	24	Mbps
<div></div> Channel Interference	Max	2	1	1	
at minimum Signal Strength		-85	-85	-85	dBm
<div></div> Number of Access Points	Min	OFF	OFF	OFF	
at min.		OFF	OFF	OFF	dBm
<div></div> Round Trip Time (RTT)	Max	200	200	200	ms
<div></div> Packet Loss	Max	0	0	0	%

Apply the same criteria to all bands

Store Locally

Close

- g. Symulacje oraz pomiary weryfikacyjne zostały wykonane w oparciu o punkty dostępne Ubiquiti U7 Pro oraz Ubiquiti Pro XGS . Szczegółowe ustawienia punktu



dostępnego użytego podczas symulacji przedstawiono na poniższym rysunku.

**EDIT ACCESS POINT: D40-401**

**Settings** Notes (0)

Name: D40-401

Model: Ubiquiti U7 Pro

Color: Red

Mounting: Ceiling Wall Floor

Tags: Key: Value +

**Radio 1**

Band: n

Channel: 6

Power (EIRP: 12.0 dBm): 8 dBm

Height: 3 m

Spatial Streams: 4

Short Guard Interval: ☒

Antenna / Tilt: Ubiquiti U7 Pro 2.4GHz

**Radio 2**

Band: ac

Channel: 40

Power (EIRP: 19.979 dBm): 14 dBm

Height: 3 m

Spatial Streams: 8

Short Guard Interval: ☒

Antenna / Tilt: Ubiquiti U7 Pro 5GHz

**Radio 3**

Band: be

Channel: 77@40

Power (EIRP: 19.779 dBm): 14 dBm

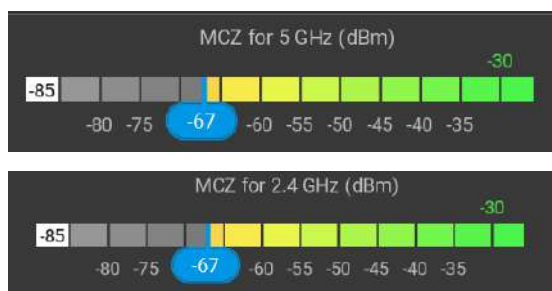
Height: 3 m

Spatial Streams: 8

Short Guard Interval: ☒

Antenna / Tilt: Ubiquiti U7 Pro 6GHz

#### h. Skala poziomu sygnału





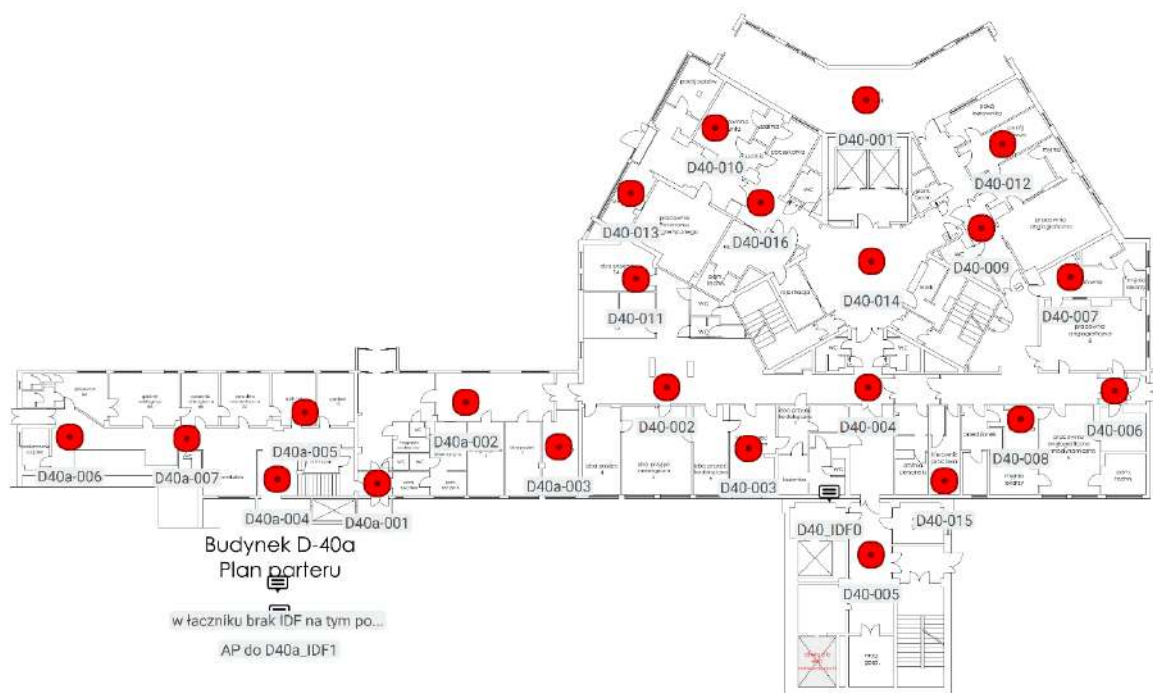
### 9.1.2. Kalkulacja punktów dostępowych, relacje do punktów dystrybucyjnych IDF

Liczba punktów dostępowych zaplanowanych w poszczególnych częściach obiektu.

Obiekt	Ilość AP	Model AP	nazwa IDF	Ilość IDF	Uwagi
D40a-0	7		do D40a-IDF1	0	brak IDF na kondygnacji
D40a-1	6		D40a-IDF1	1	
D40b-1	4		D40-IDF1	1	
D40-P(Piwnica)	4		do D40_IDF0	0	brak IDF na kondygnacji
D40, D-41-0	16		D40-IDF0	1	
D40, D-41-1	17		D40-IDF1	1	
D40, D-41-2	11		D40-IDF2	1	
D40, D-41-3	13		D40-IDF3	1	
D40, D-41-4	11		D40-IDF4	1	
D40, D-41-5	13		D40-IDF5	1	
D40, D-41-6	11		D40-IDF6	1	
D40, D-41-7	11		D40-IDF7	1	
D40, D-41-8	12		D40-IDF8	1	
D40, D-41-9	11		D40-IDF9	1	
D7-0	13		D7-IDF0/D7-IDF1	1	Dokładny rozkład na schematach
D7-1	12		D7-IDF0/D7-IDF1	1	Dokładny rozkład na schematach
D7-2	4		D7-IDF0/D7-IDF1	0	brak IDF na kondygnacji
sumy	<b>176</b>			<b>14</b>	



### 9.1.3. D40\_D40a\_Parter - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)



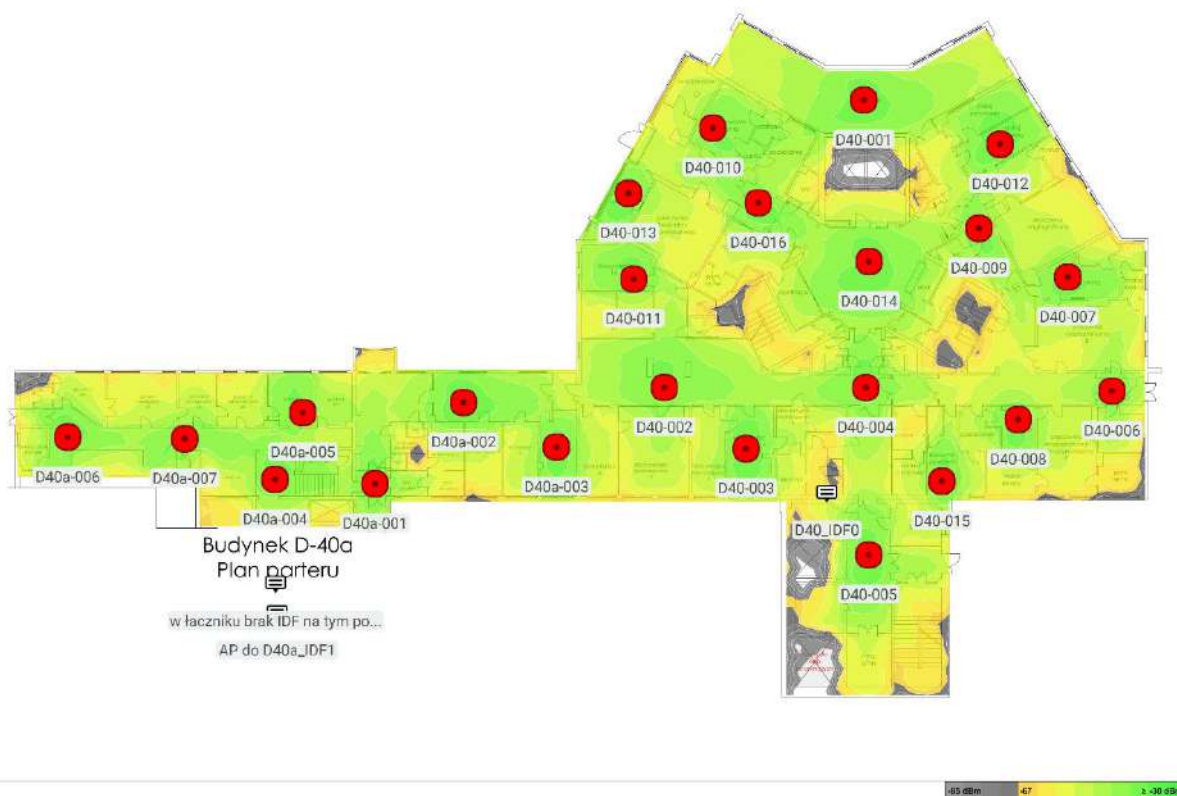


### 9.1.3.1. D40\_D40a\_Parter – siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



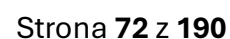
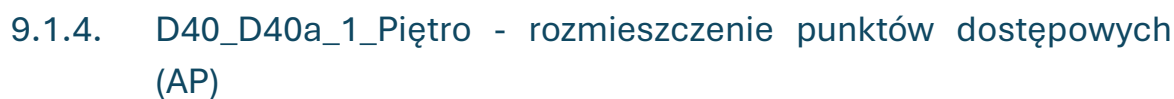


#### 9.1.3.2. D40\_D40a\_Parter - siła sygnału w paśmie 5 GHz



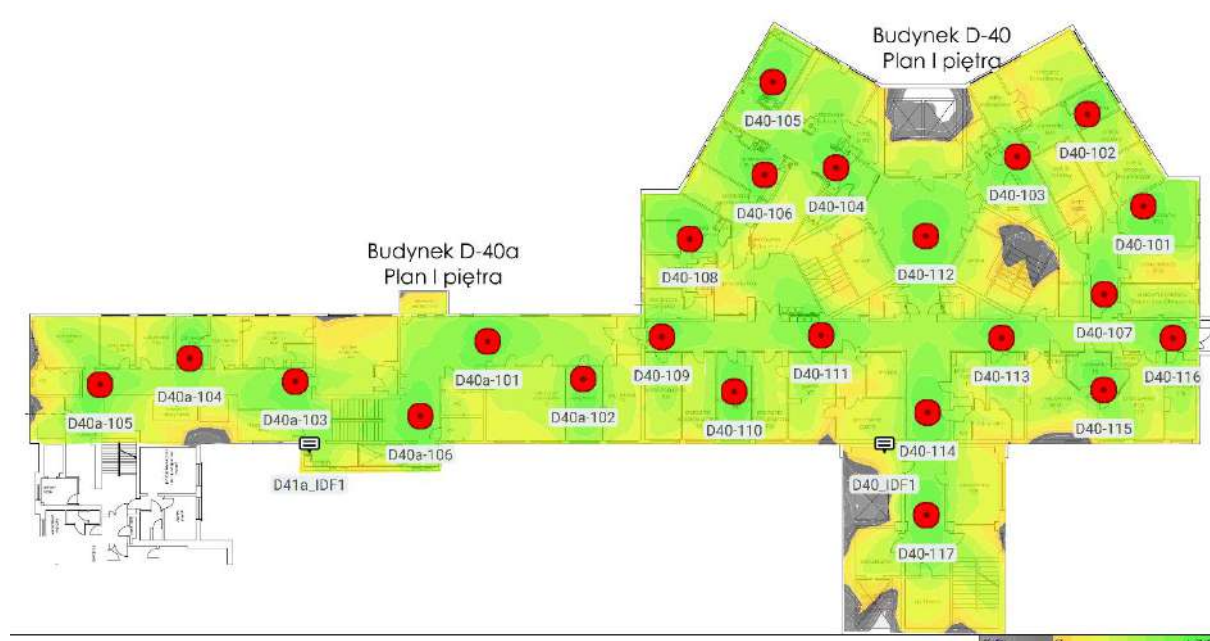
#### 9.1.3.3. D40\_D40a\_Parter - siła sygnału w paśmie 6 GHz



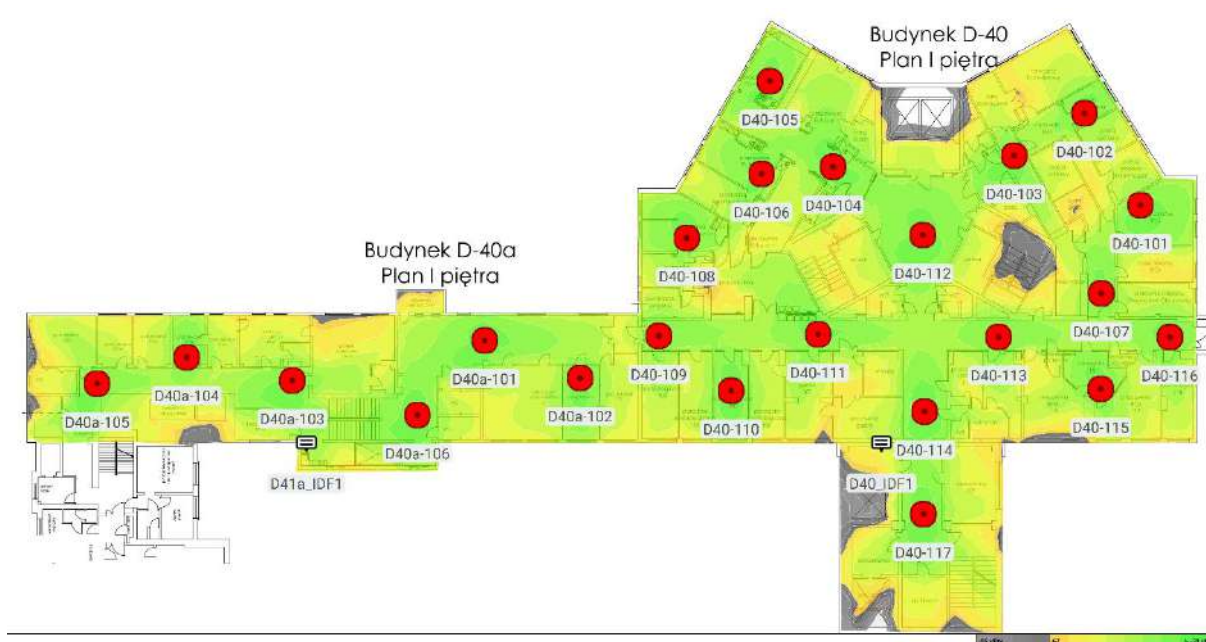




#### 9.1.4.1. D40\_D40a\_1\_Pietro – siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

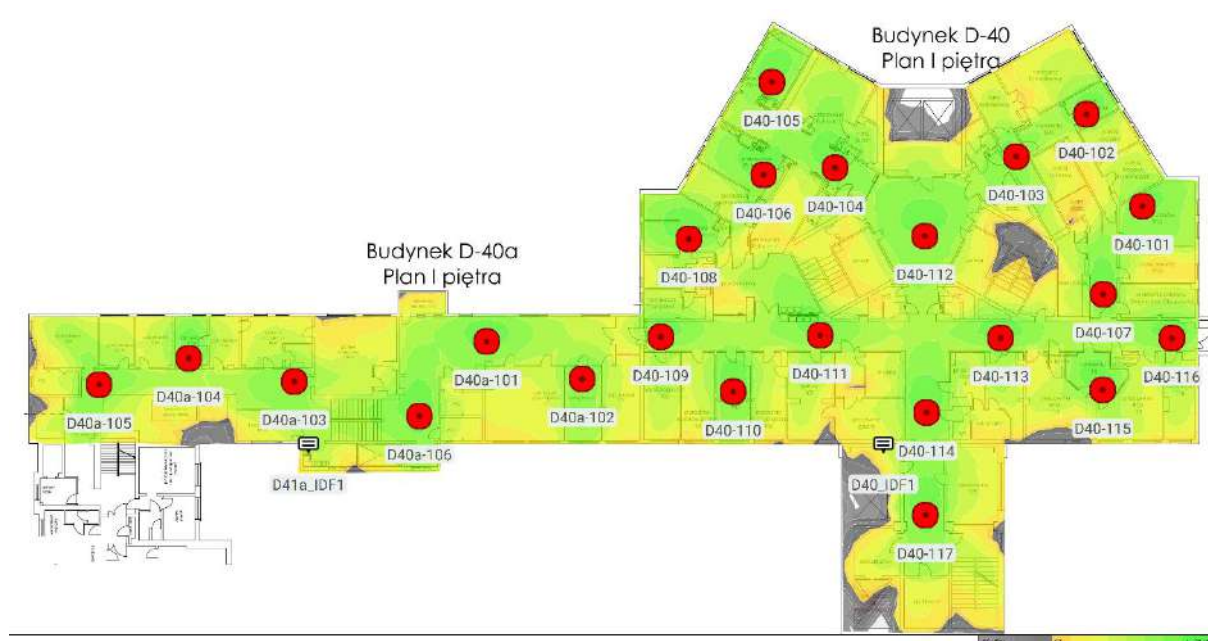


#### 9.1.4.2. D40\_D40a\_1 Piętro – siła sygnału w paśmie 5 GHz

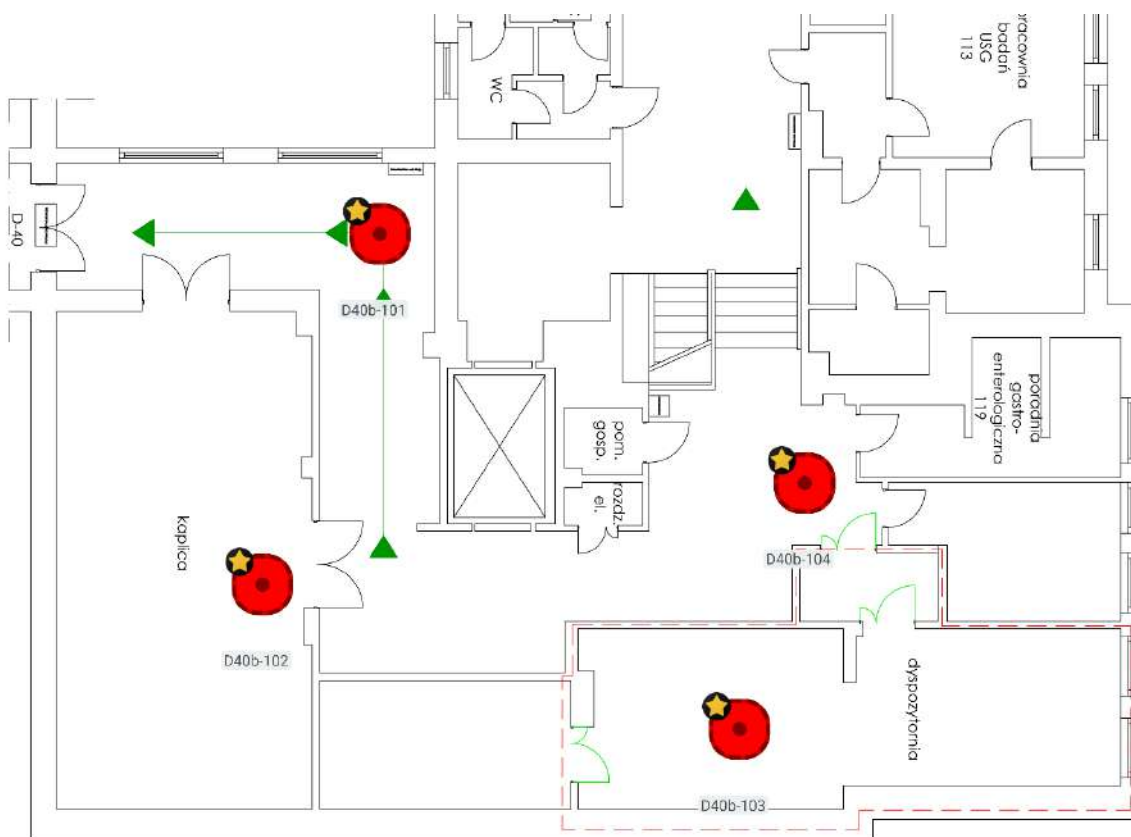




#### 9.1.4.3. D40\_D40a\_1 Piętro – siła sygnału w paśmie 6 GHz



#### 9.1.5. D40b-1 o rozmieszczenie punktów dostępowych AP





#### 9.1.5.1. D40b-1 – siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





### 9.1.5.2. D40b-1 - siła sygnału w paśmie 5 GHz



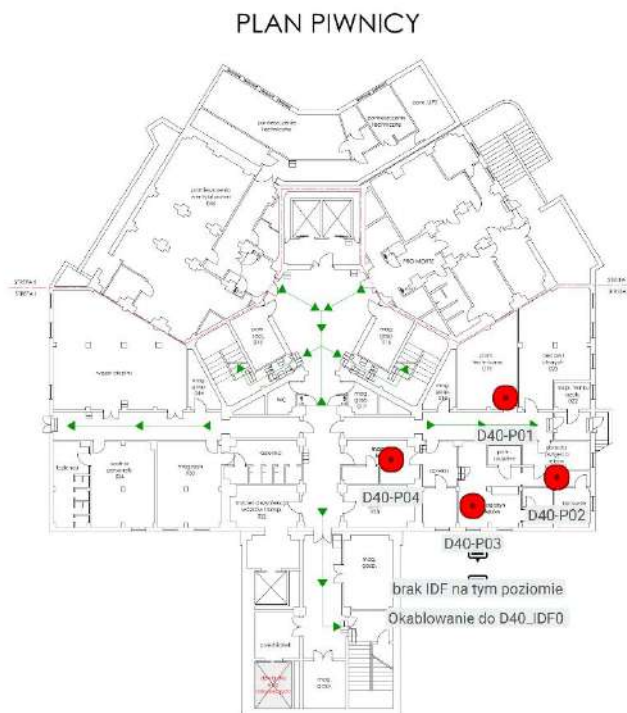


#### 9.1.5.3. D40b-1 – siła sygnału w paśmie 6 GHz



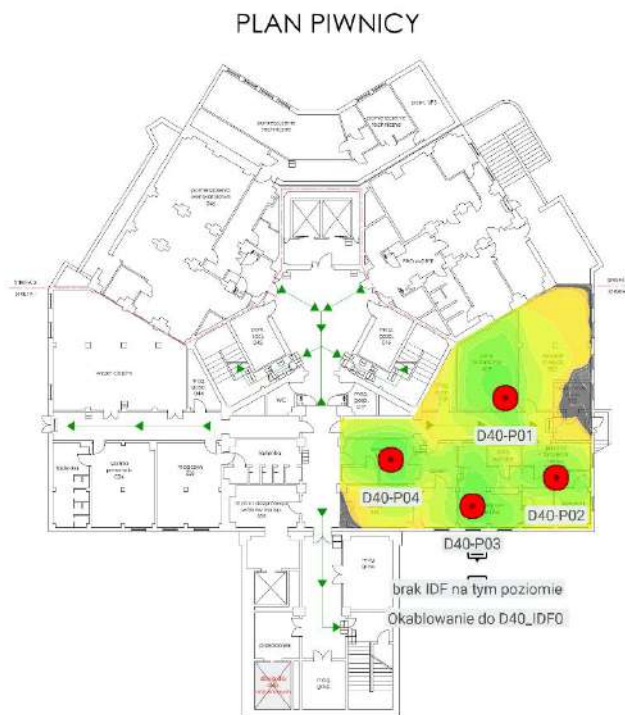


### 9.1.6. D40-P Piwnica – rozmieszczenie punktów dostępowych AP





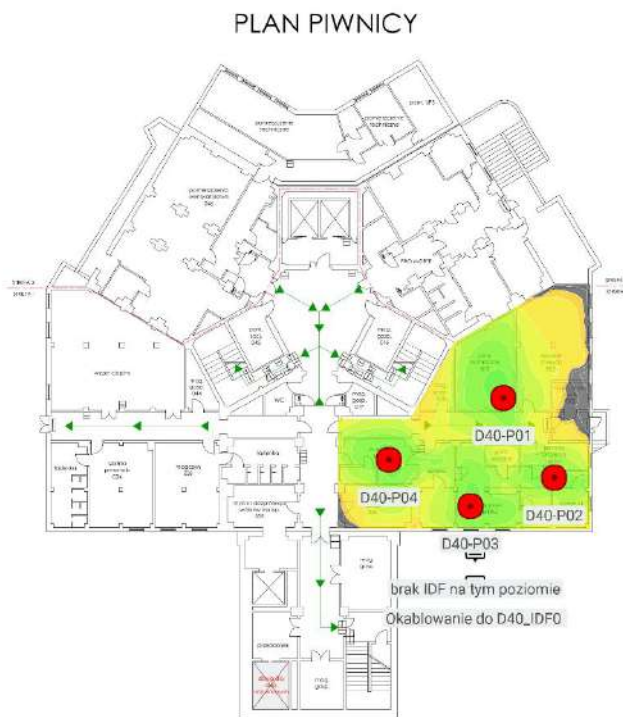
#### 9.1.6.1. D40-P Piwnica – siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



-85 dBm 47 2 -30 dBm

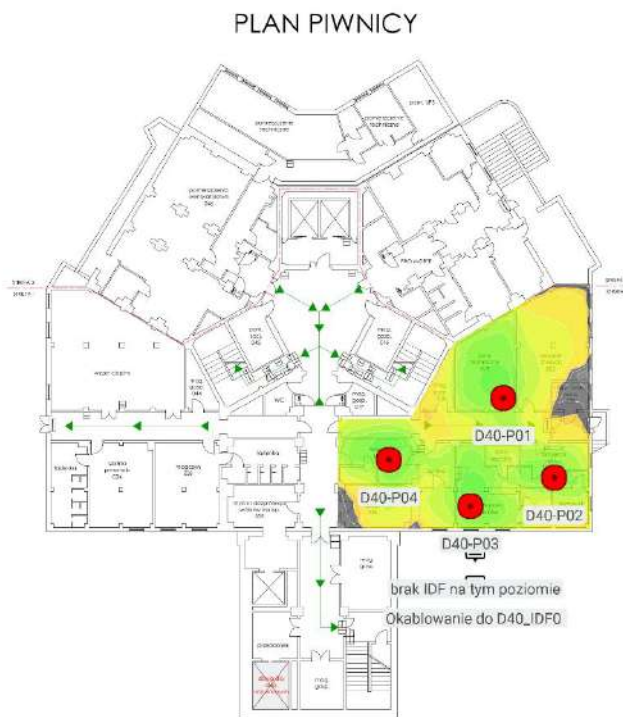


### 9.1.6.2. D40-P Piwnica – siła sygnału w paśmie 5 GHz





### 9.1.6.3. D40-P Piwnica – siła sygnału w paśmie 6 GHz

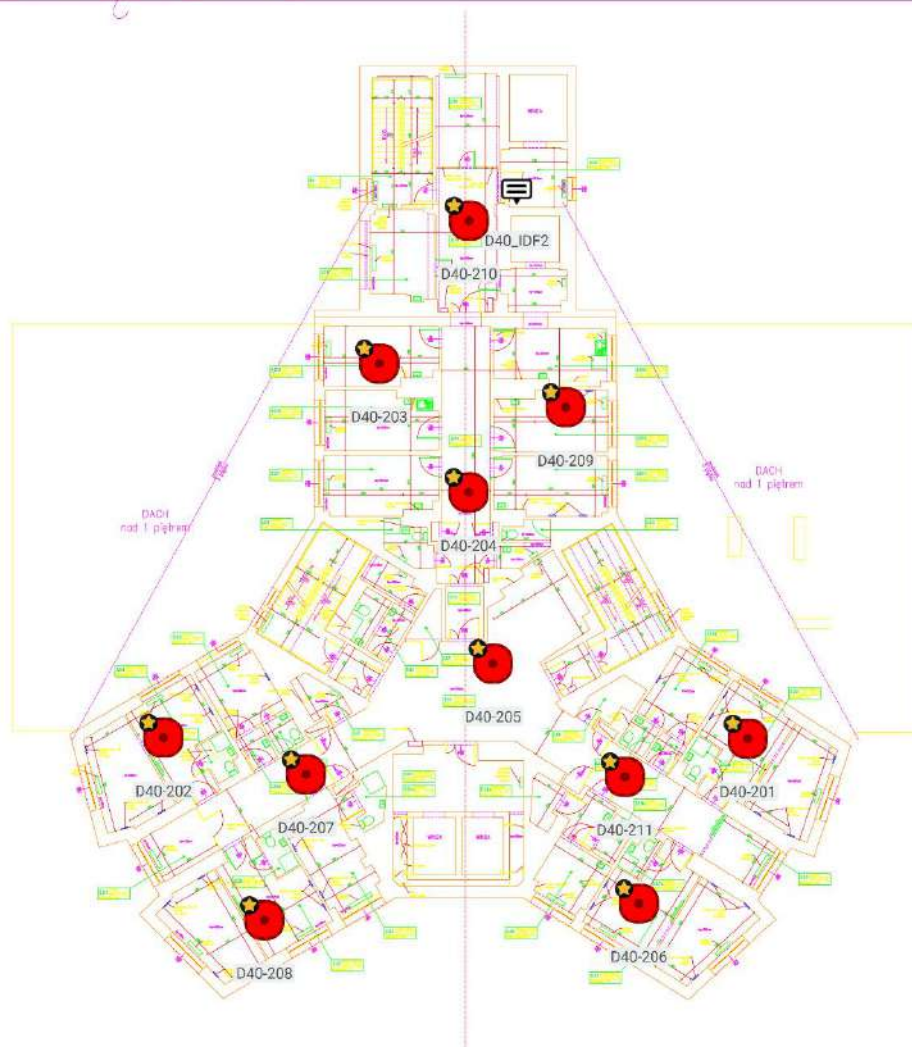


-85 dBm 47 2 -90 dBm



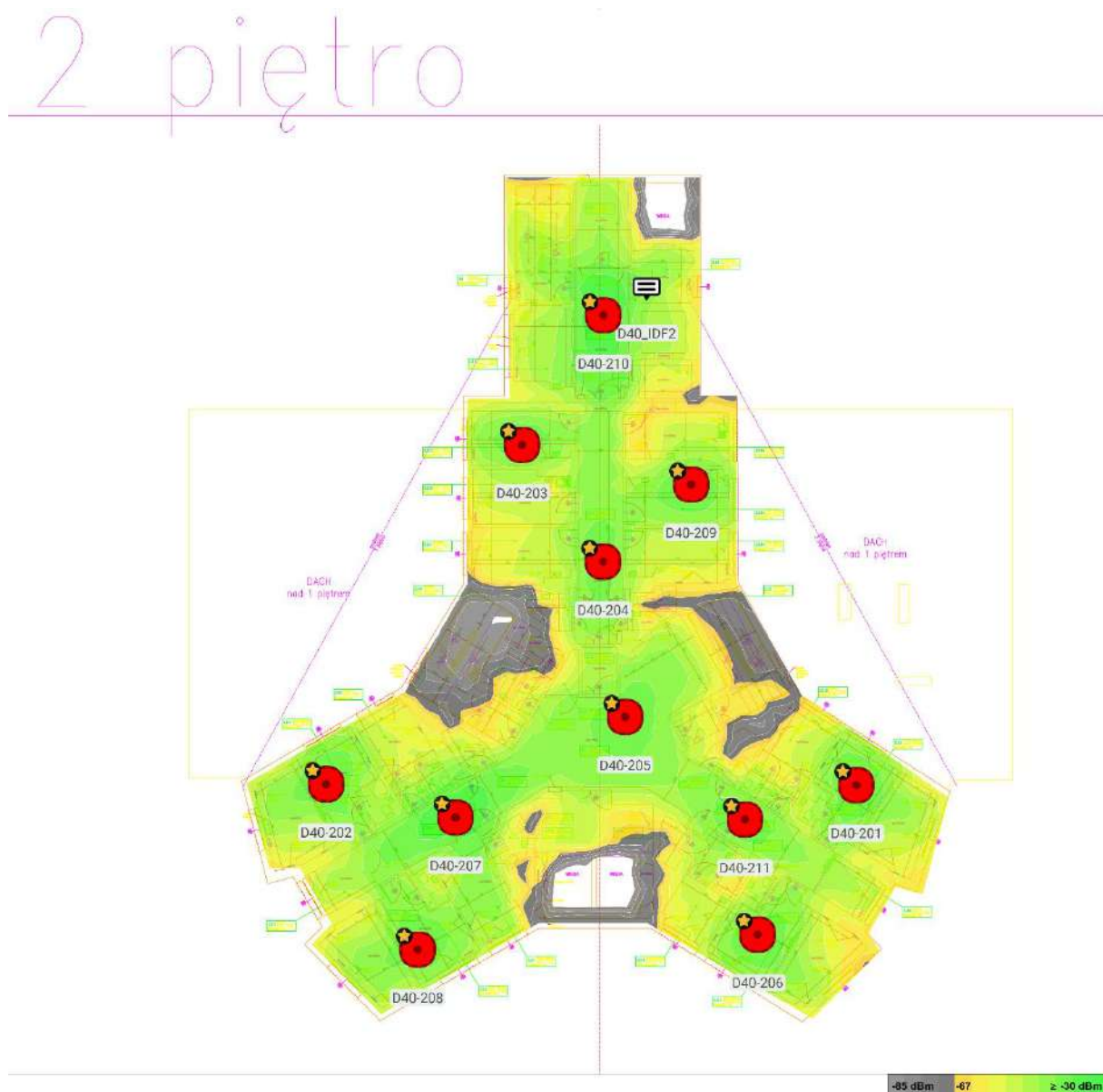
### 9.1.7. D40\_2\_Piętro – rozmieszczenie punktów dostępowych AP

2 piętro



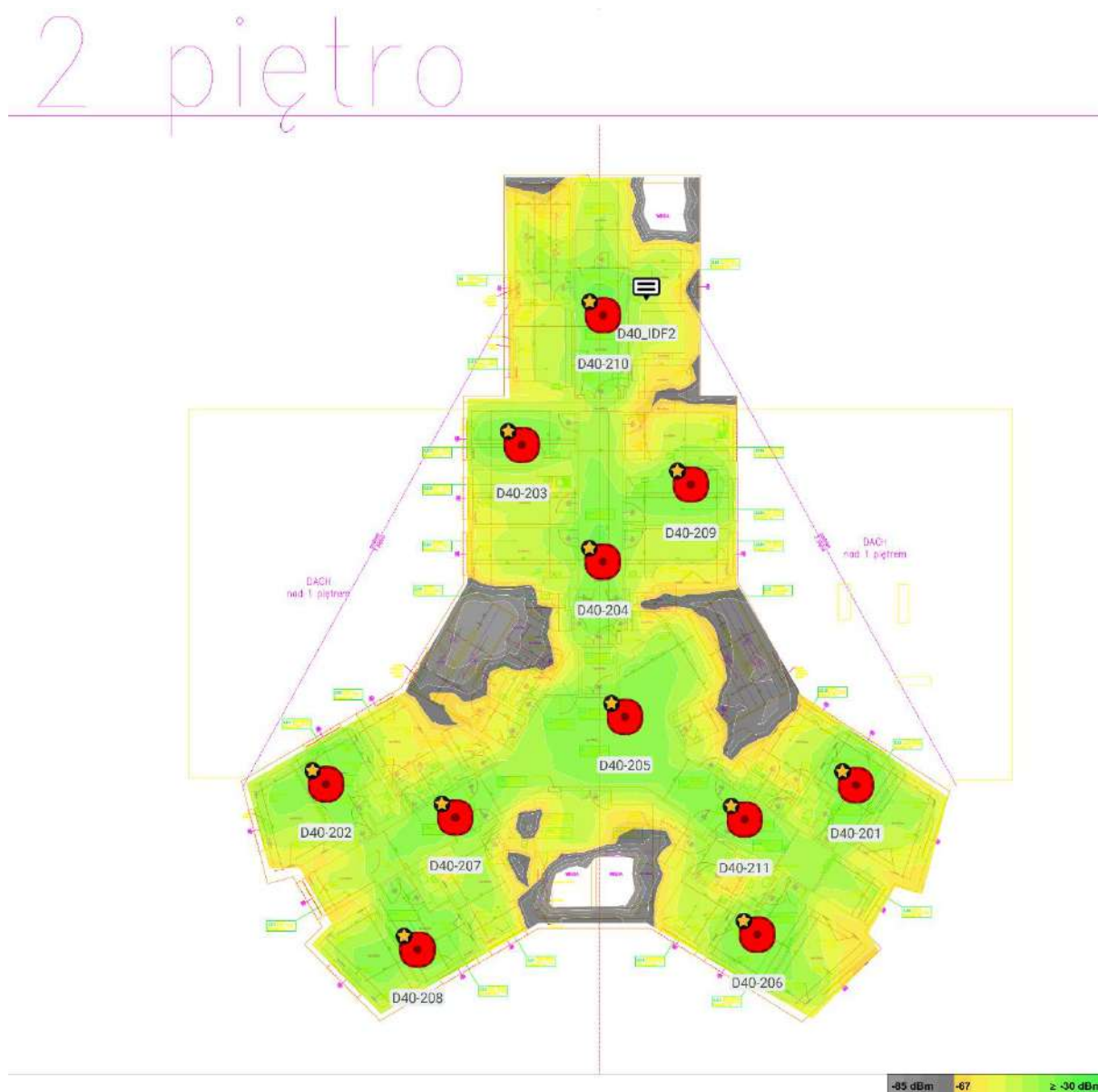


#### 9.1.7.1. D40\_2\_Piętro – siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



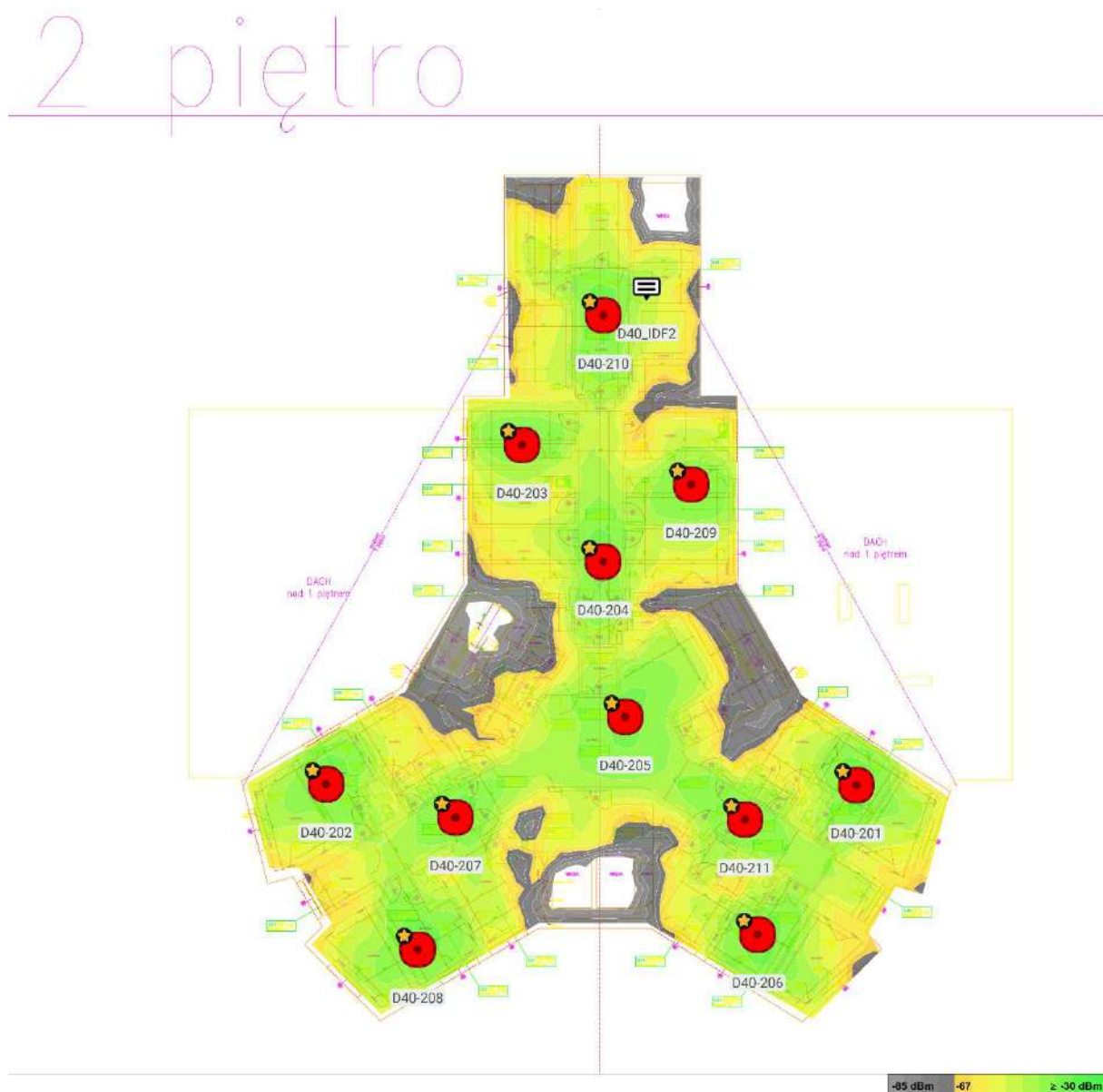


#### 9.1.7.2. D40\_2\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz



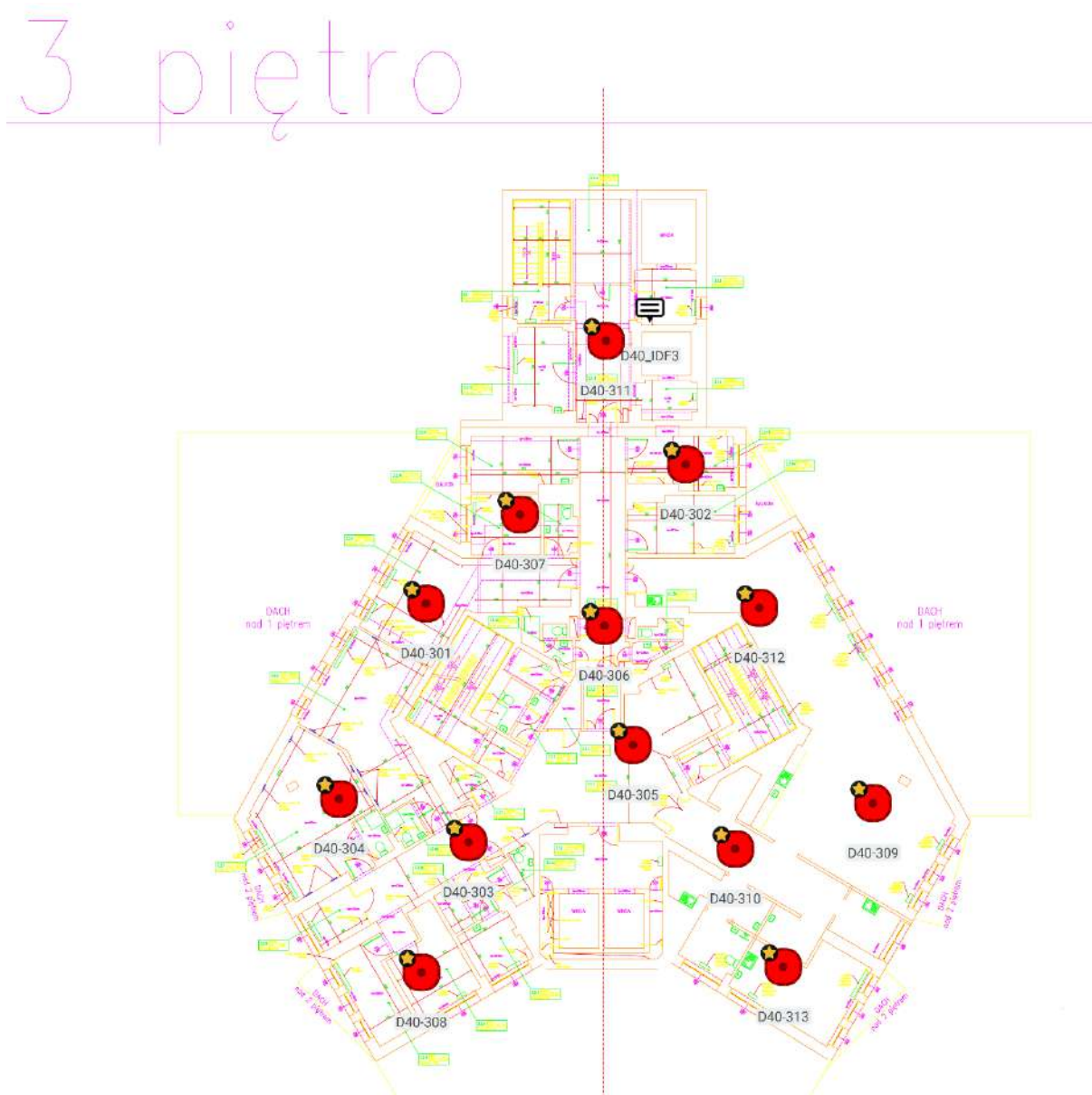


### 9.1.7.3. D40\_2\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz





### 9.1.8. D40\_3\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)



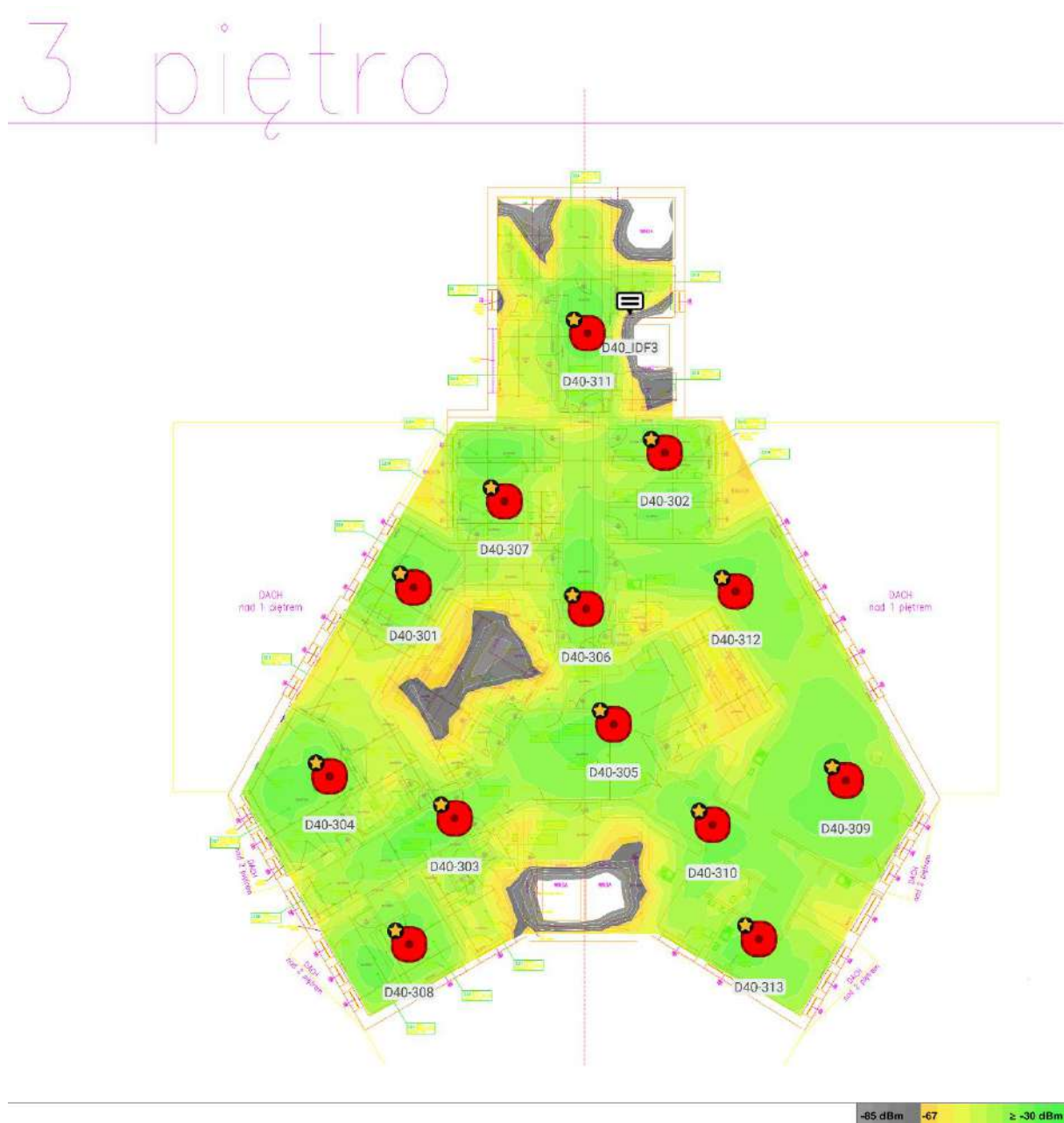


### 9.1.8.1. D40\_3\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



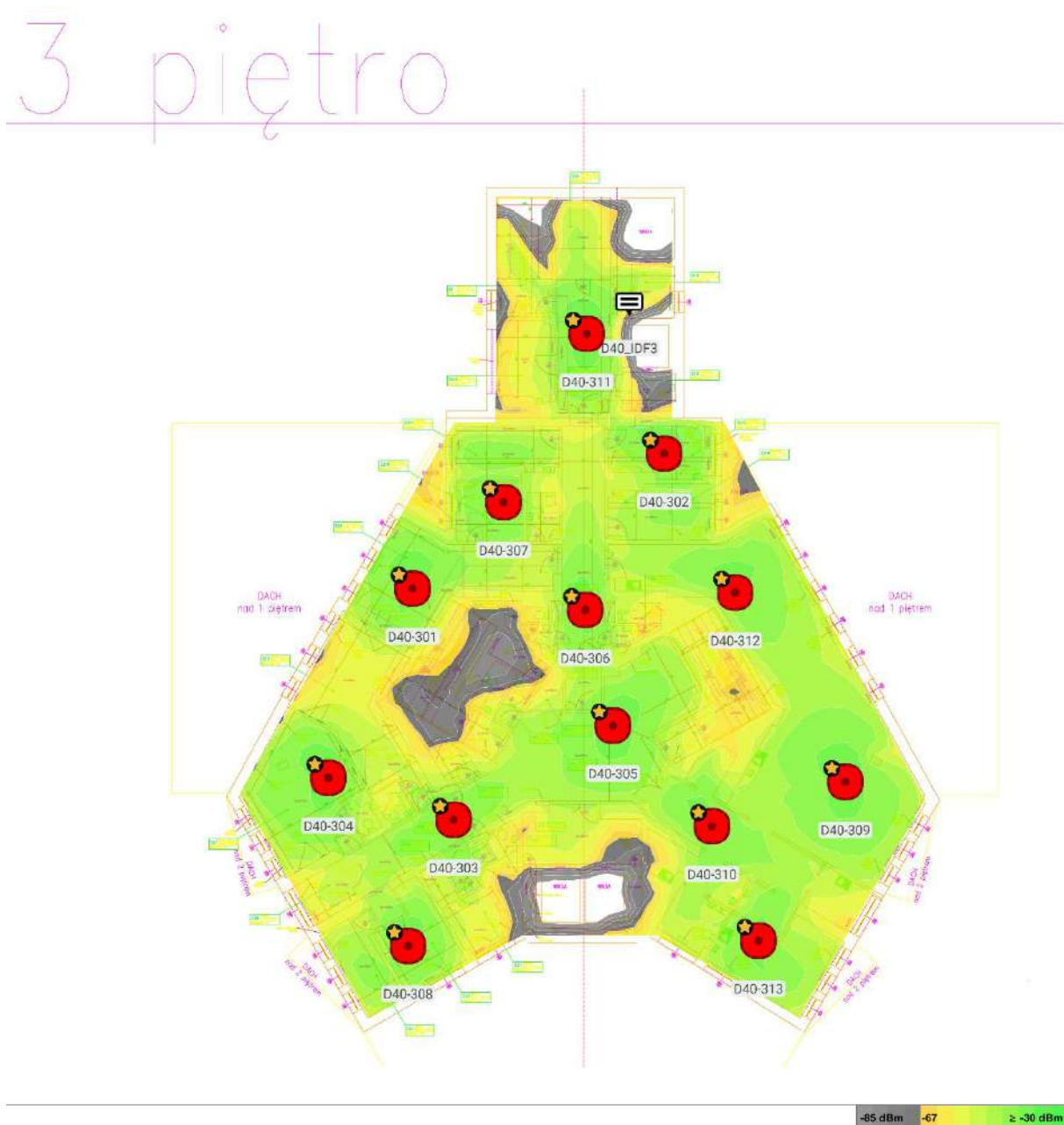


### 9.1.8.2. D40\_3\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz





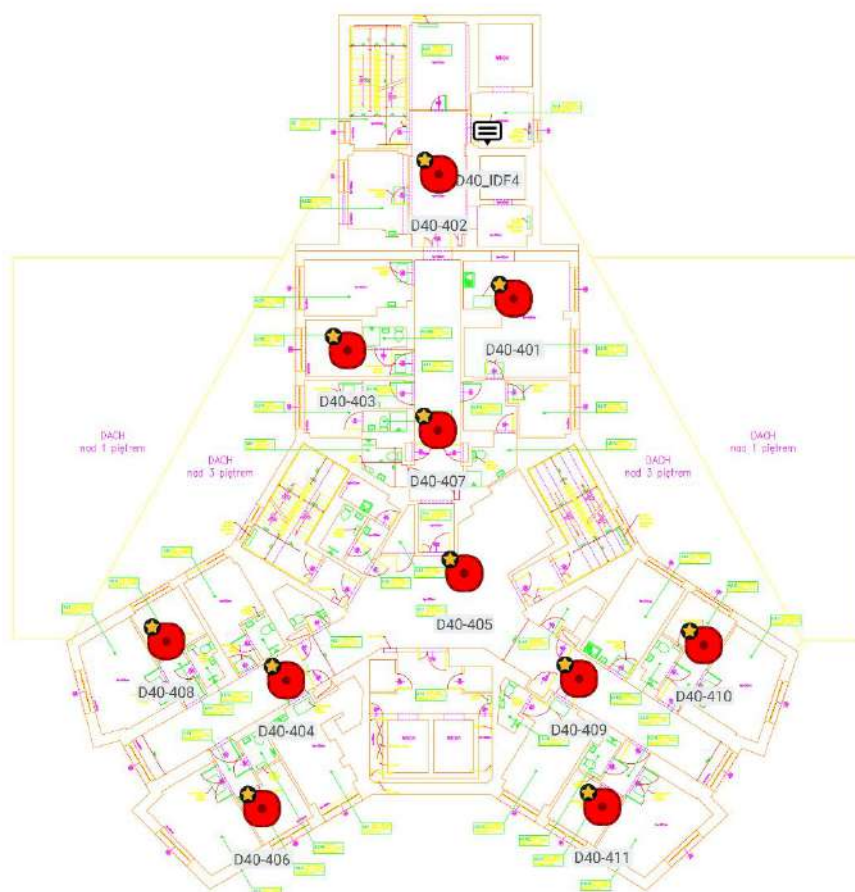
### 9.1.8.3. D40\_3\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz





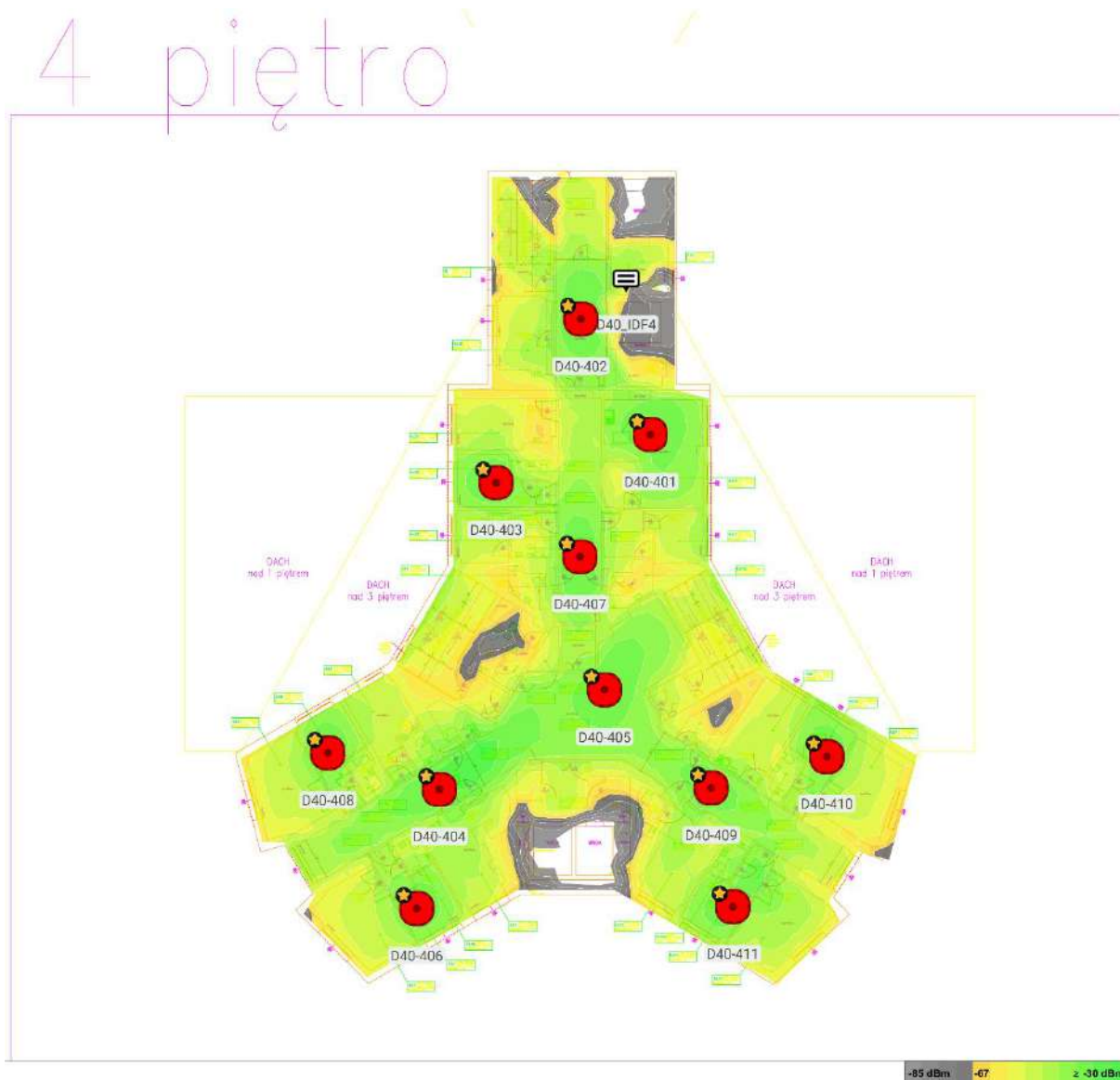
### 9.1.9. D40\_4\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

4 piętro



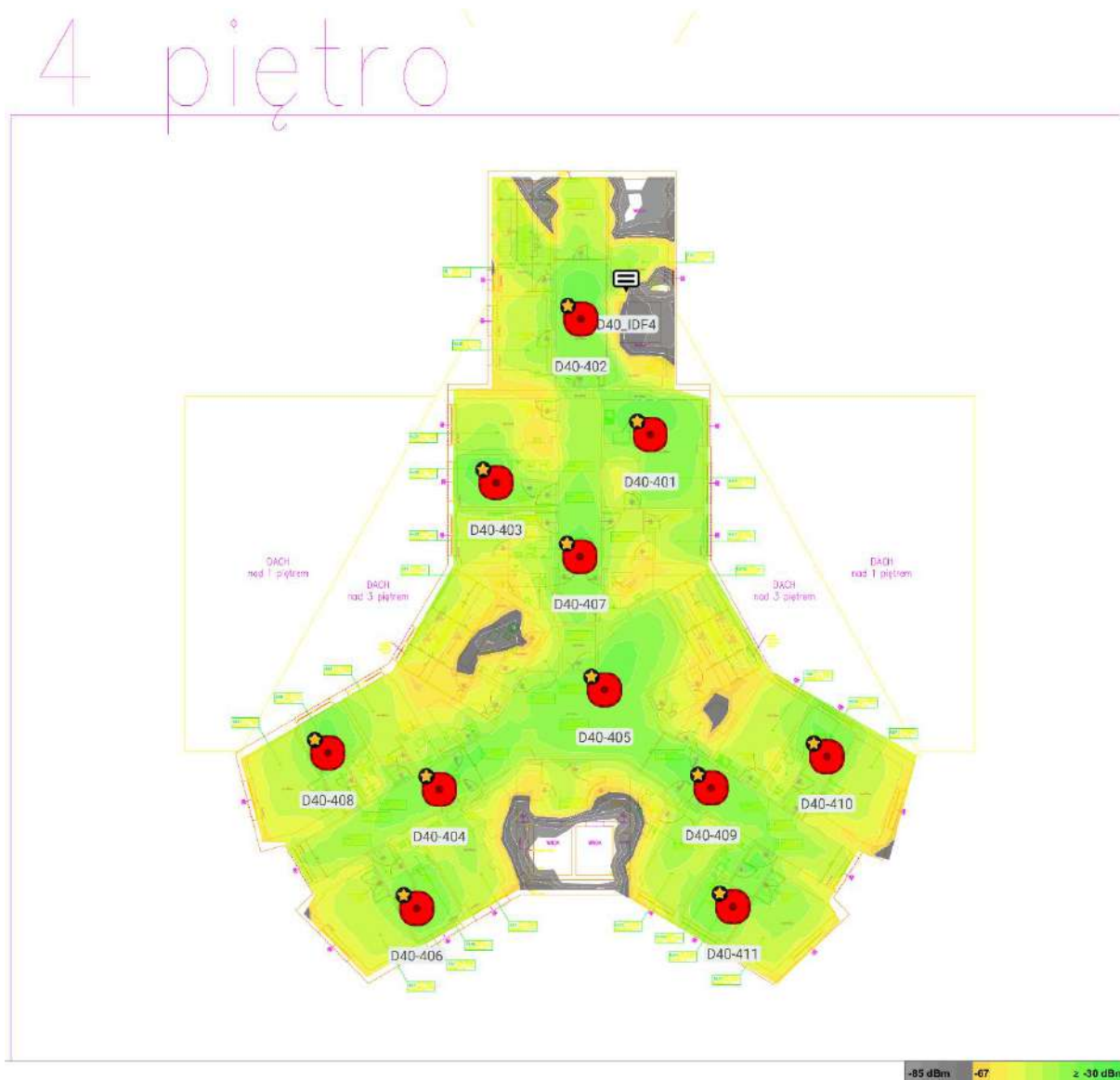


#### 9.1.9.1. D40\_4\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





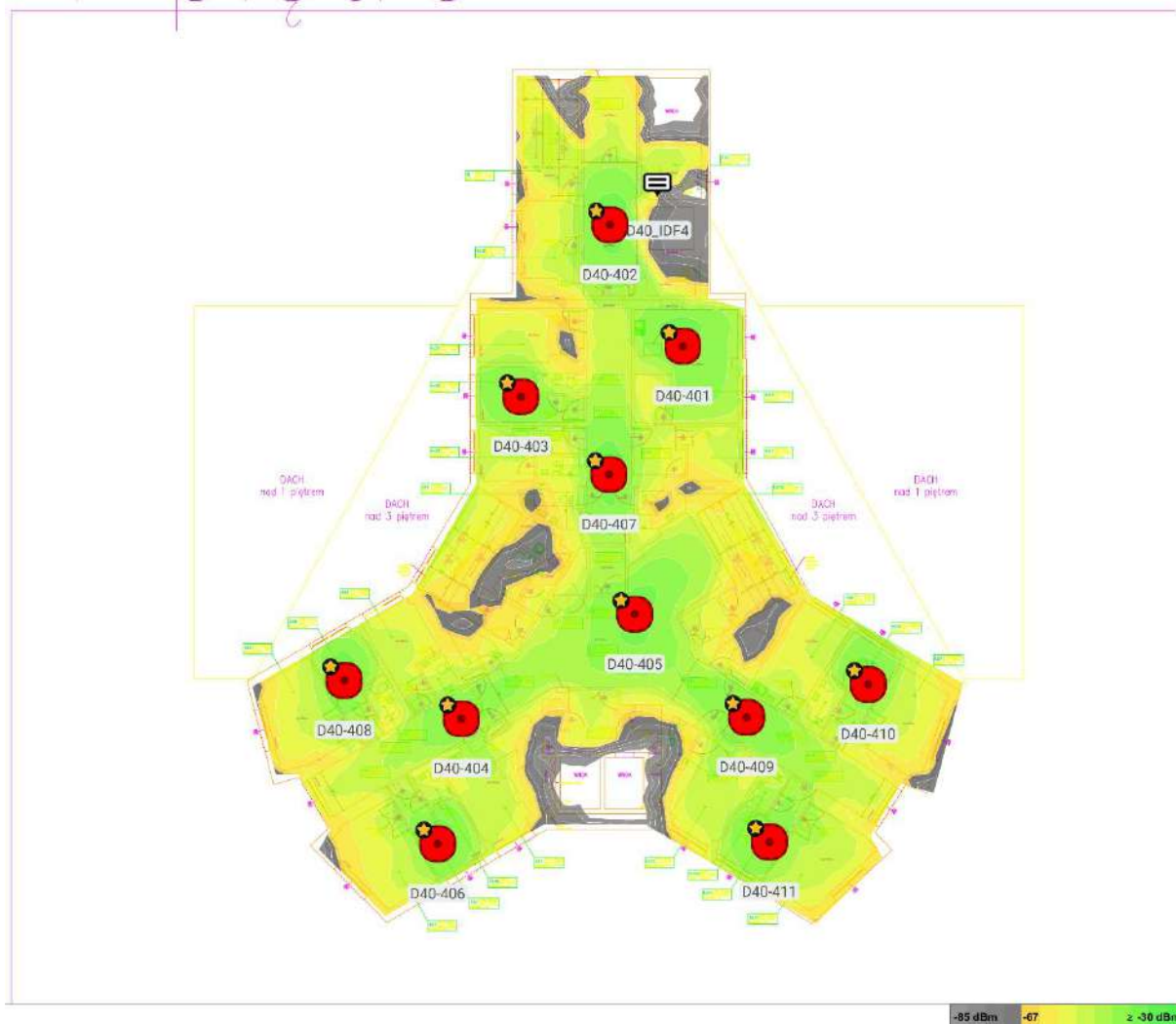
#### 9.1.9.2. D40\_4\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz





#### 9.1.9.3. D40\_4\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz

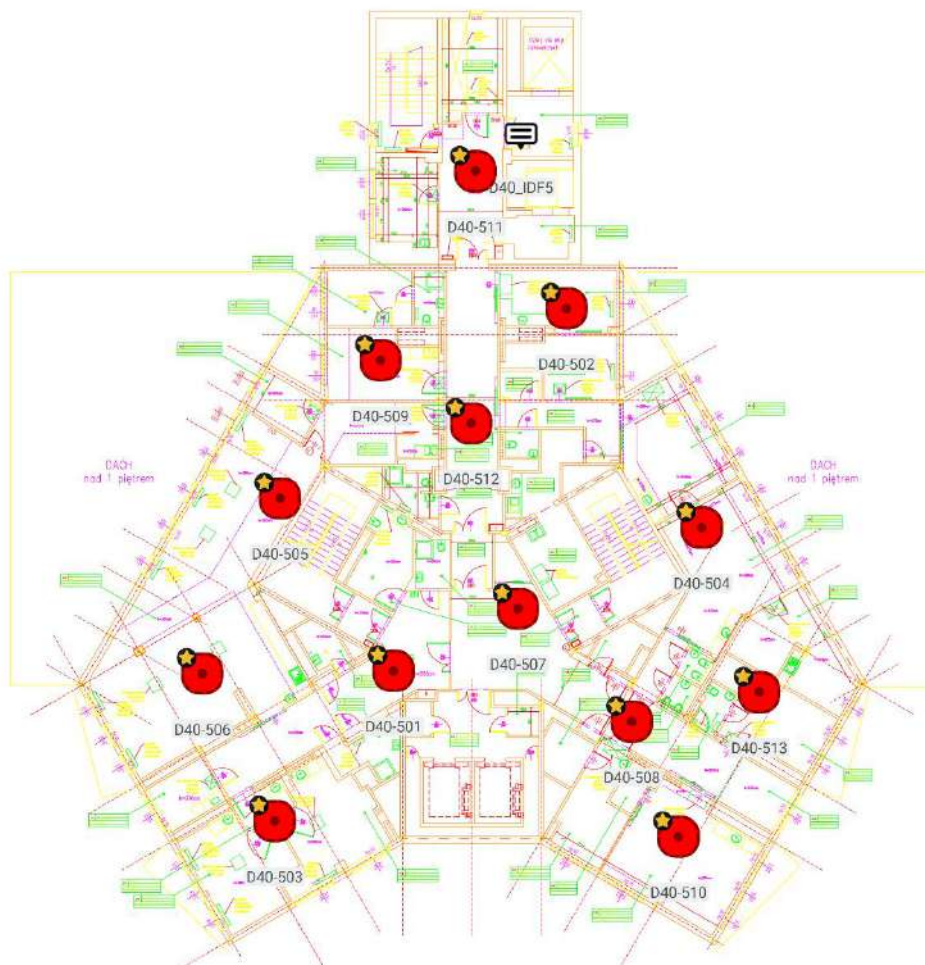
4 piętro





### 9.1.10. D40\_5\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

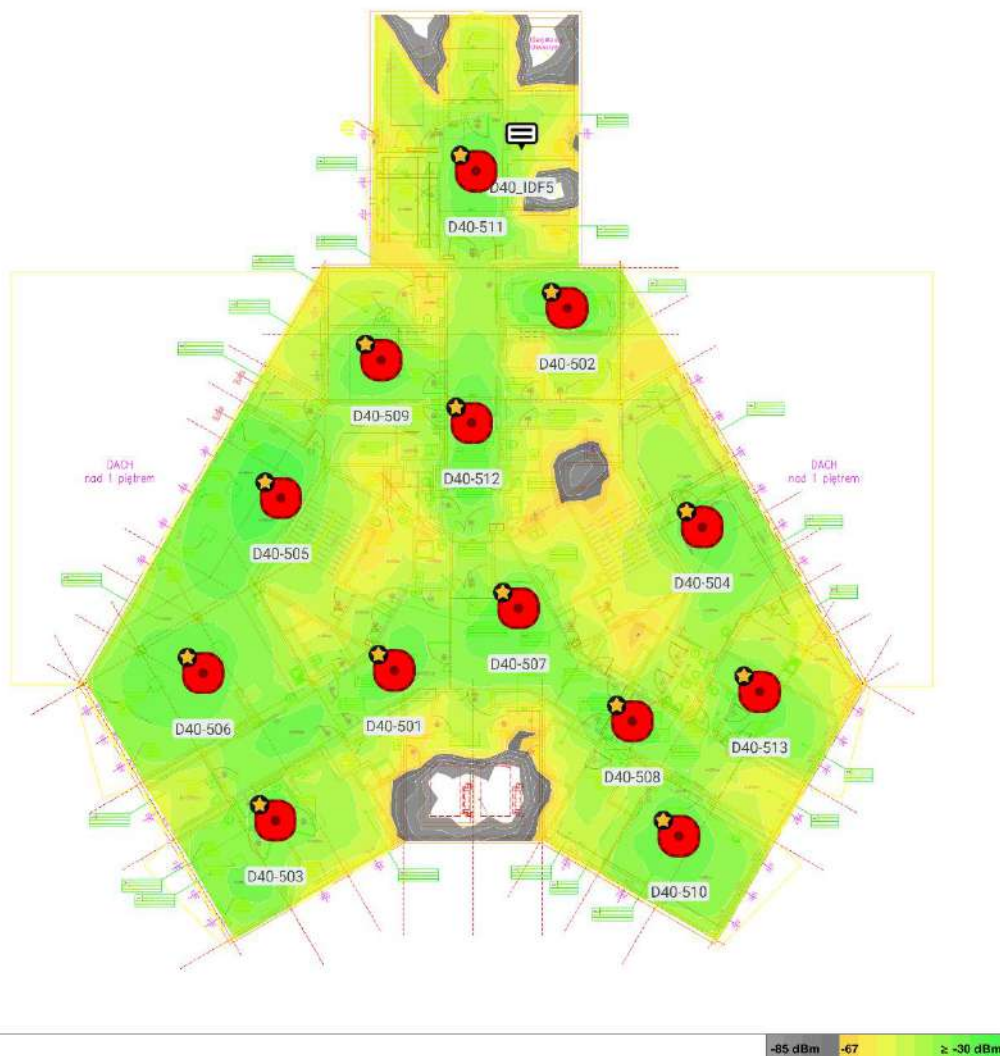
5 piętro





### 9.1.10.1. D40\_5\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

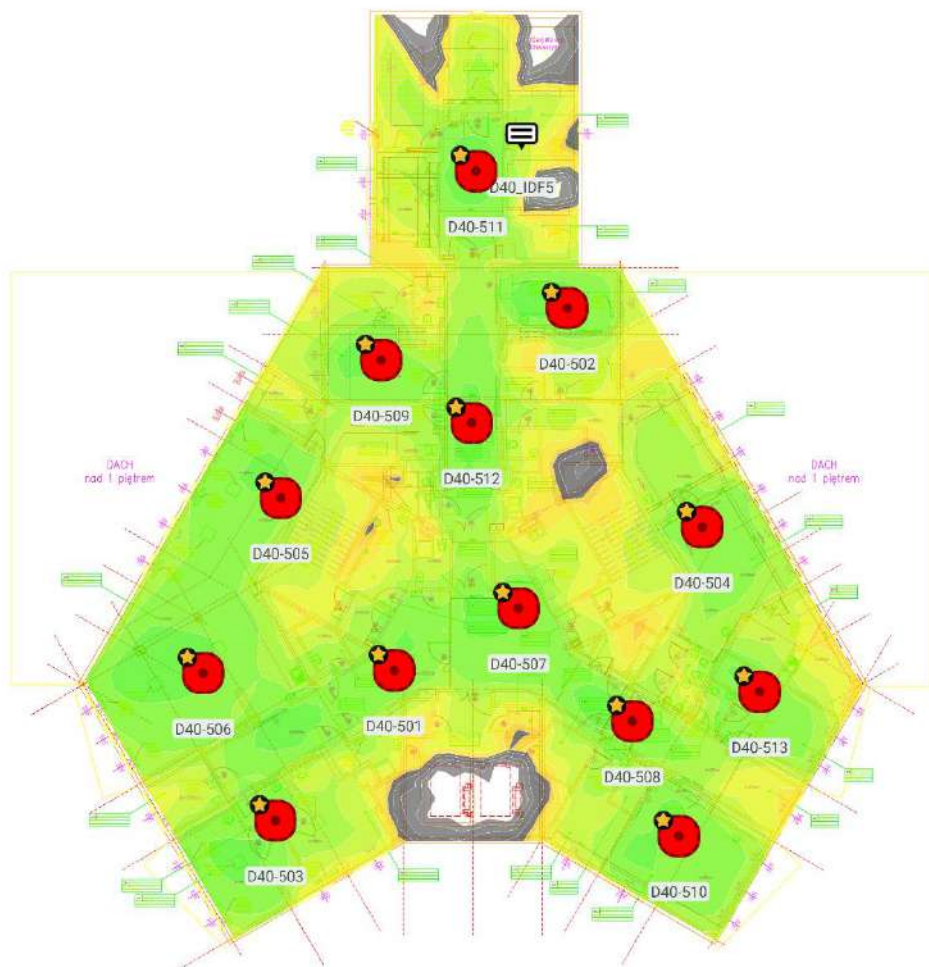
5 piętro





### 9.1.10.2. D40\_5\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz

5 piętro

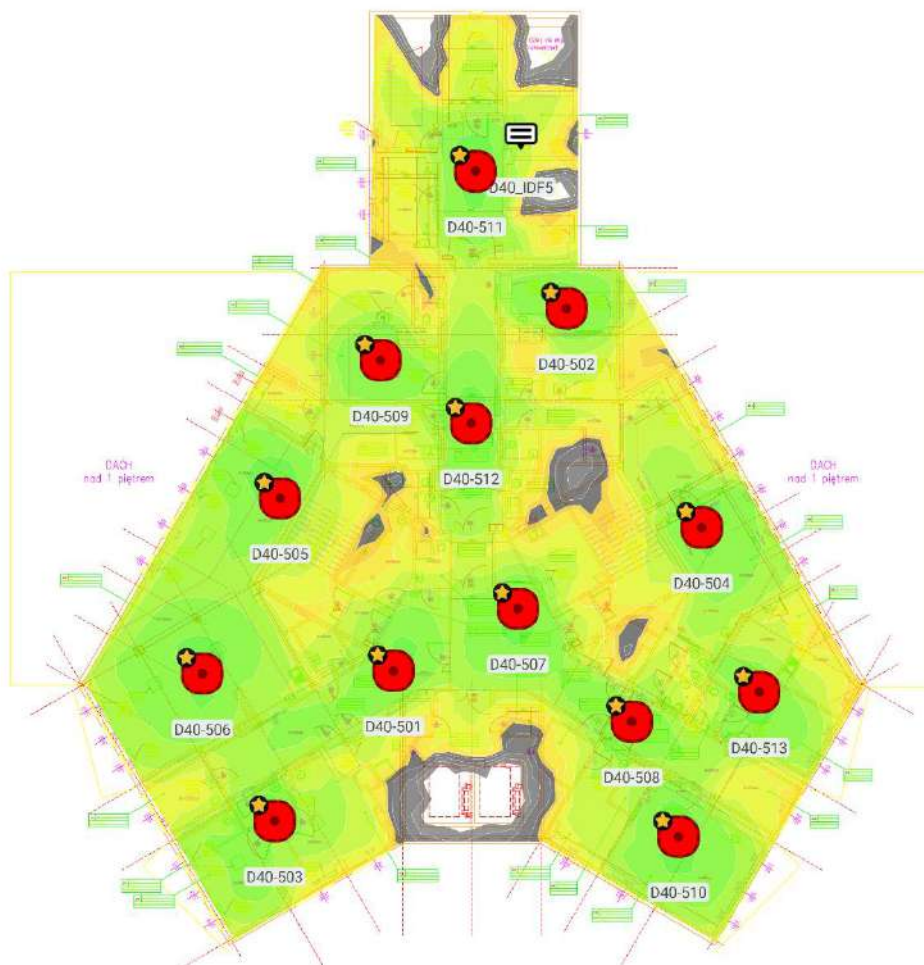


-85 dBm -67 ≥ -30 dBm



### 9.1.10.3. D40\_5\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz

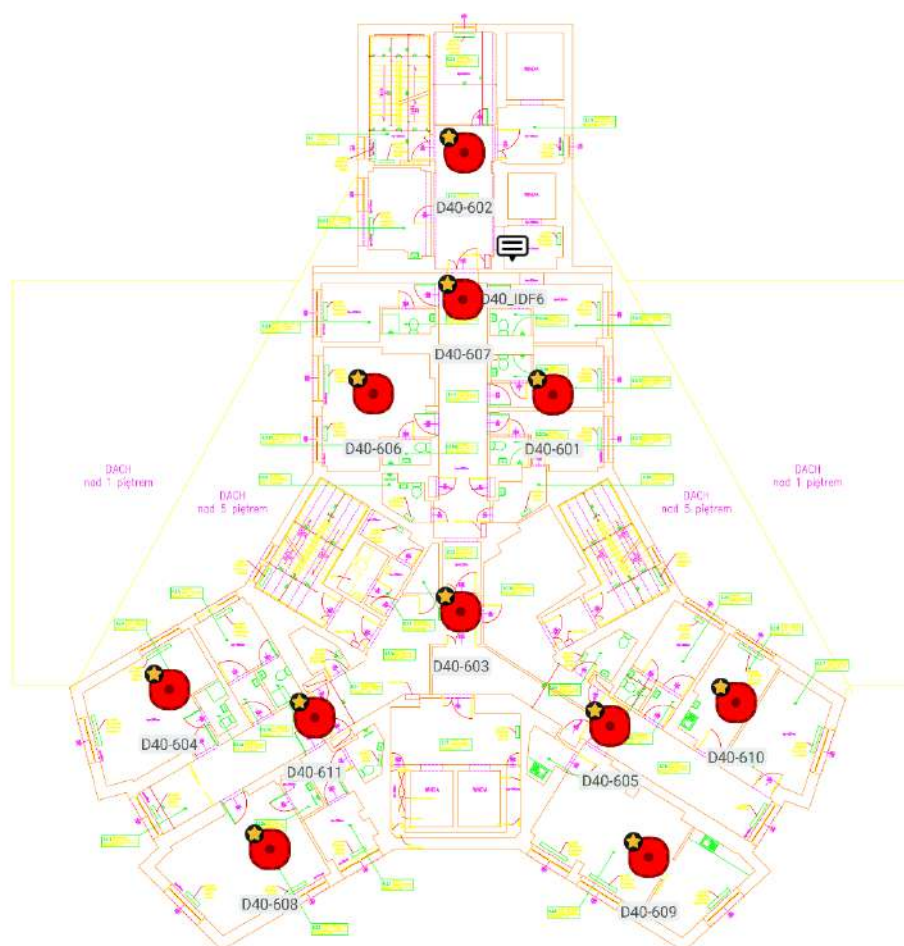
5 piętro





### 9.1.11. D40\_6\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

6 piętro





#### 9.1.11.1. D40\_6\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

6 piętro





### 9.1.11.2. D40\_6\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz

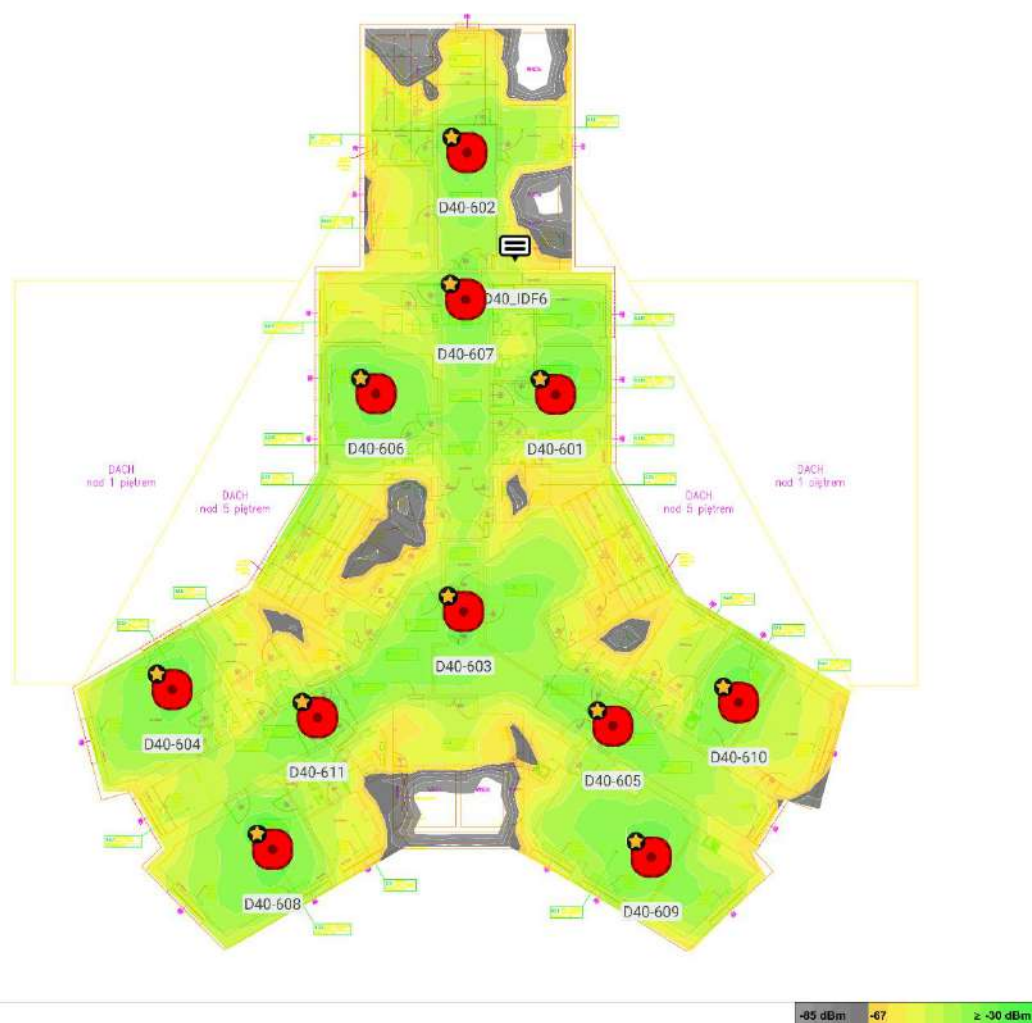
6 piętro





### 9.1.11.3. D40\_6\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz

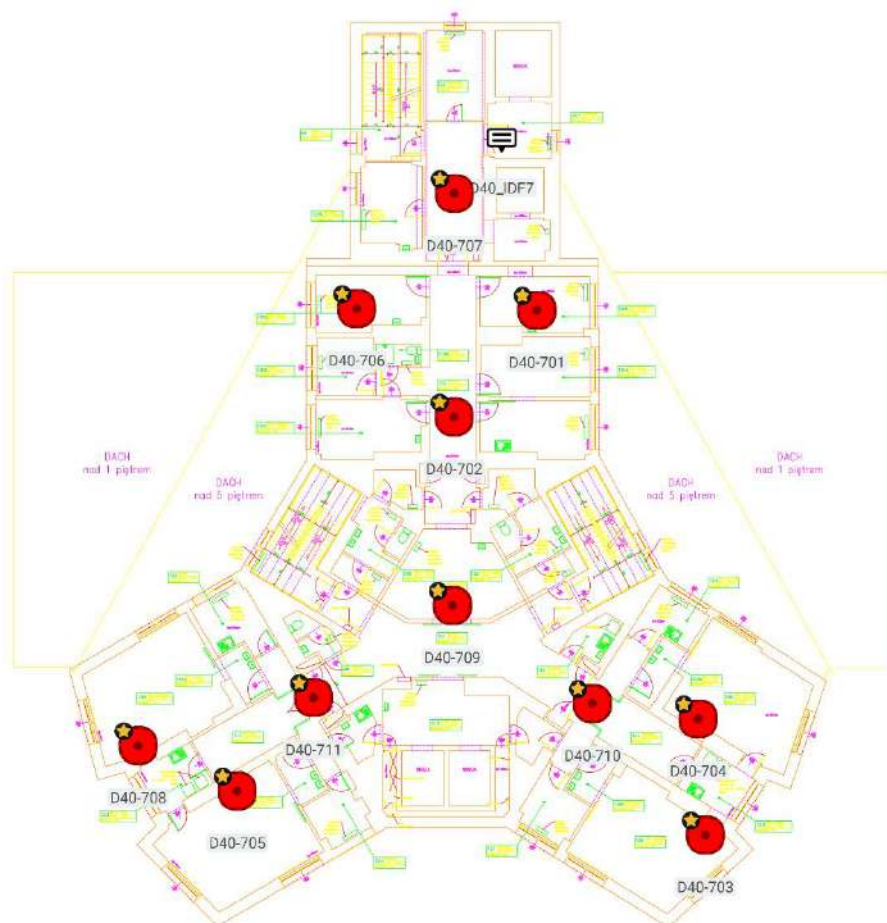
6 piętro





### 9.1.12. D40\_7\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

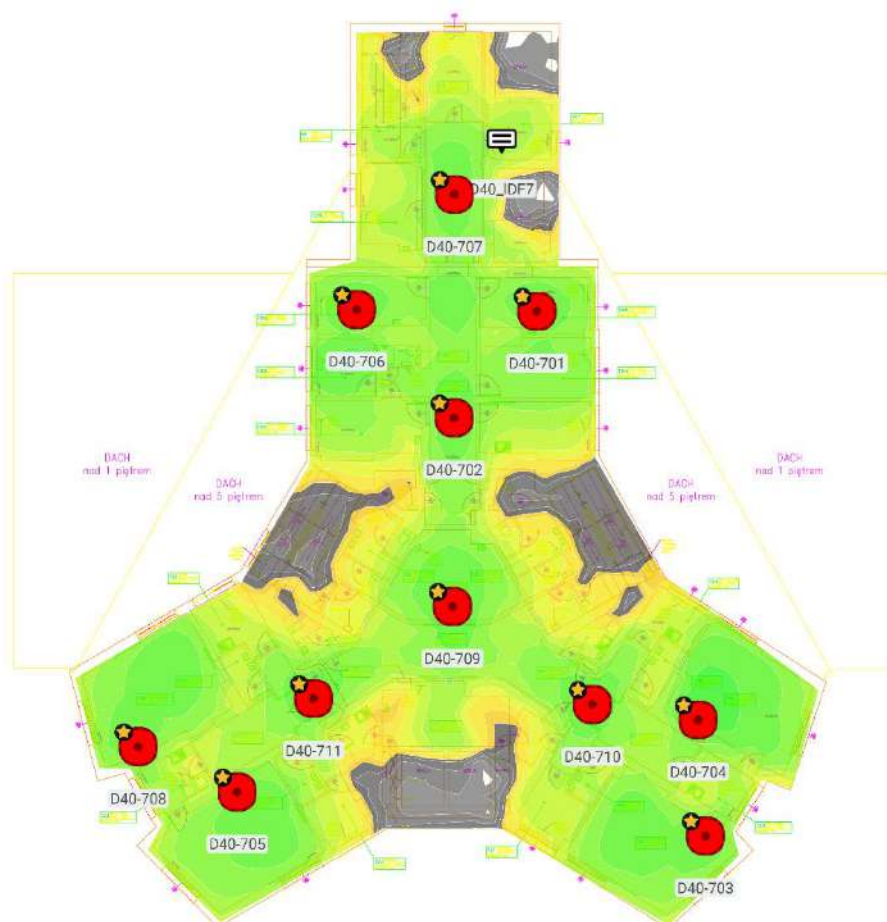
7 piętro





### 9.1.12.1. D40\_7\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

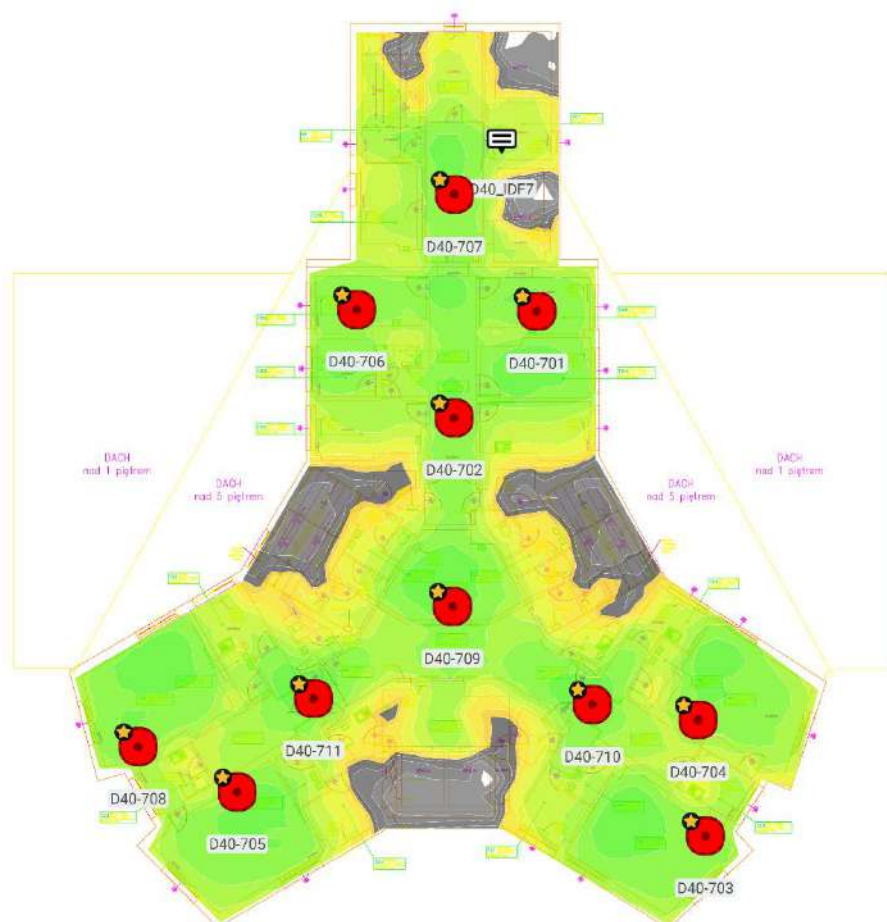
7 piętro





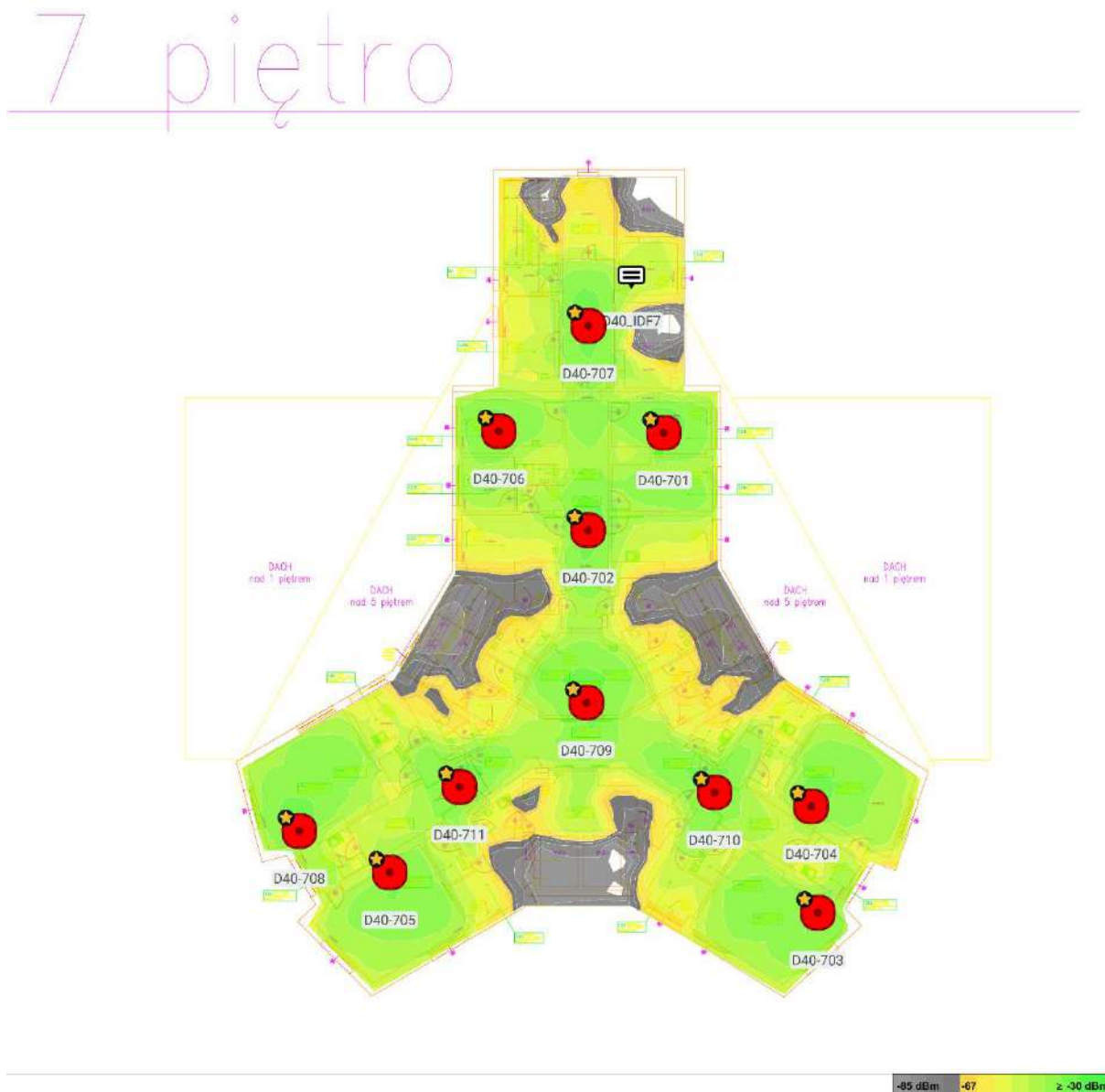
### 9.1.12.2. D40\_7\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz

7 piętro





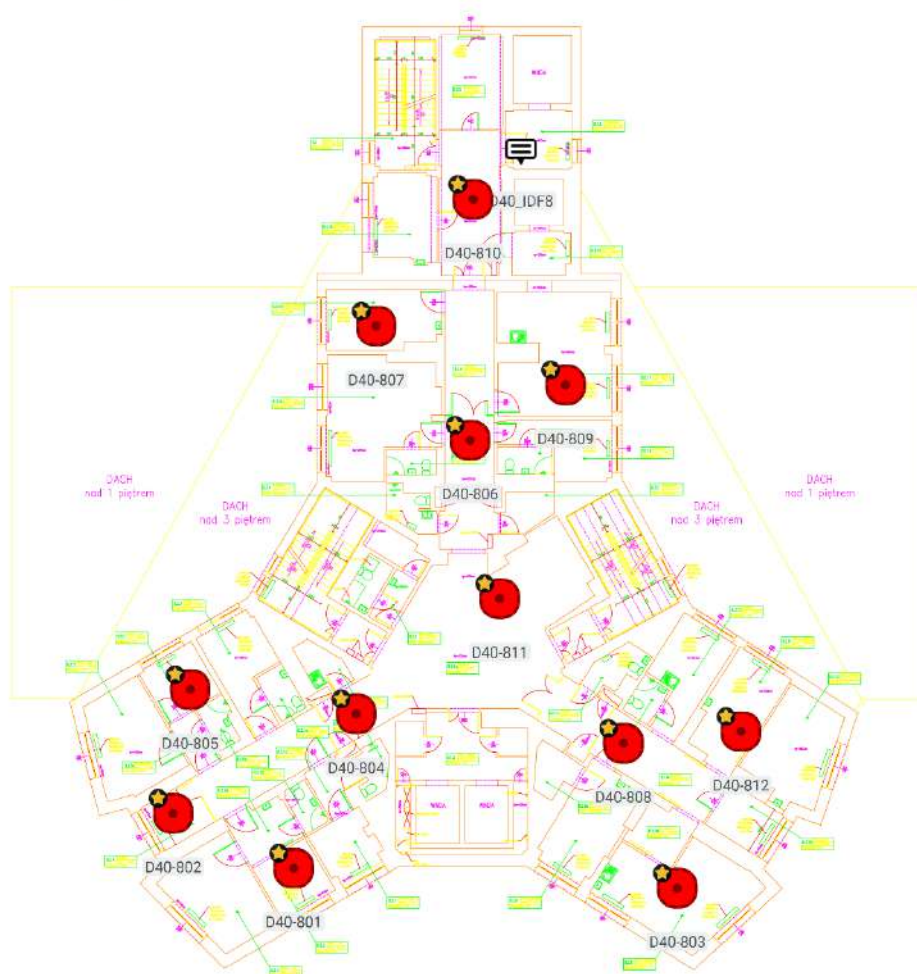
### 9.1.12.3. D40\_7\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz





### 9.1.13. D40\_8\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

8 piętro





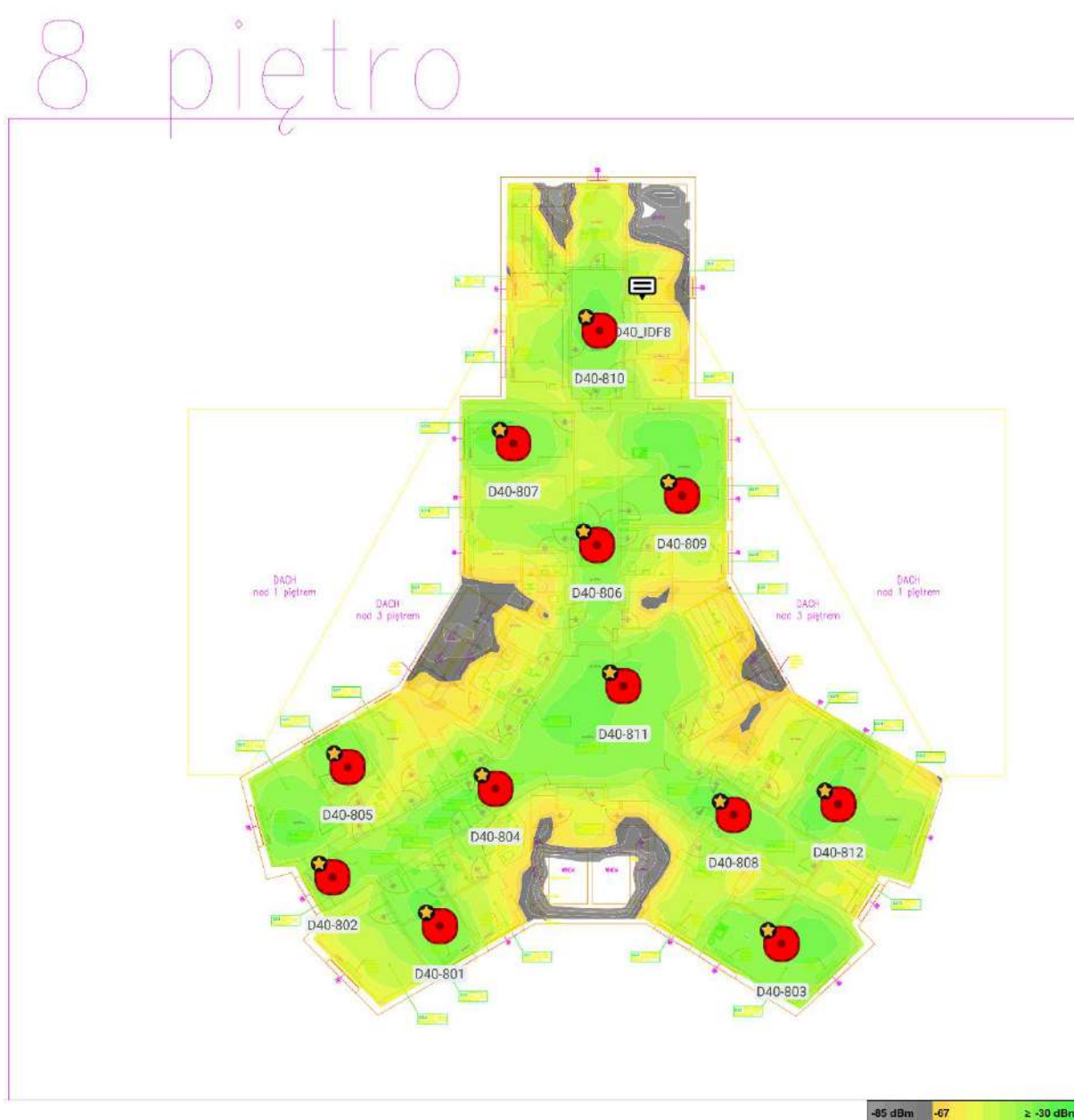
### 9.1.13.1. D40\_8\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

8 piętro



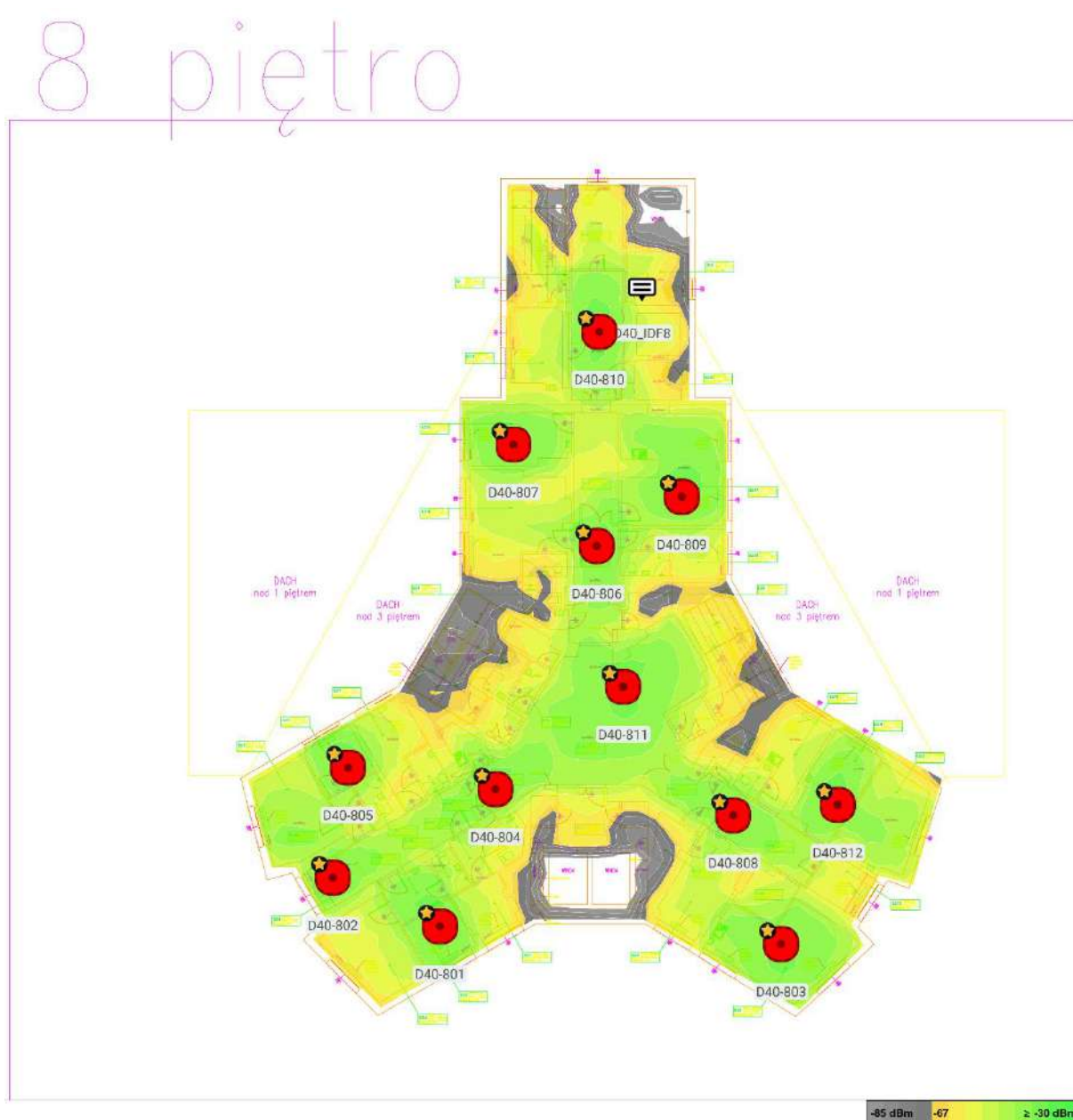


### 9.1.13.2. D40\_8\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz





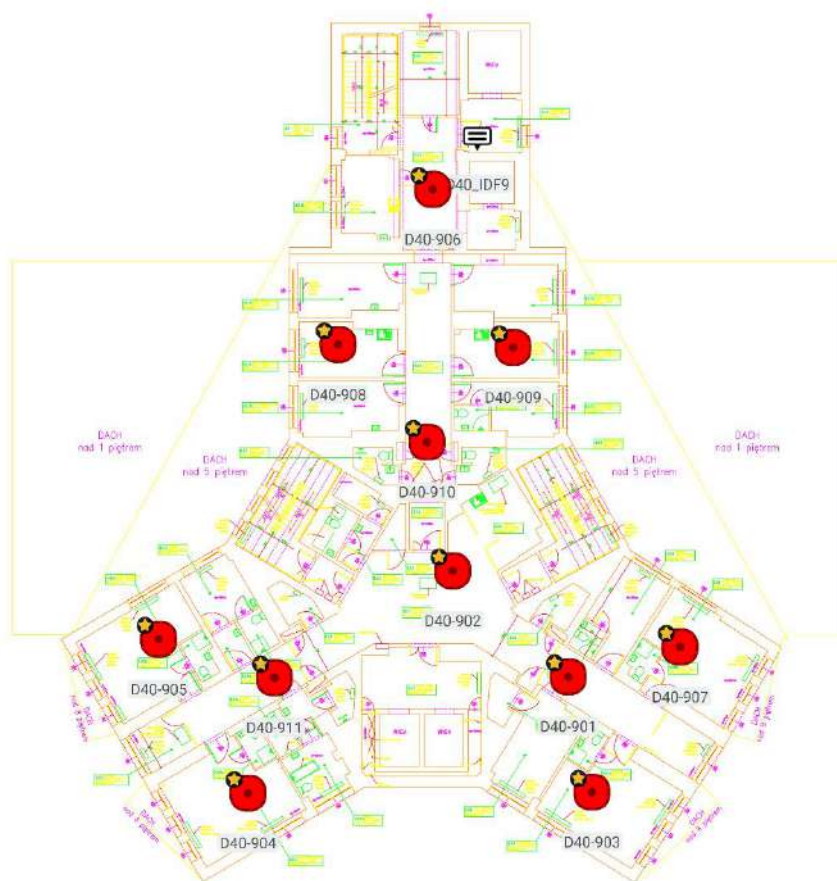
### 9.1.13.3. D40\_8\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.1.14. D40\_9\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

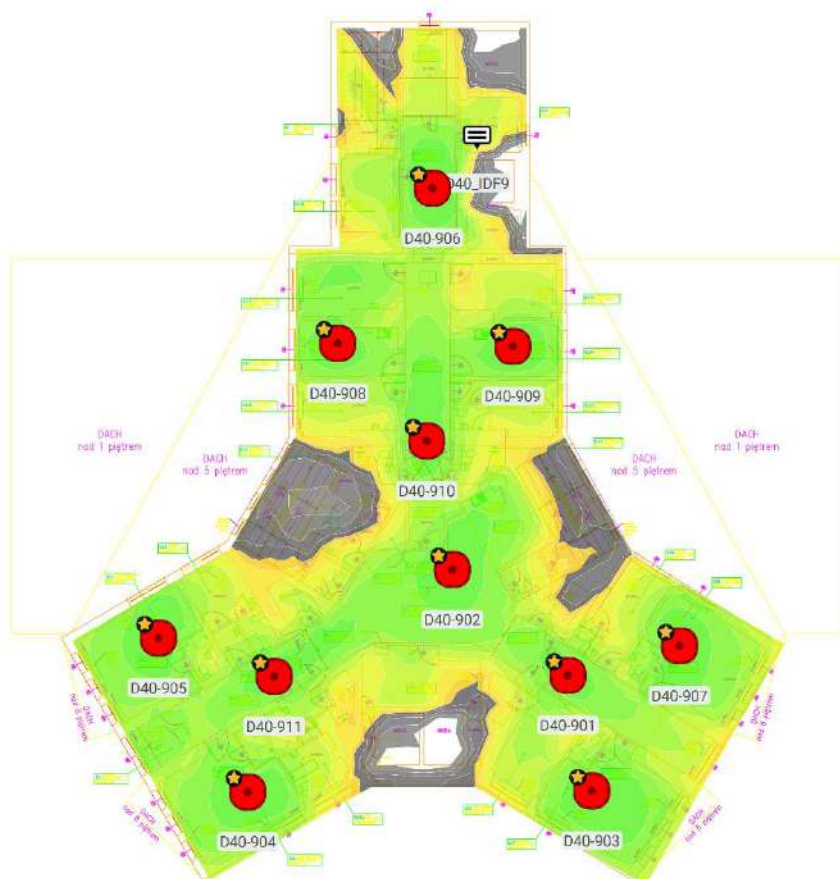
9 piętro





#### 9.1.14.1. D40\_9\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

9 piętro

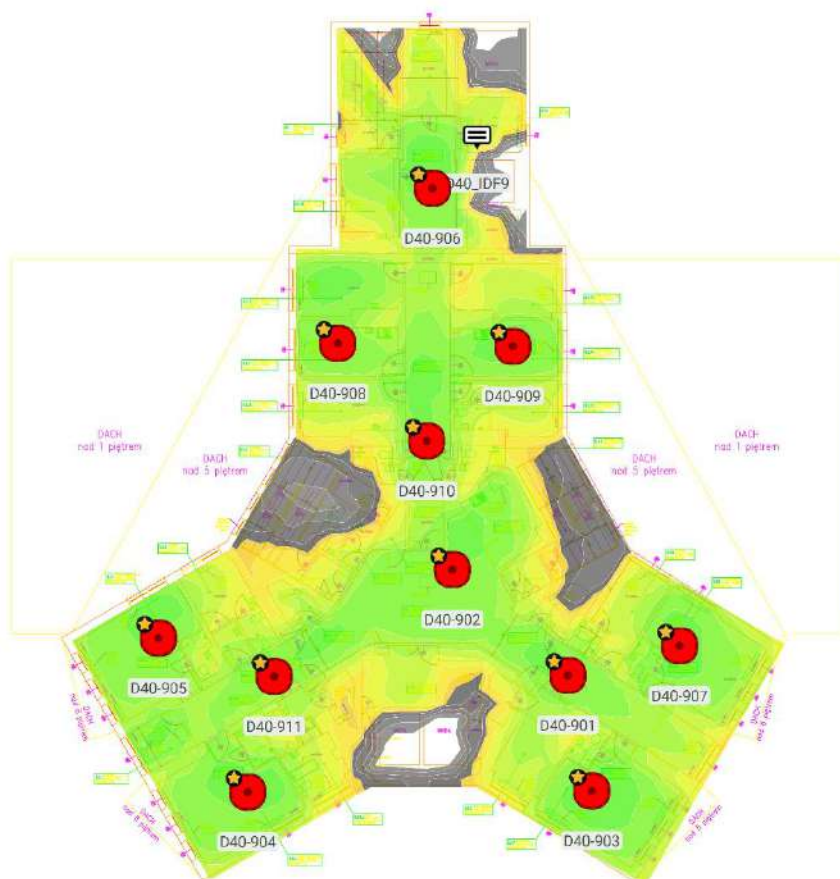


-85 dBm -67 -30 dBm



#### 9.1.14.2. D40\_9\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz

9 piętro

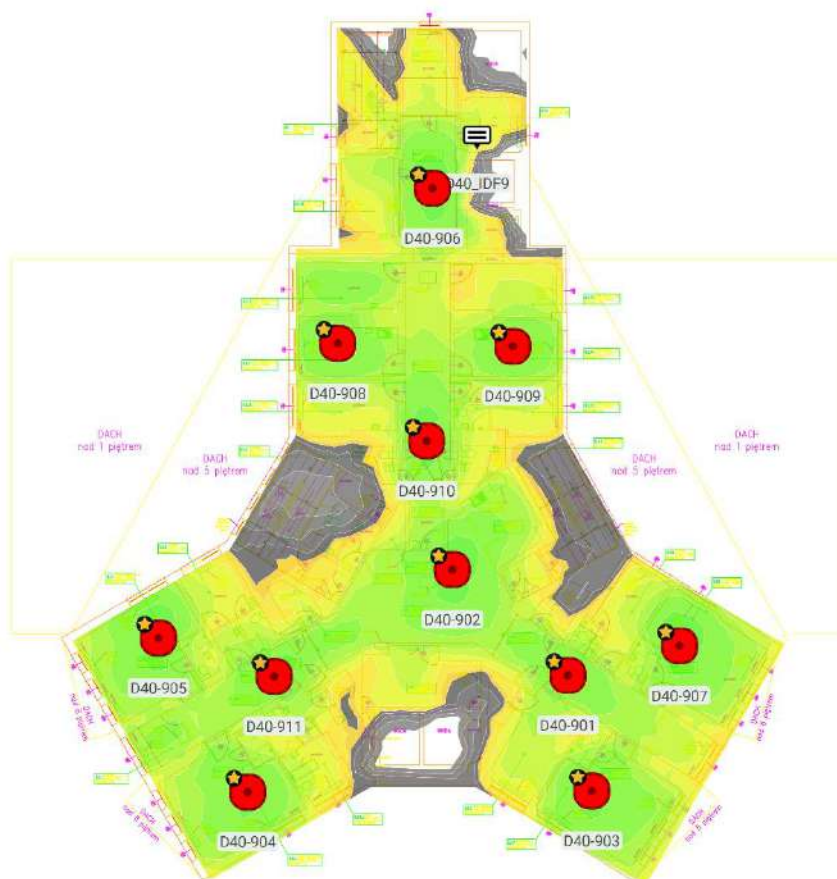


-85 dBm -67 -30 dBm



### 9.1.14.3. D40\_9\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz

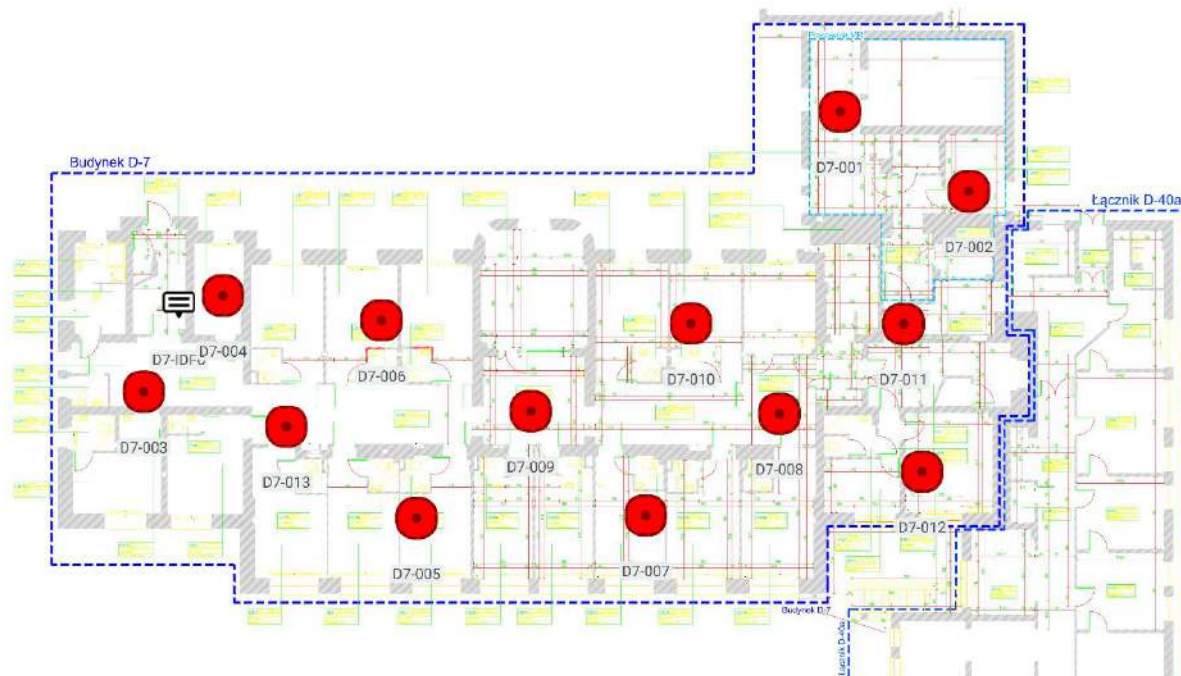
9 piętro



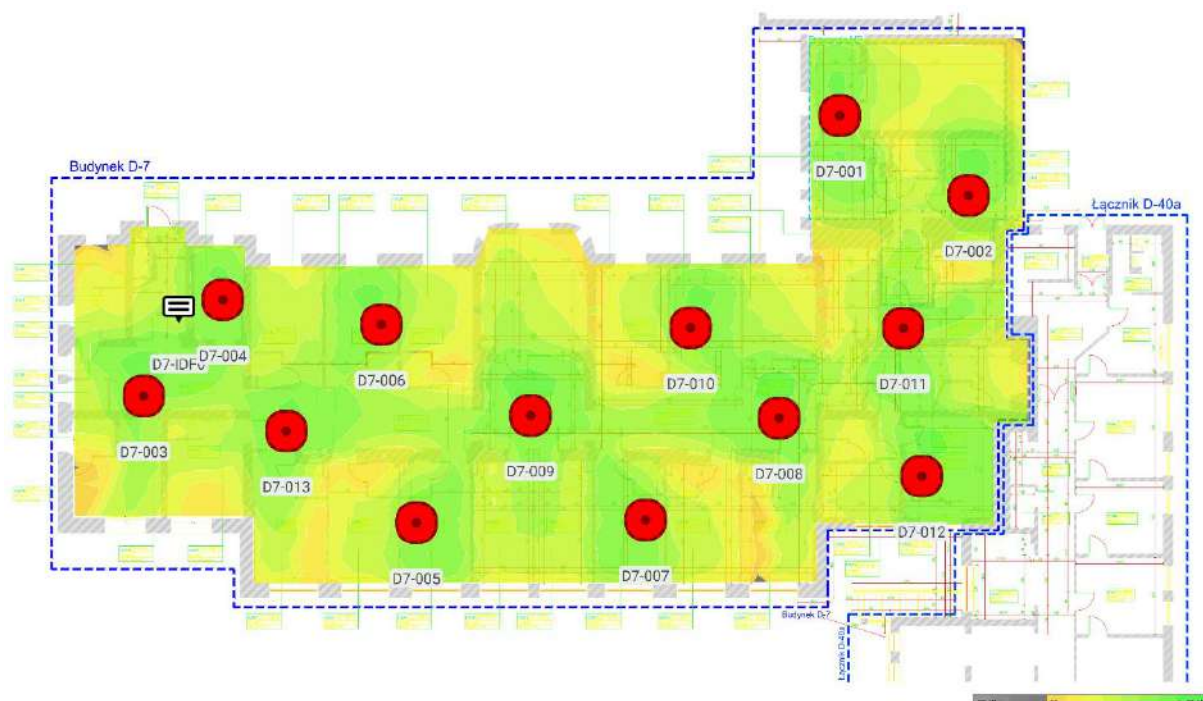
-85 dBm -67 ≥ -30 dBm



### 9.1.15. D7 Parter- rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

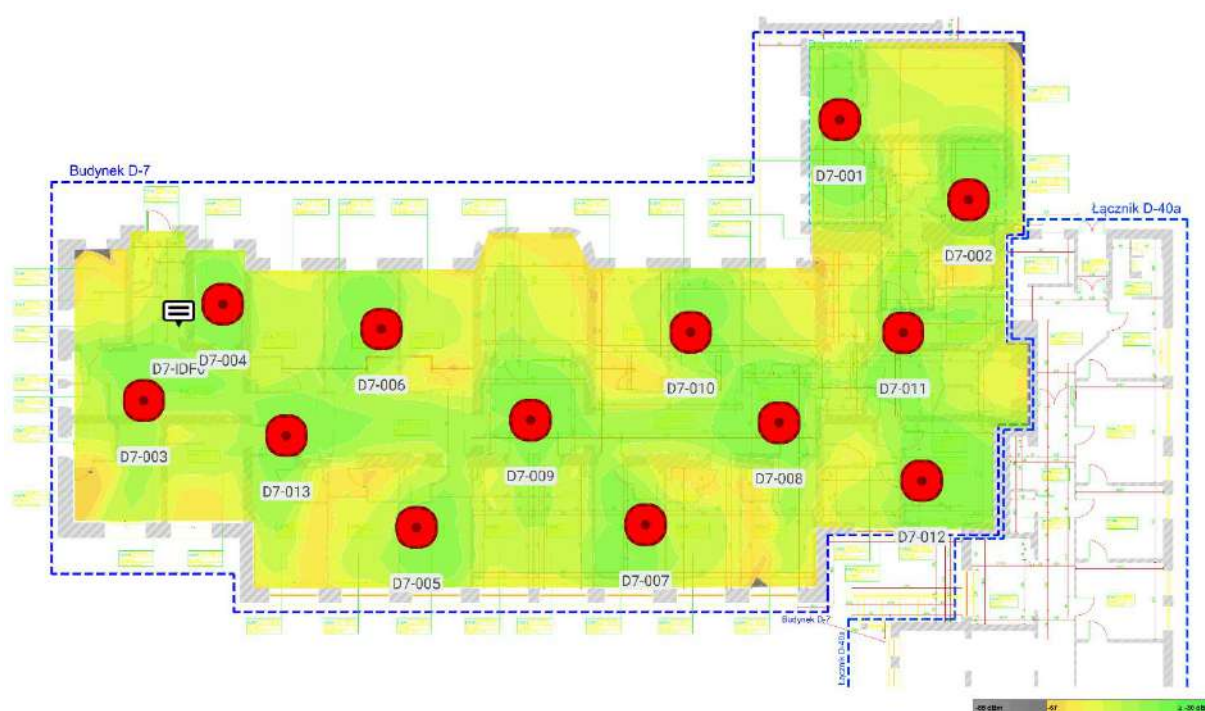


#### 9.1.15.1. D7 Parter - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

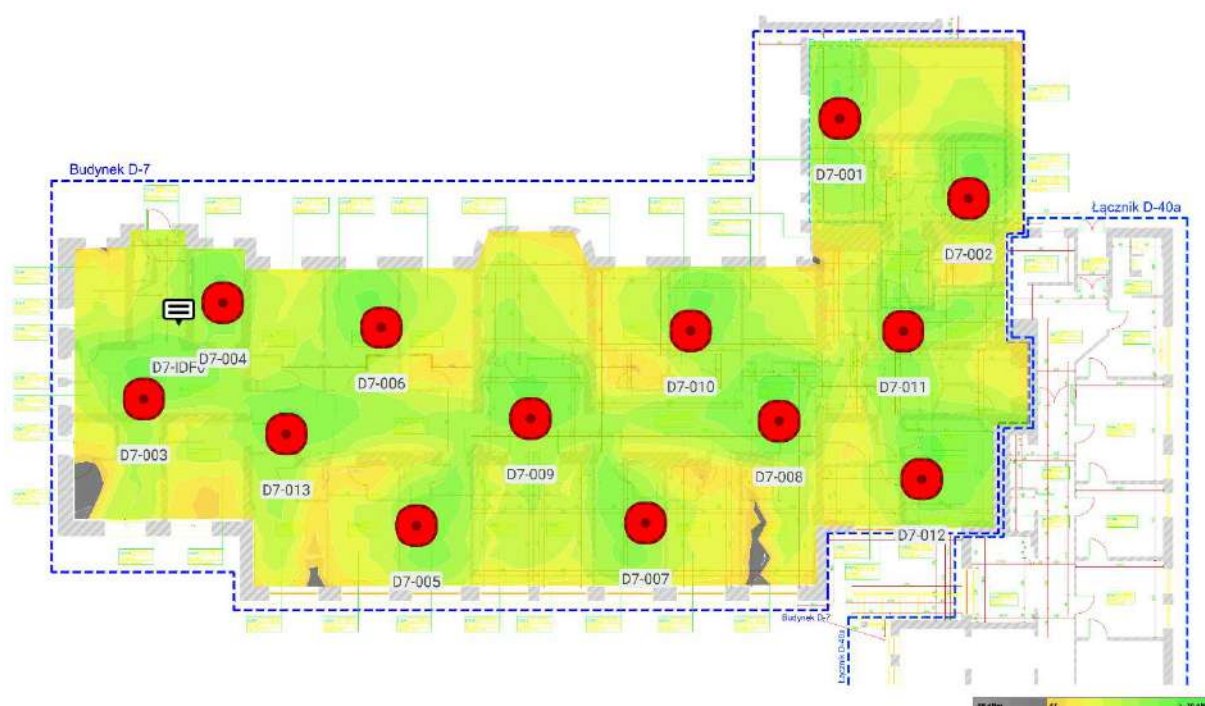




### 9.1.5.2. D7 Parter - siła sygnału w paśmie 5 GHz

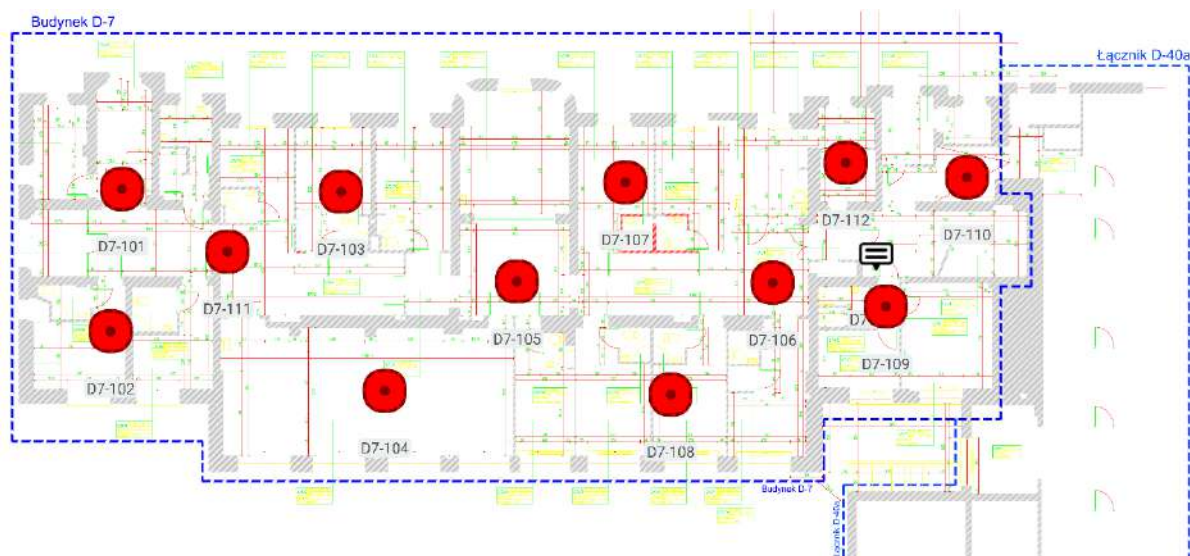


### 9.1.15.3. D7 Parter - siła sygnału w paśmie 6 GHz

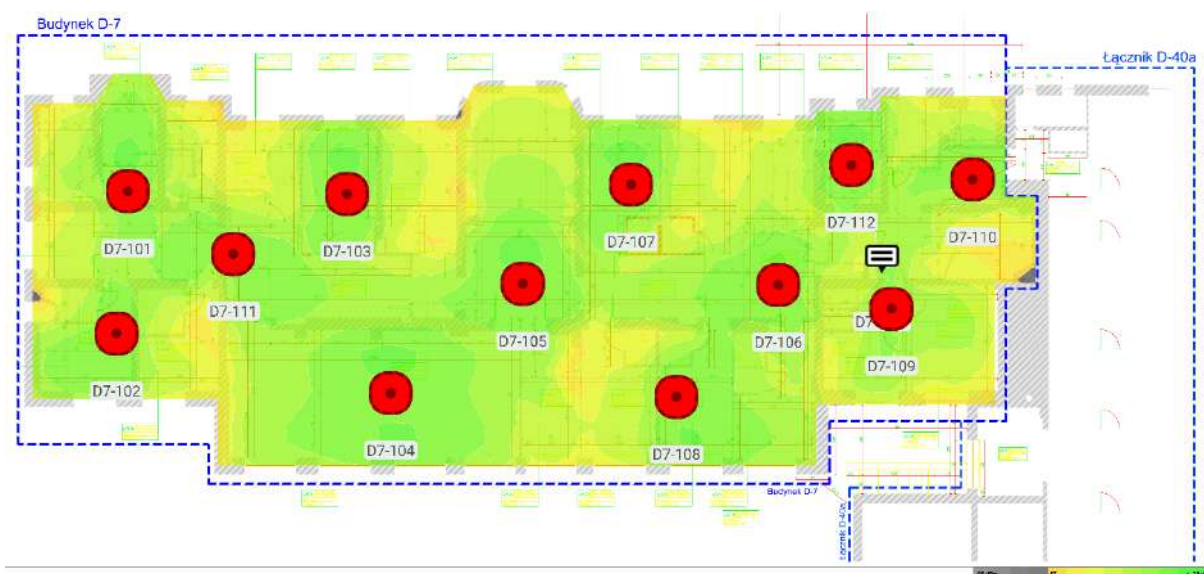




### 9.1.16. D7\_Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

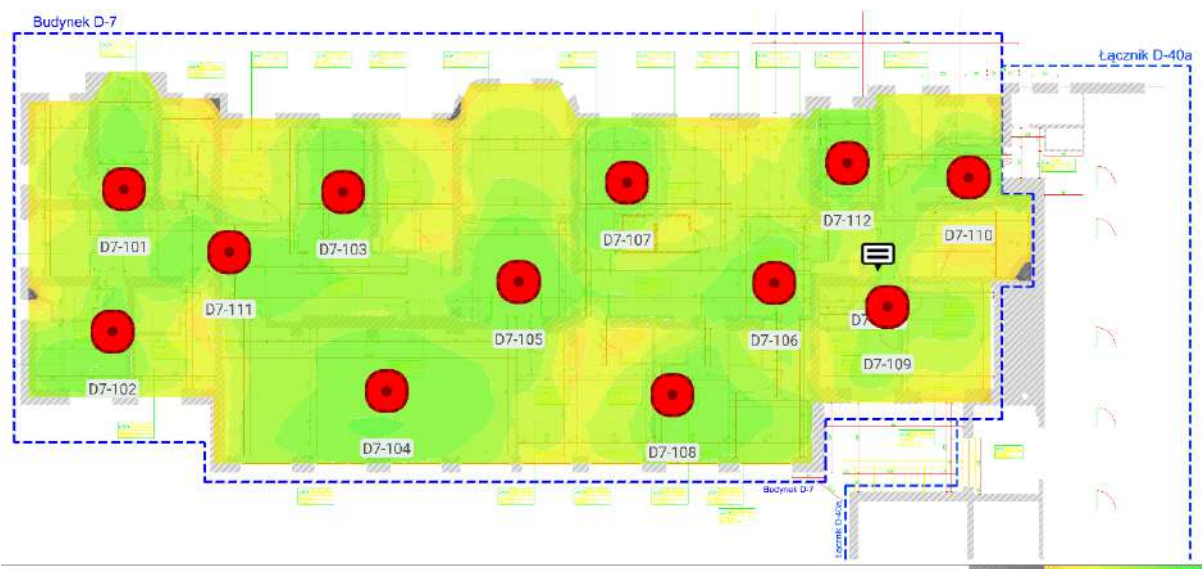


#### 9.1.16.1. D7\_Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





### 9.1.16.2. D7\_Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz

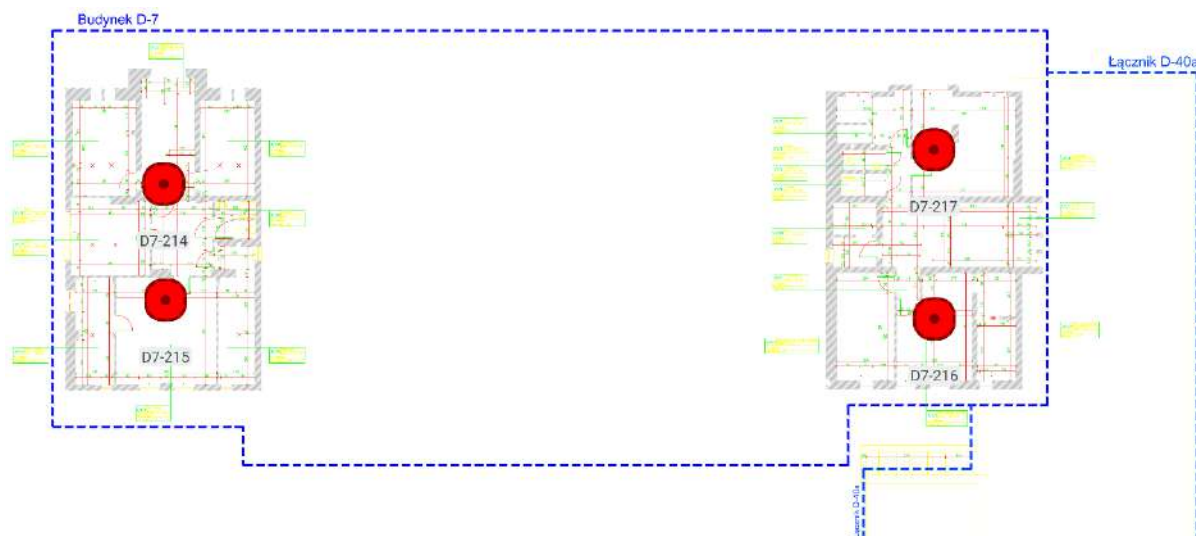


### 9.1.16.3. D7\_Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz

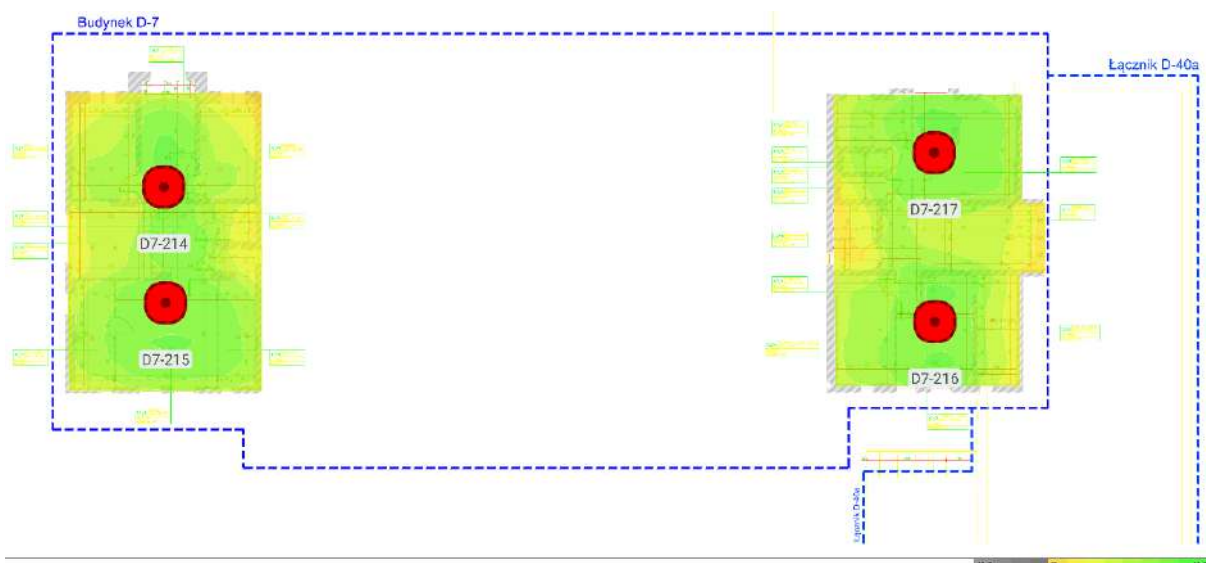




### 9.1.17. D7\_2 Piętro - rozmieszczenie punktów dostępowych (AP)

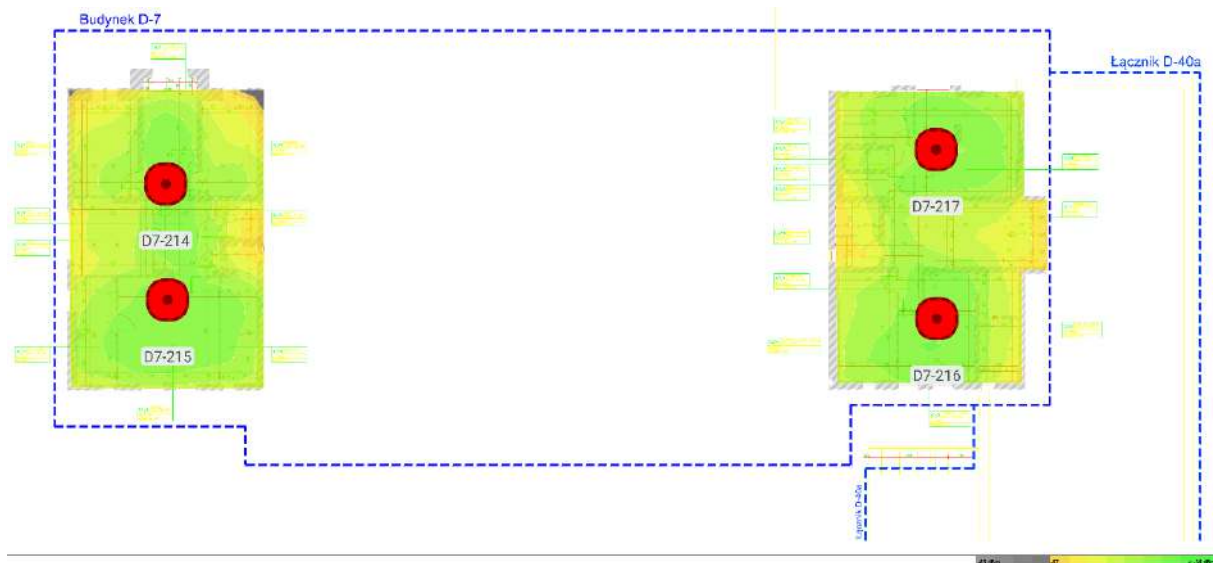


#### 9.1.17.1. D7\_2 Piętro - siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

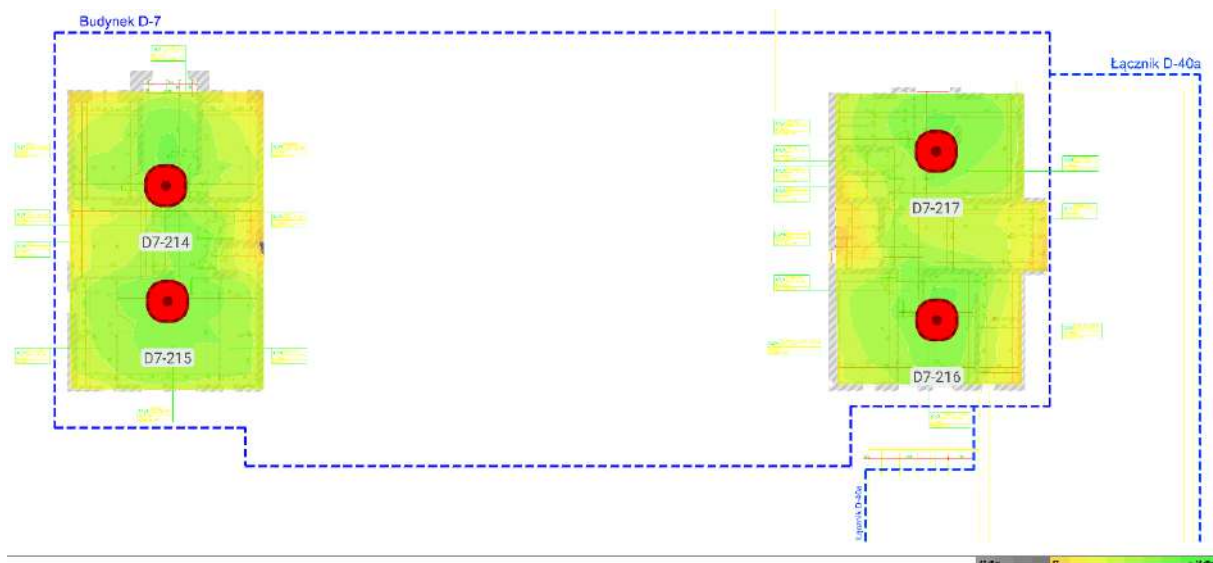




### 9.1.17.2. D7\_2 Piętro - siła sygnału w paśmie 5 GHz



### 9.1.17.3. D7\_2 Piętro - siła sygnału w paśmie 6 GHz



## 9.2. Pomiary sieci WLAN

### 9.2.1. Założenia i ustawienia pomiarów terenowych

Pomiary wykonano przy użyciu oprogramowania Ekahau Connect 11.8.7.1 oraz interfejsu pomiarowego Ekahau SideKick 2 w 25 punktach na terenie szpitala wykorzystując do tego maszt oraz punkt dostępowy AP Ubiquiti U7 Pro XGS. Wyniki pomiarów zostały wykorzystane do weryfikacji planowania sieci WLAN.



## 9.2.2. Ustawienia punktów dostępowych

- a) Podczas pomiarów punkty dostępowe były ustawione z niższą mocą w paśmie 2,4 GHz niż w paśmie 5 GHz, aby obserwować propagację fali w 2,4 GHz z późniejszym celem ograniczenia zakłóceń w tym paśmie. Każdy z mierzonych AP miał zapas mocy, co pozwala stwierdzić, że pomiary w pełni pokrywają teoretyczny zasięg. Wyższą moc można bezpiecznie stosować w paśmie 5 GHz, 6GHz gdzie dostępnych jest wiele kanałów niezakłócających się nawzajem. W paśmie 2,4 GHz należy uważać na wysoki poziom mocy, ponieważ tylko 3 kanały (1, 6, 11) są niezależne i nie zakłócają się wzajemnie.

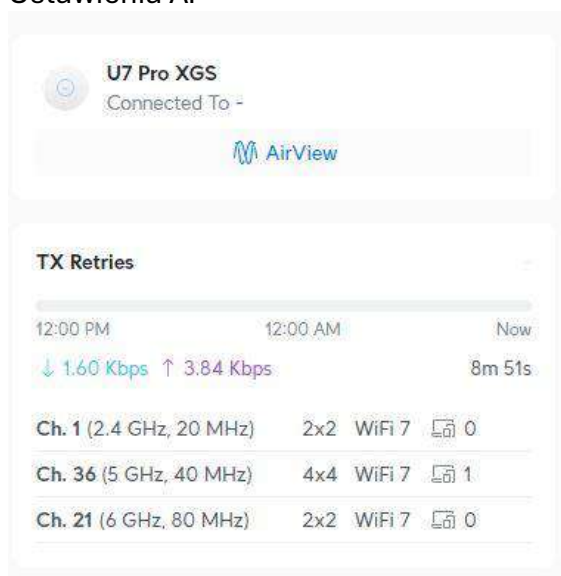
- b) W każdym punkcie pomiarowym propagowano trzy SSID :

SSID 2,4GHz:            Pomiar\_2Ghz

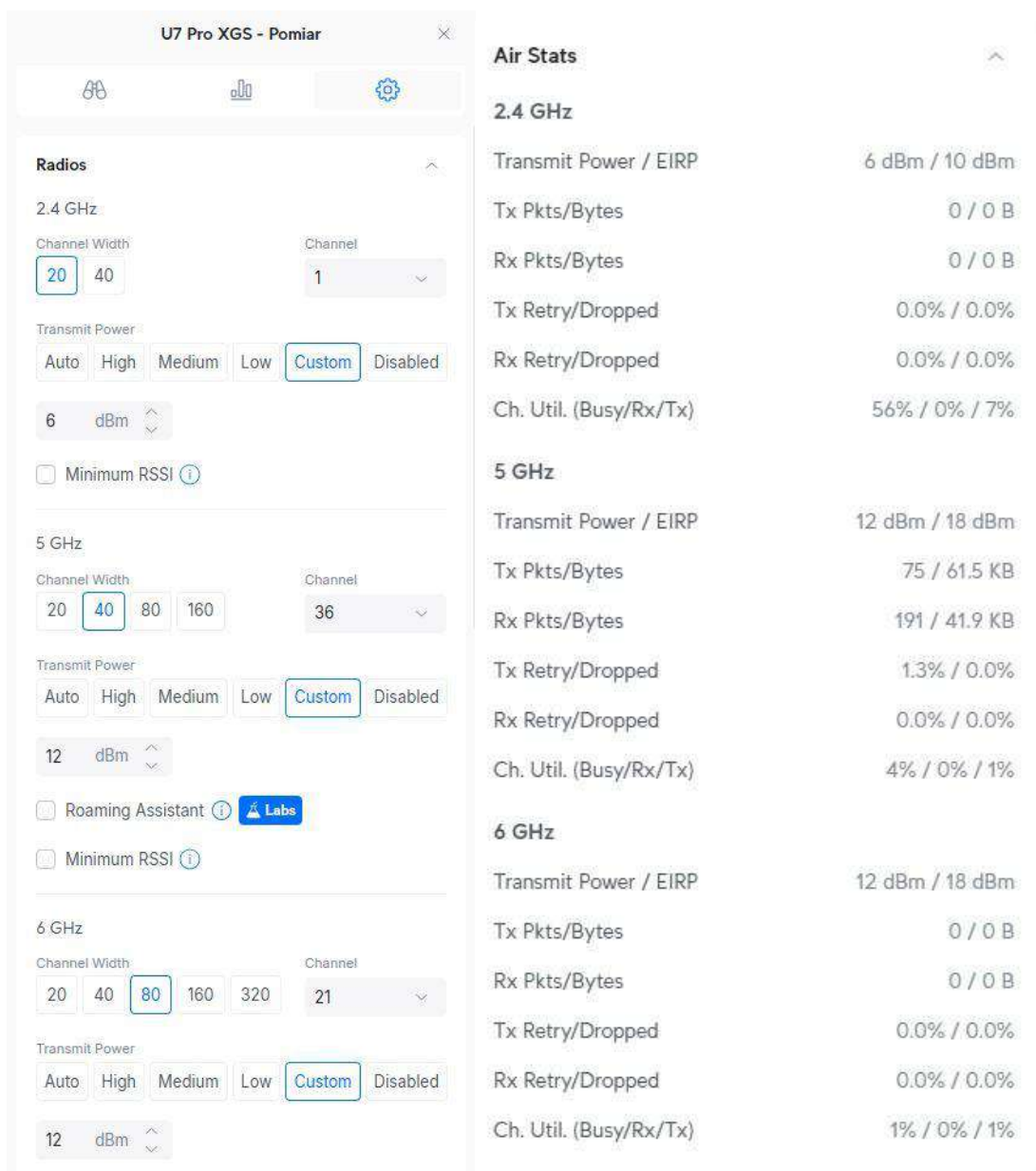
SSID 5GHz:            Pomiar\_5Ghz

SSID 6GHz:            Pomiar\_6Ghz

- c) Ustawienia AP



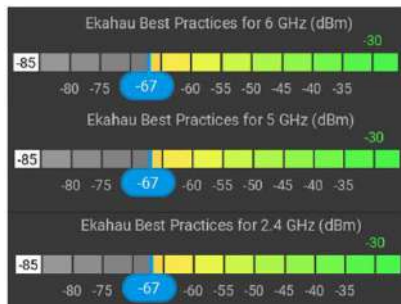




### 9.2.2. Wyniki pomiarów w poszczególnych punktach

Skala mierzonej siły sygnału w paśmie 2,4 GHz, 5 GHz oraz 6 GHz dla wszystkich punktów pomiarowych.





### 9.2.2.1. Punkt 1 wynik pomiaru budynek D40

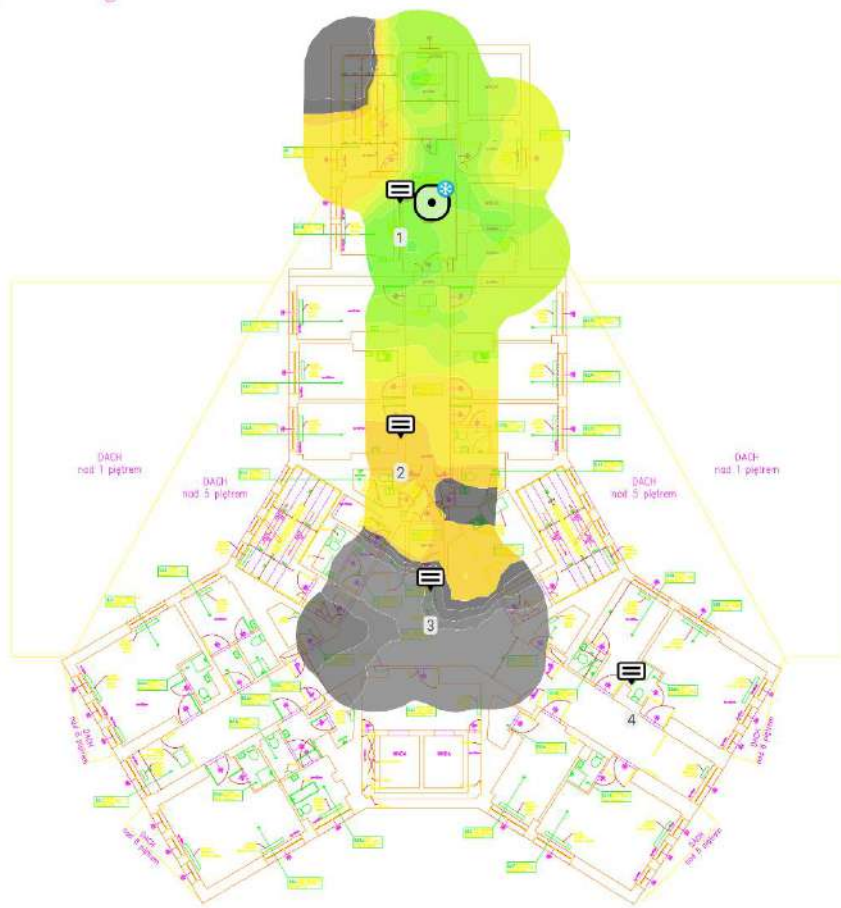
Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



# 9 piętro

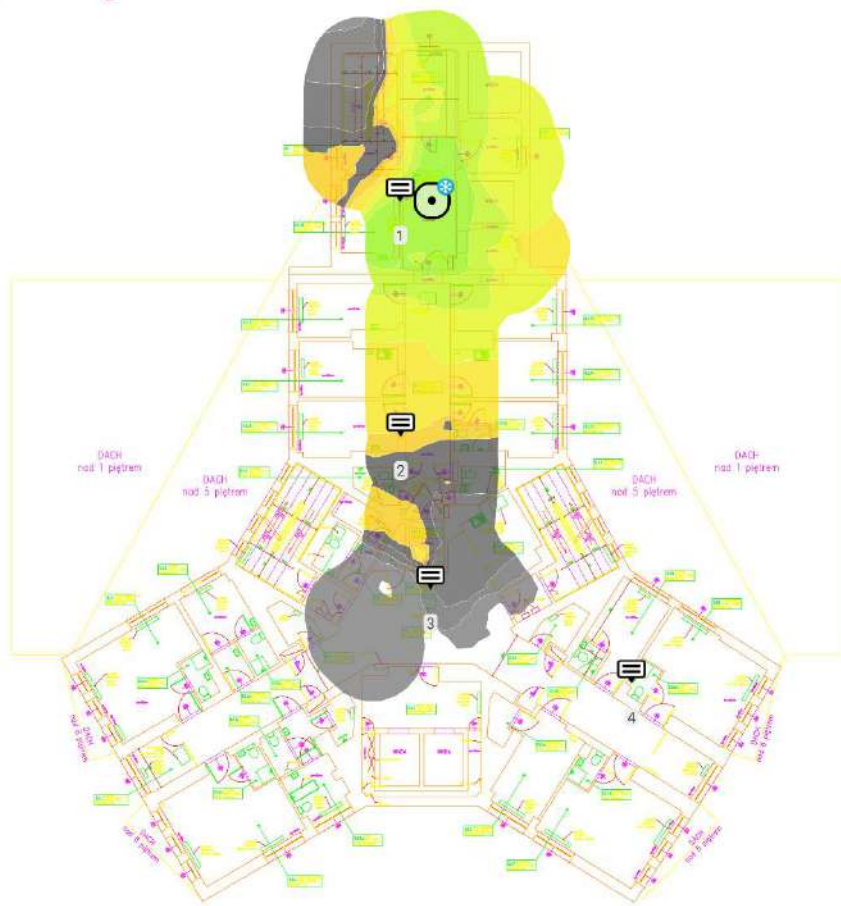


-85 dBm -67 -30 dBm

Siła sygnału w paśmie 6 GHz



# 9 piętro



-85 dBm -67 -30 dBm



#### 9.2.2.2. Punkt 2 wynik pomiaru budynek D40

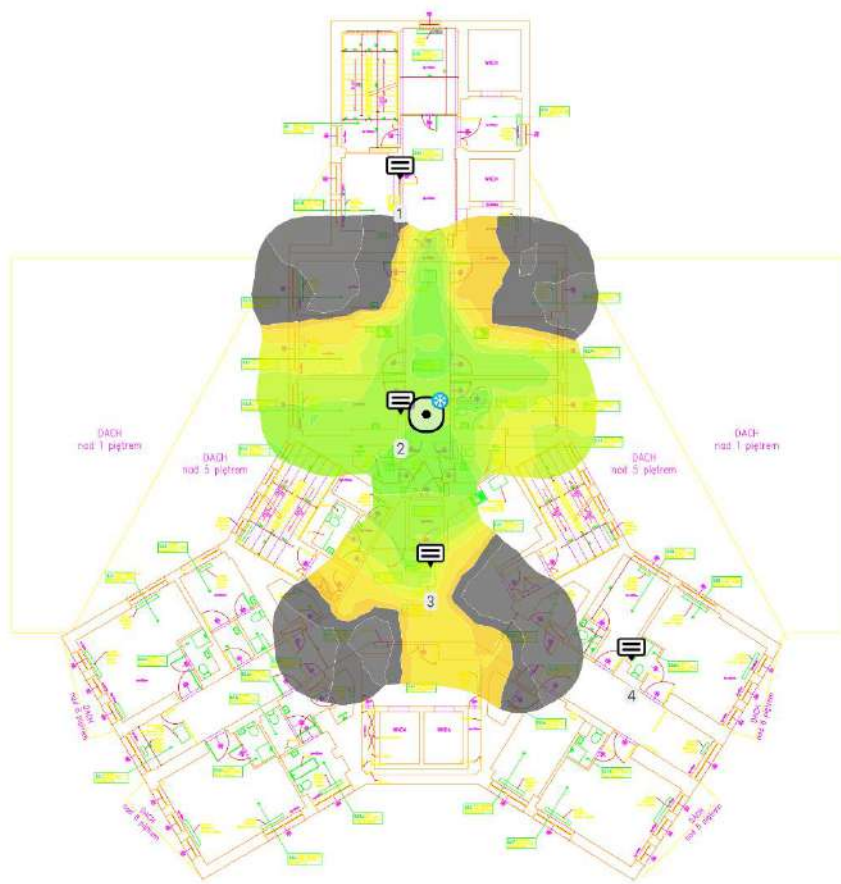
Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



# 9 piętro

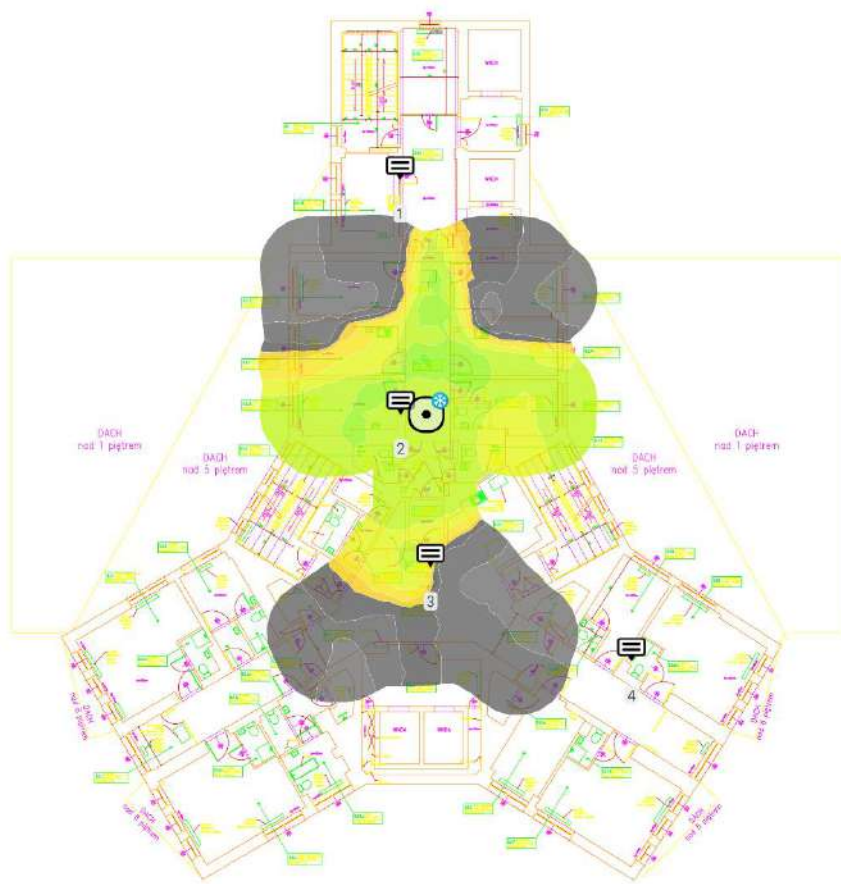


-85 dBm -67 -30 dBm

Siła sygnału w paśmie 6 GHz



# 9 piętro



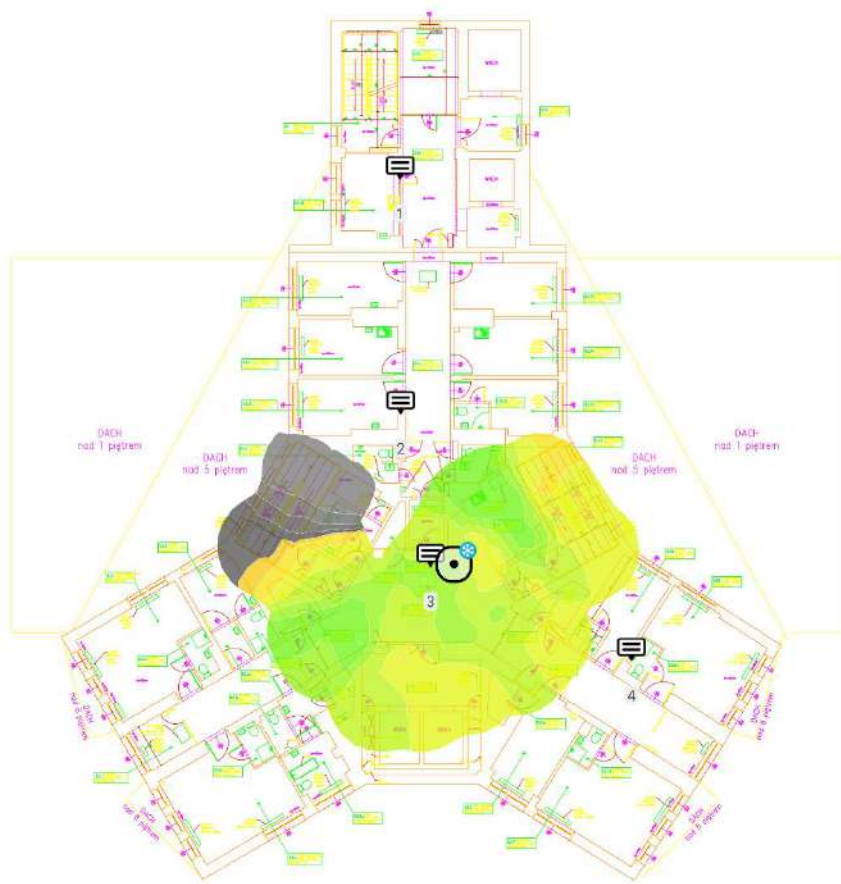
-85 dBm -67 ≥ -30 dBm

## 9.2.2.3. Punkt 3 wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



# 9 piętro

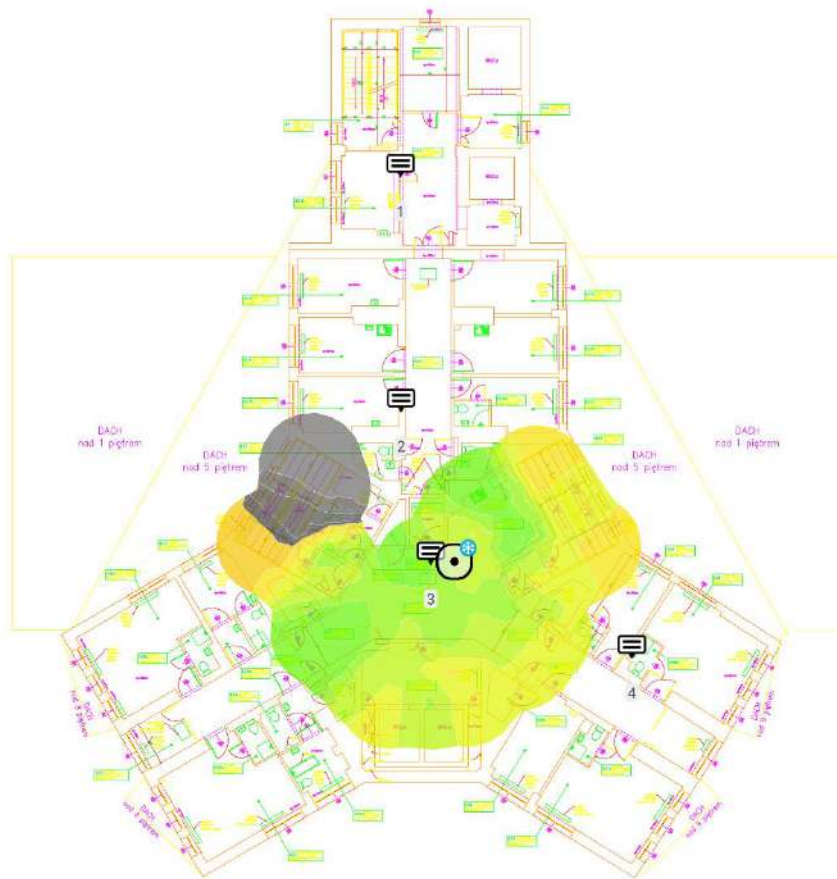


-85 dBm -67 -30 dBm

Siła sygnału w paśmie 5 GHz



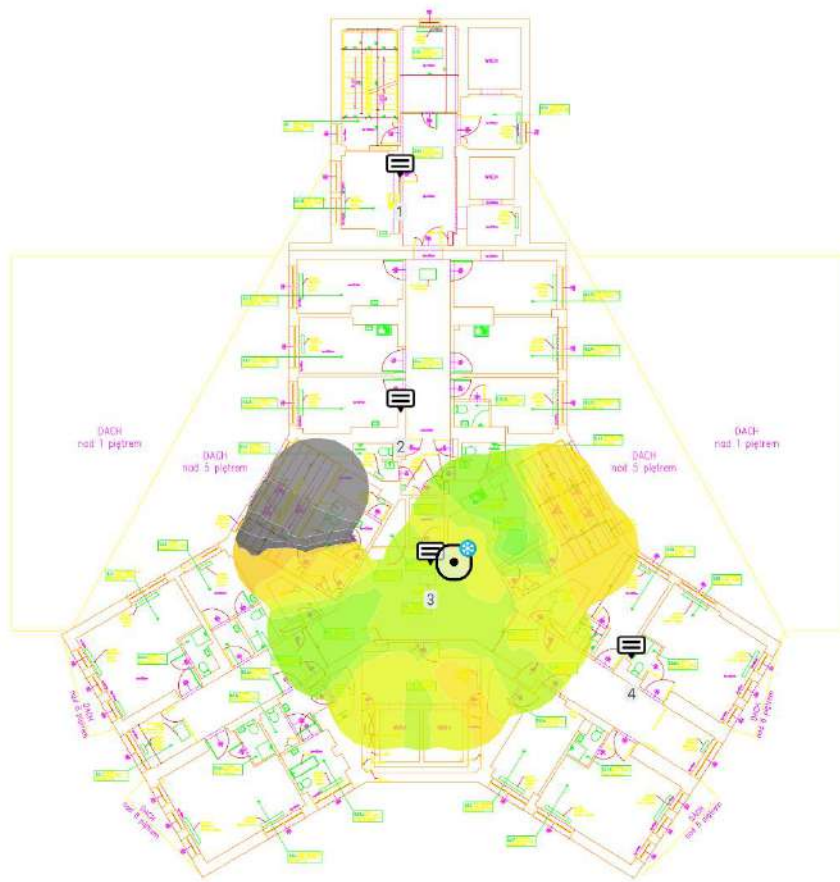
# 9 piętro



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



# 9 piętro



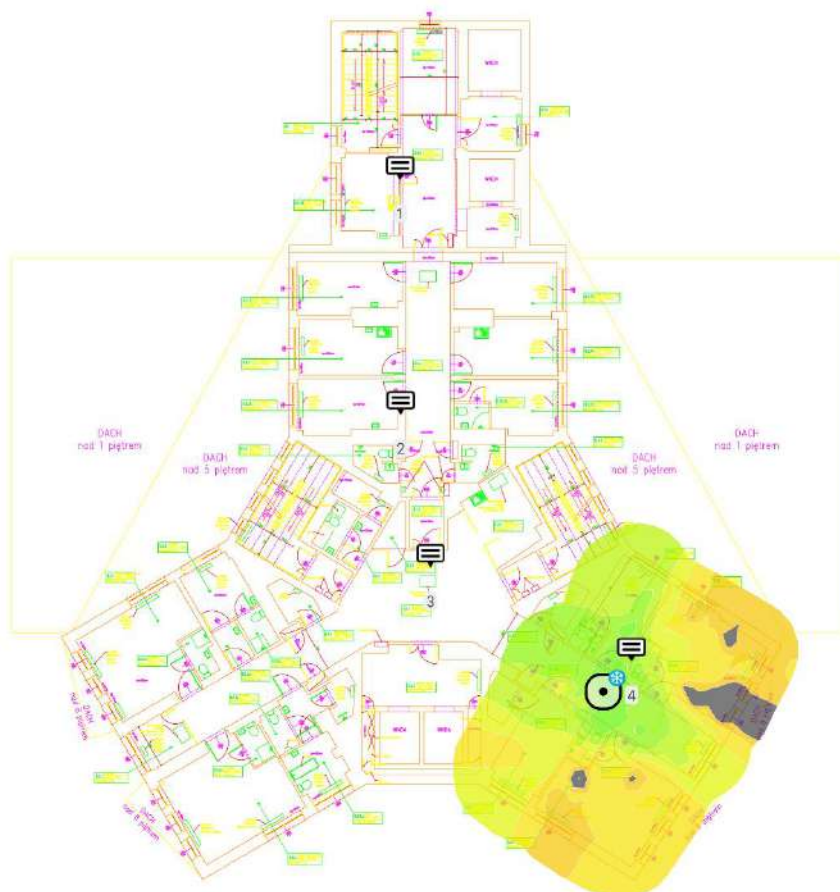
-85 dBm -67 ≥ -30 dBm

## 9.2.2.4. Punkt 4 wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



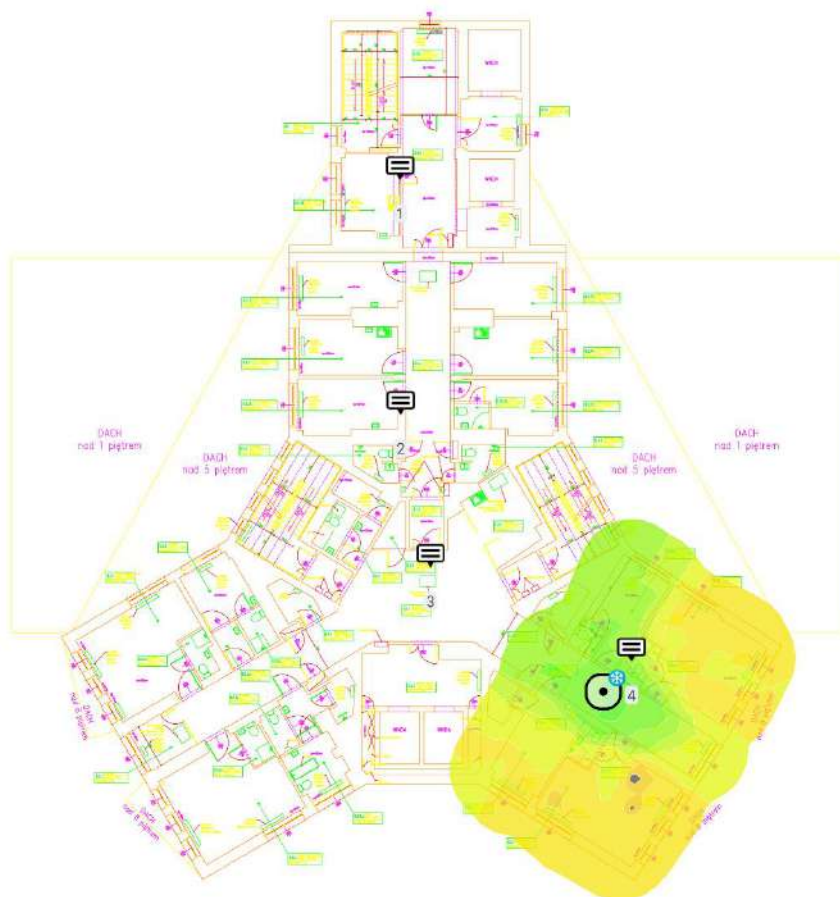
# 9 piętro



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



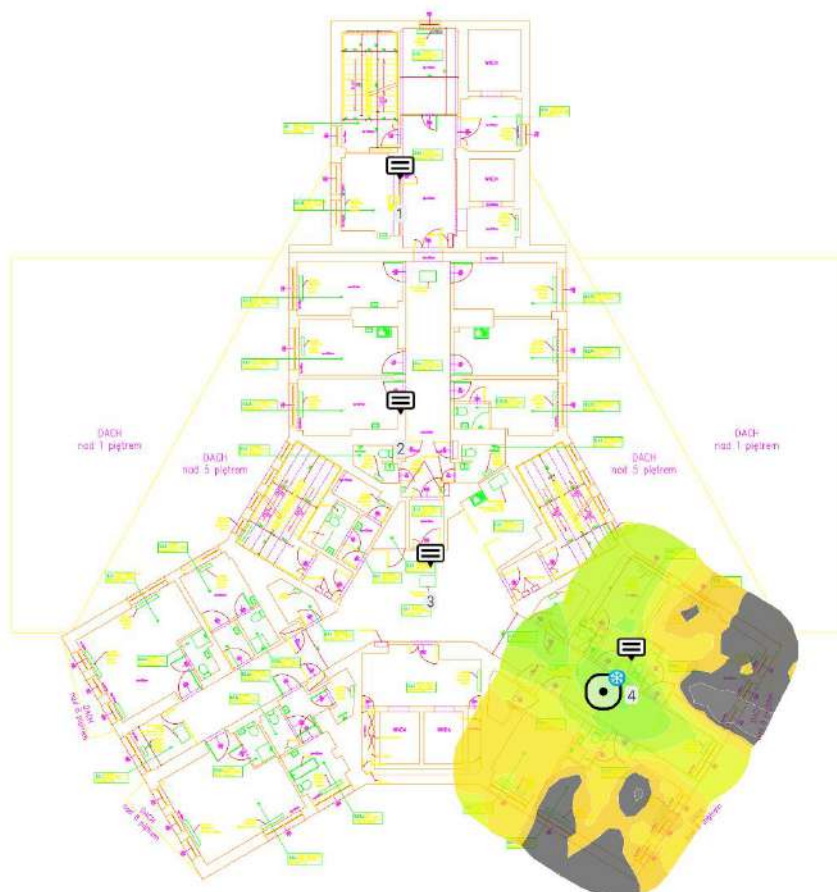
# 9 piętro



Siła sygnału w pasmie 6 GHz



# 9 piętro



-85 dBm -67 -30 dBm

## 9.2.2.5. Punkt 5 wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



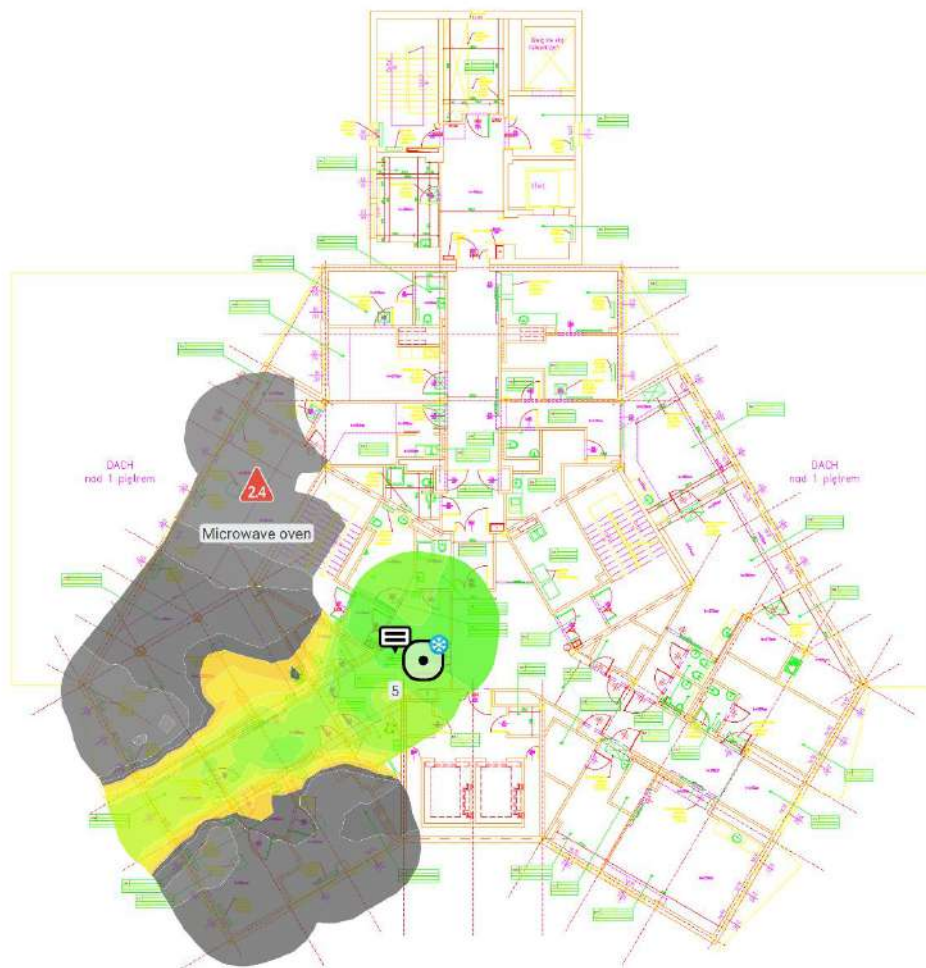
# 5 piętro



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



# 5 piętro



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



# 5 piętro



## 9.2.2.6. Punkt 6 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



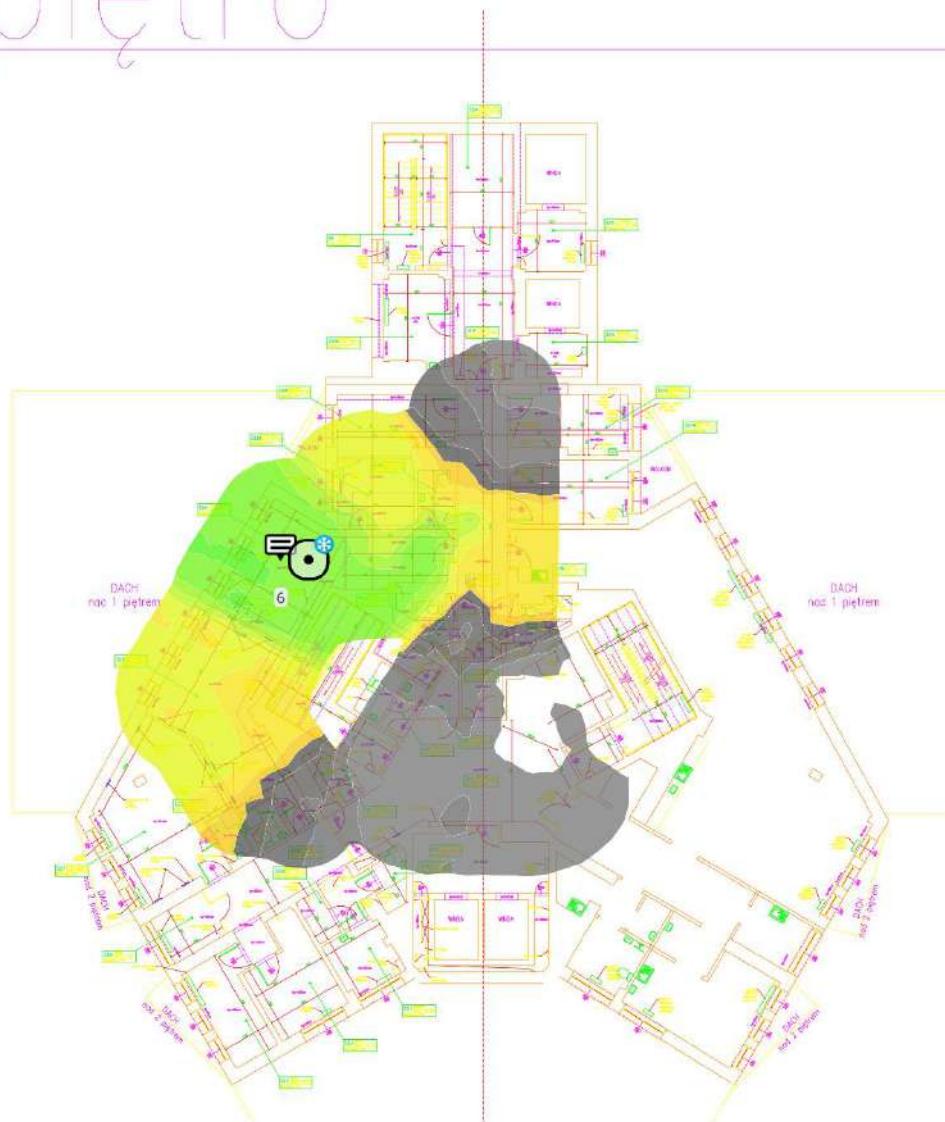
# 3 piętro



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



# 3 piętro



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



# 3 piętro



## 9.2.2.7. Punkt 7 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



parter



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



parter



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



parter



#### 9.2.2.8. Punkt 8 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



parter



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



parter



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



parter



#### 9.2.2.9. Punkt 9 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



parter



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



parter



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



parter



#### 9.2.2.10. Punkt 10 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



# 1 piętro



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



# 1 piętro



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



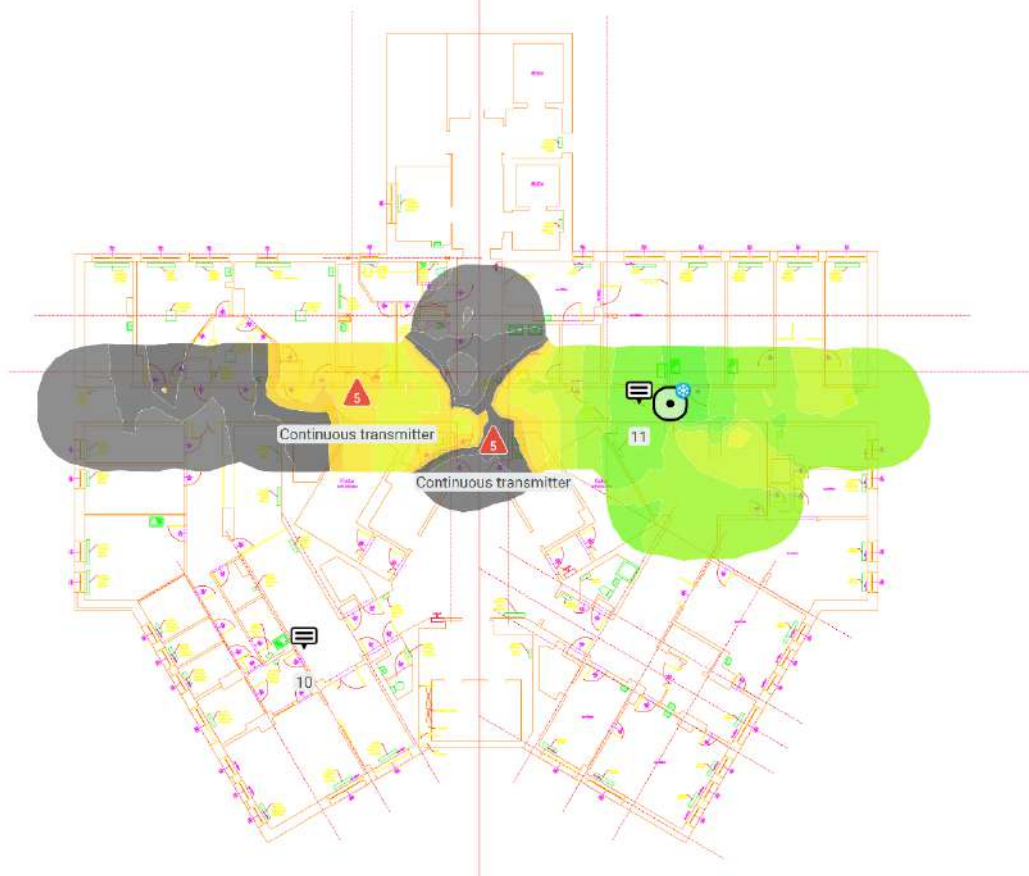


#### 9.2.2.11. Punkt 11 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



# 1 piętro



Siła sygnału w paśmie 5 GHz



# 1 piętro



Siła sygnału w paśmie 6 GHz



1 piętro



#### 9.2.2.12. Punkt 12 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



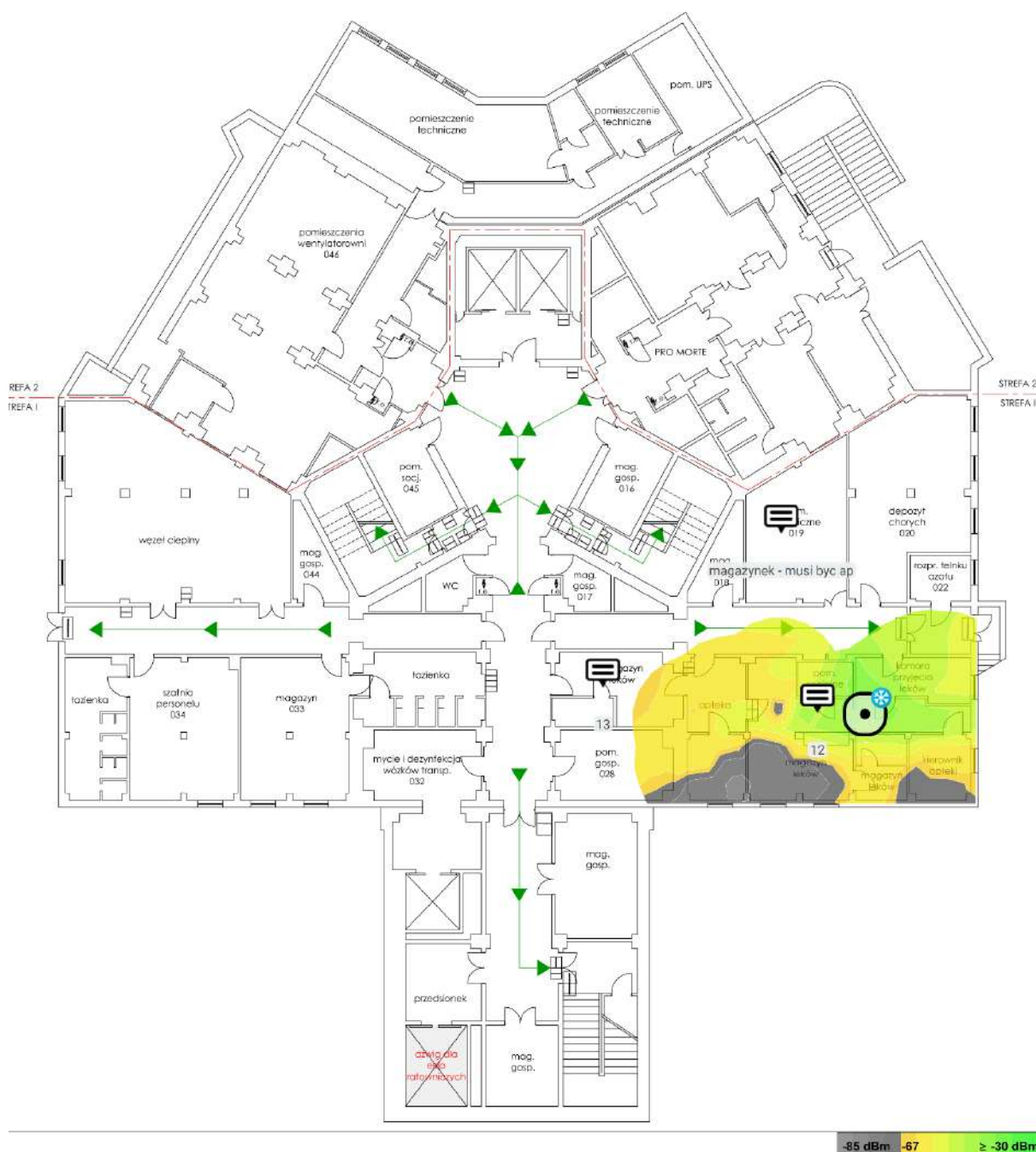








## PLAN PIWNICY



### 9.2.2.13. Punkt 13 – wynik pomiaru budynek D40

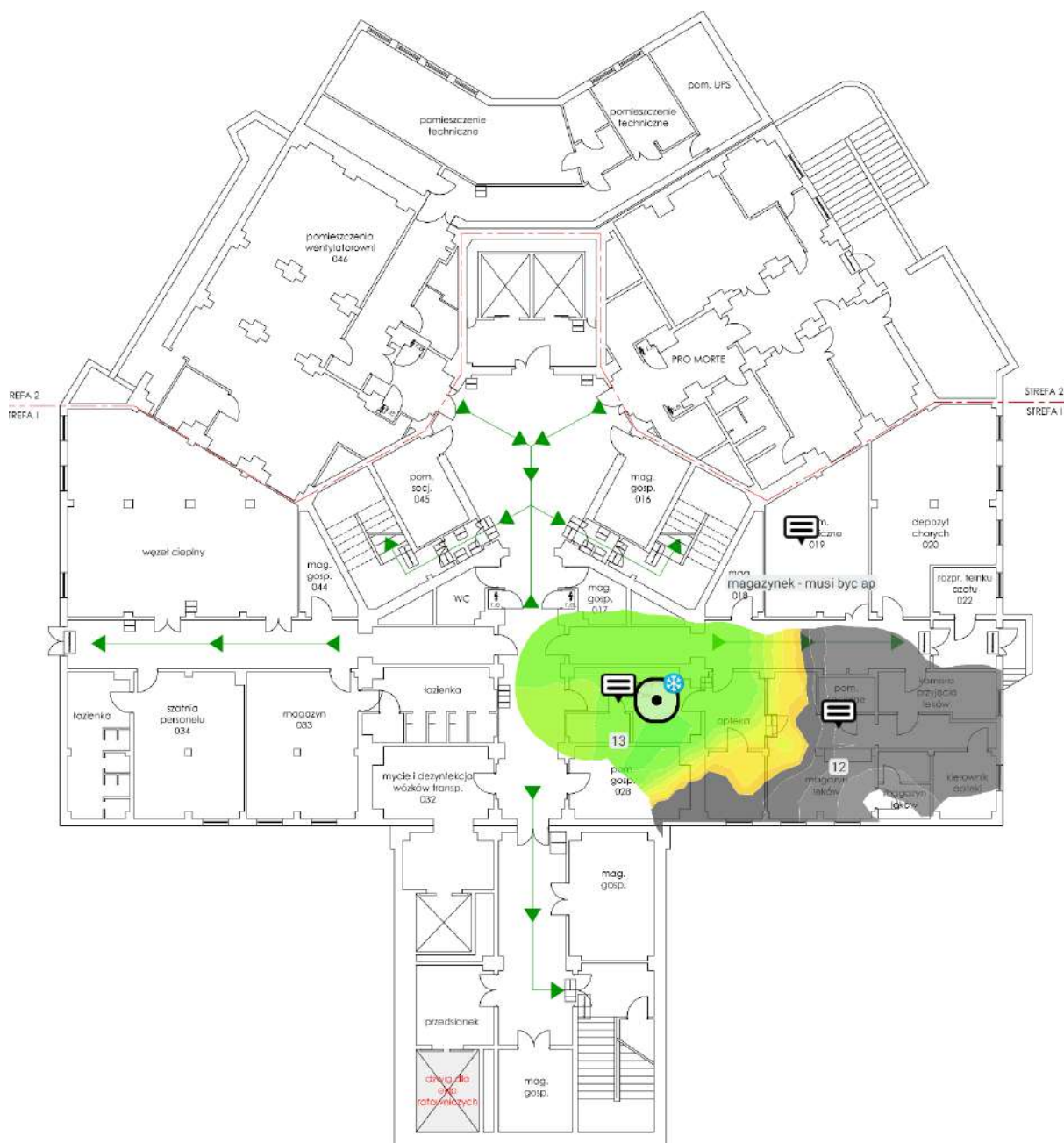
Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz







## PLAN PIWNICY



Siła sygnału w paśmie 6 GHz









Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.15. Punkt 15 – wynik pomiaru budynek D40a

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.16. Punkt 16 – wynik pomiaru budynek D40a

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.17. Punkt 17 – wynik pomiaru budynek D40a

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.18. Punkt 18 – wynik pomiaru budynek D40a

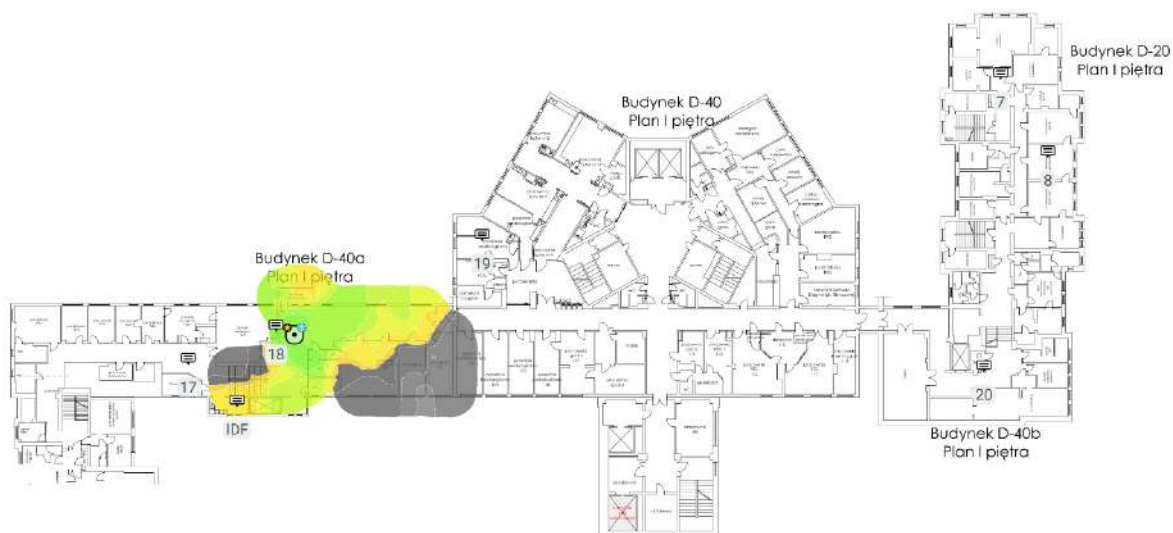
Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





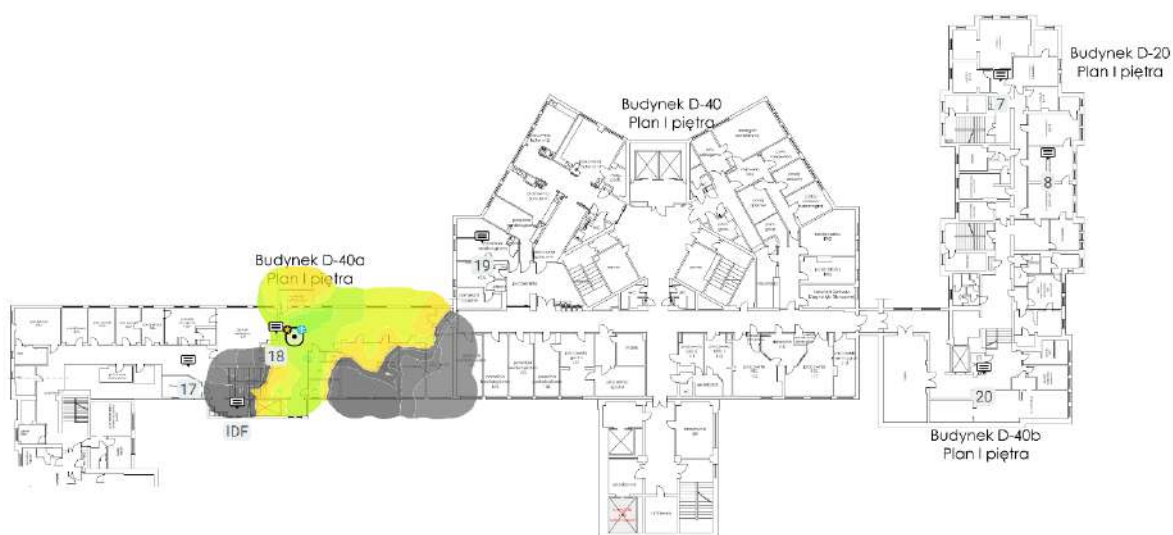
Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.19. Punkt 19 – wynik pomiaru budynek D40

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.20. Punkt 20 – wynik pomiaru budynek D40b

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz





Siła sygnału w paśmie 5 GHz





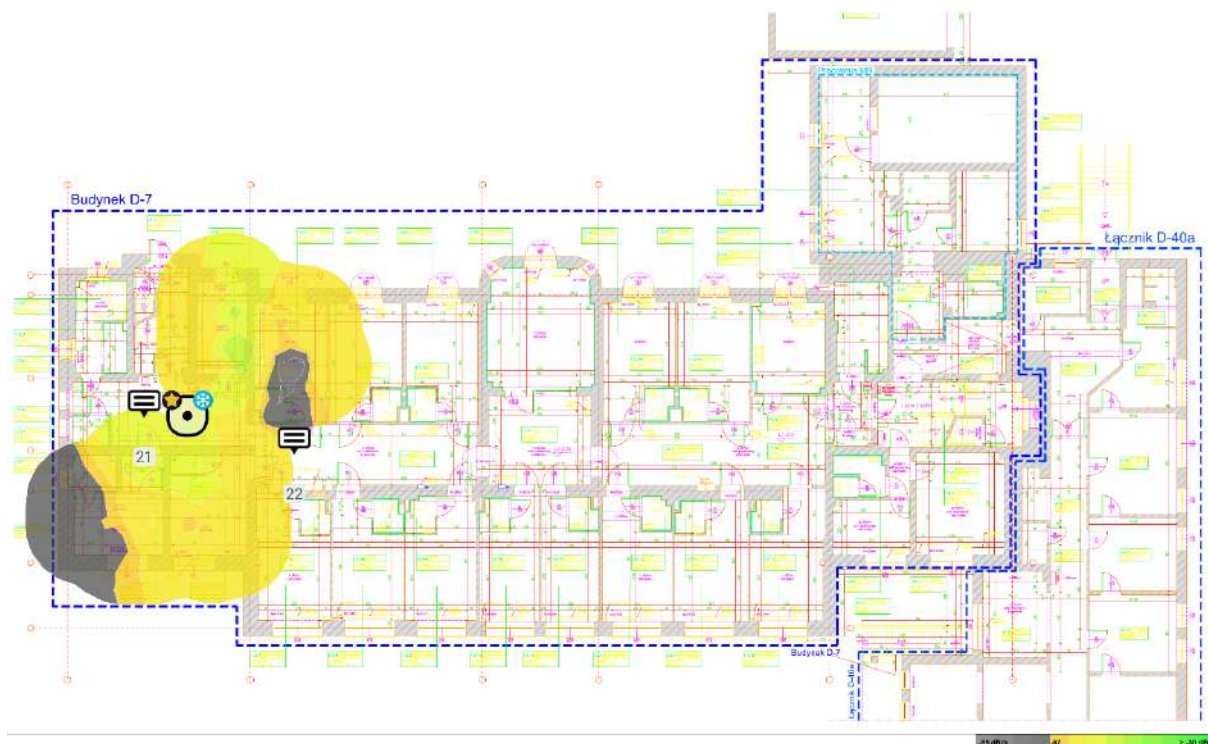
Siła sygnału w paśmie 6 GHz





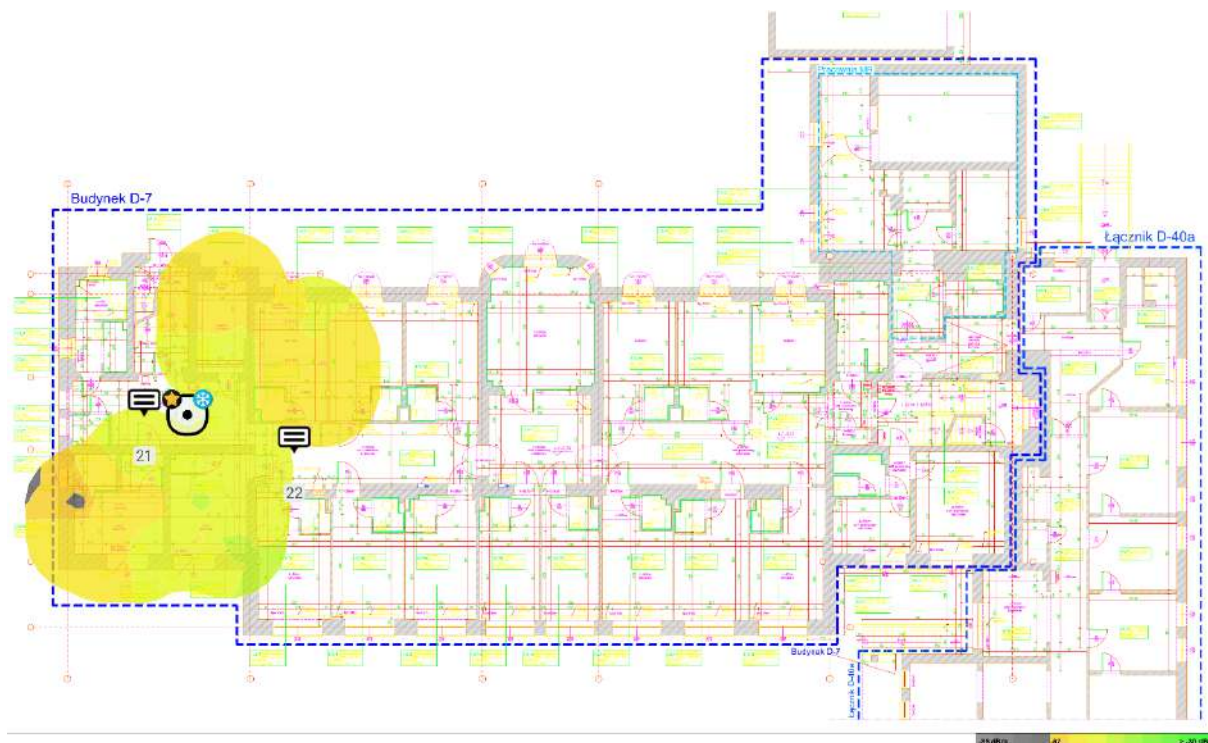
#### 9.2.2.21. Punkt 21 – wynik pomiaru budynek D7

Siła sygnału w paśmie 2,4, GHz

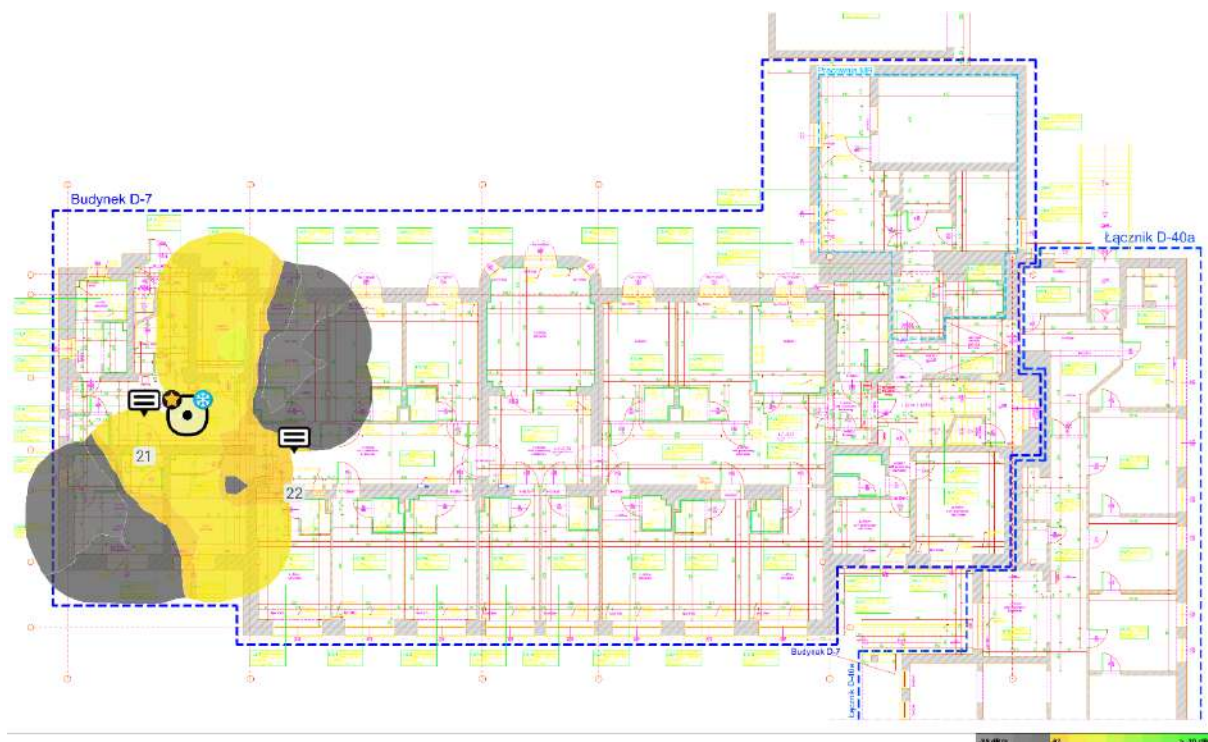




## Siła sygnału w paśmie 5 GHz



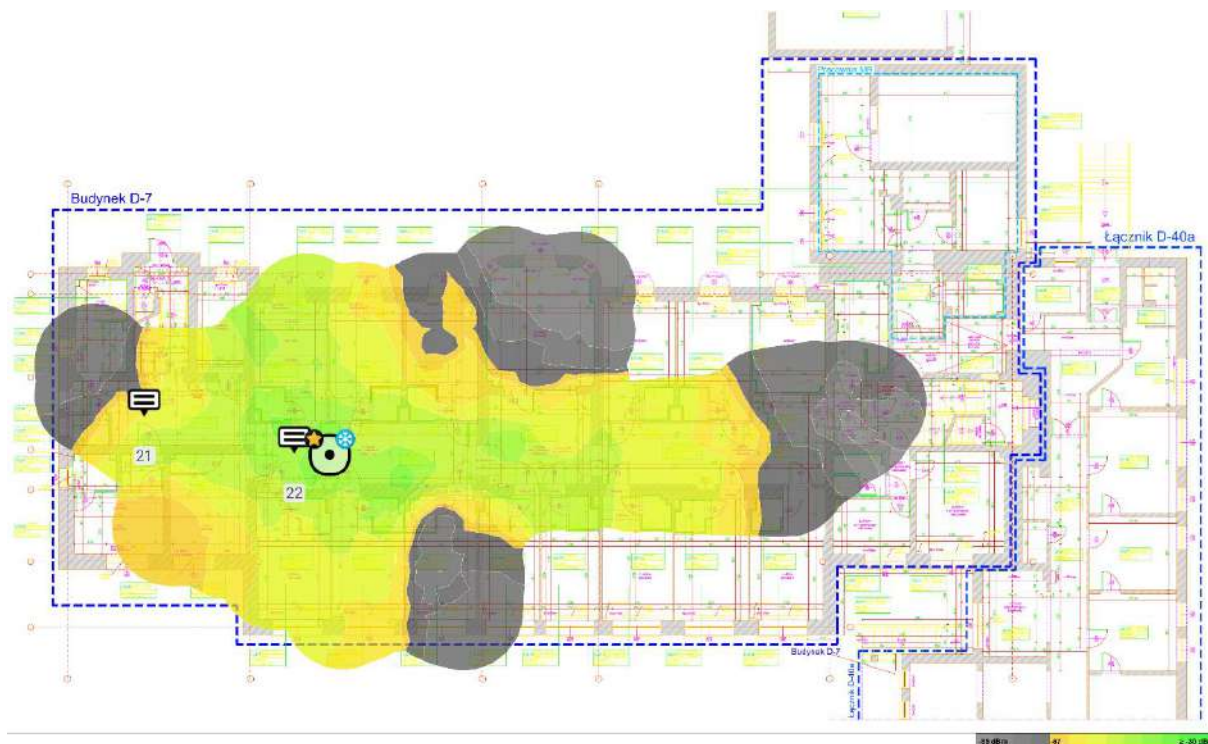
## Siła sygnału w paśmie 6 GHz





#### 9.2.2.22. Punkt 22 – wynik pomiaru budynek D7

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



Siła sygnału w paśmie 5 GHz





## Siła sygnału w paśmie 6 GHz



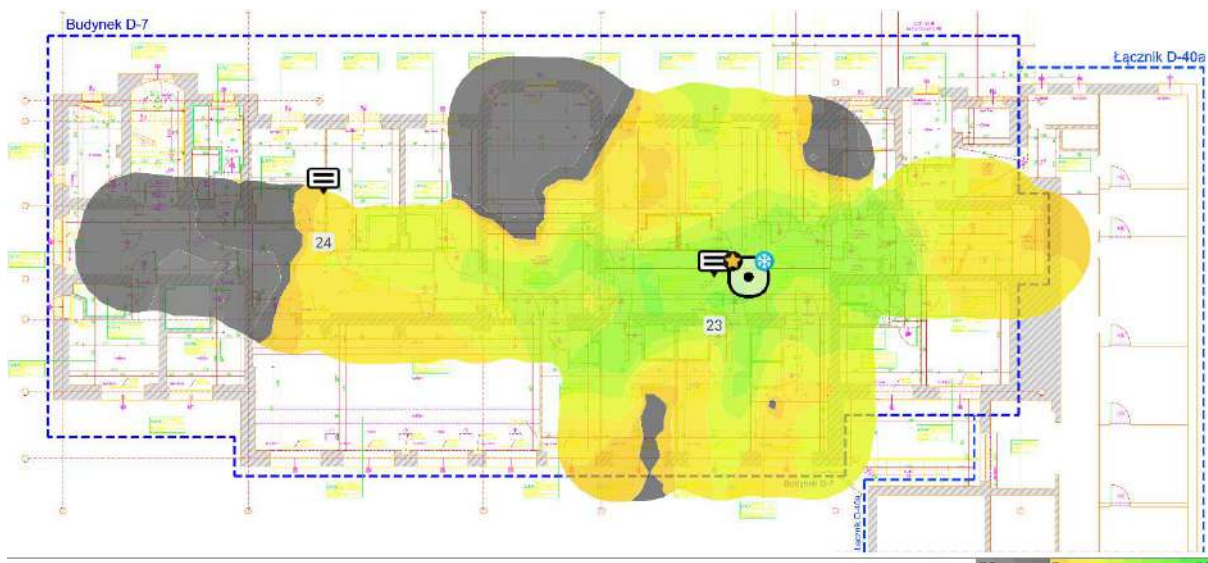
### 9.2.2.23. Punkt 23 – wynik pomiaru budynek D7

## Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

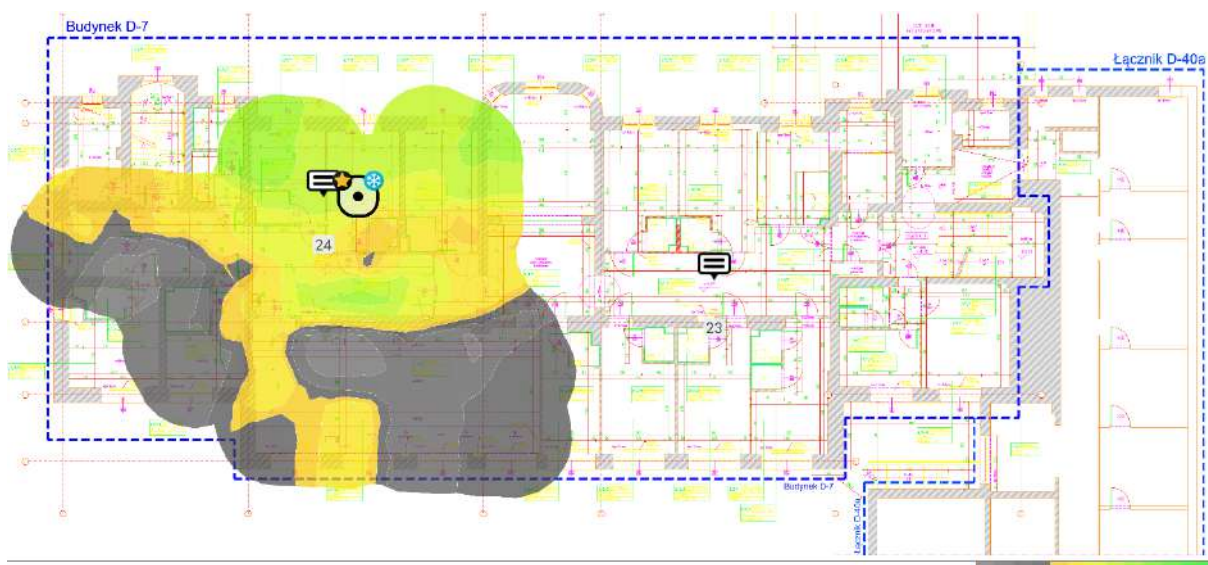


## Siła sygnału w paśmie 5 GHz





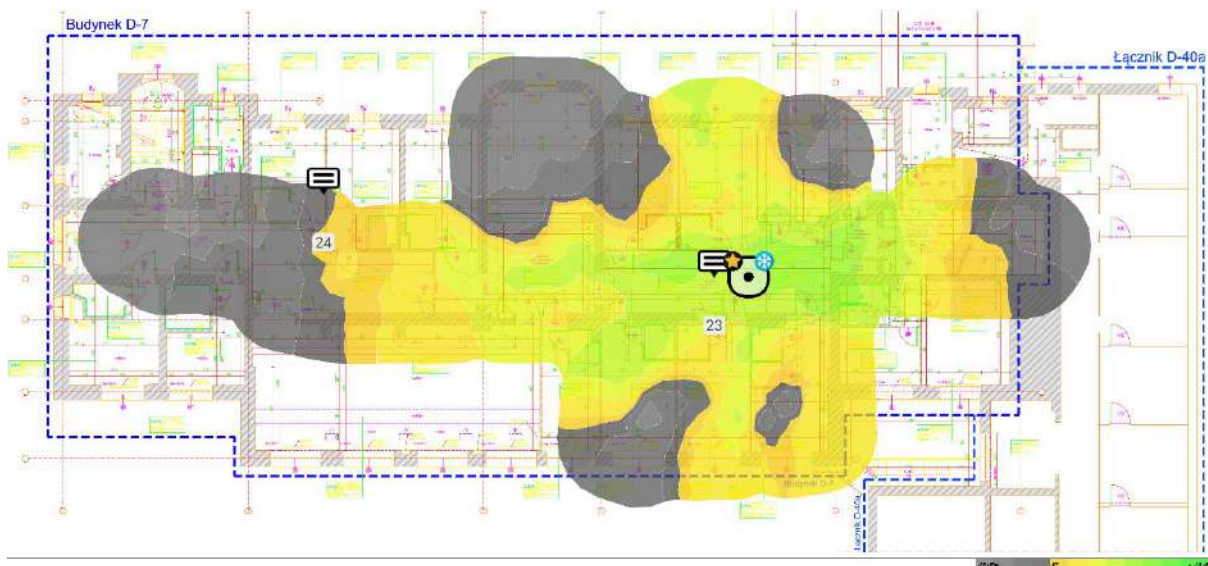
Siła sygnału w paśmie 6 GHz



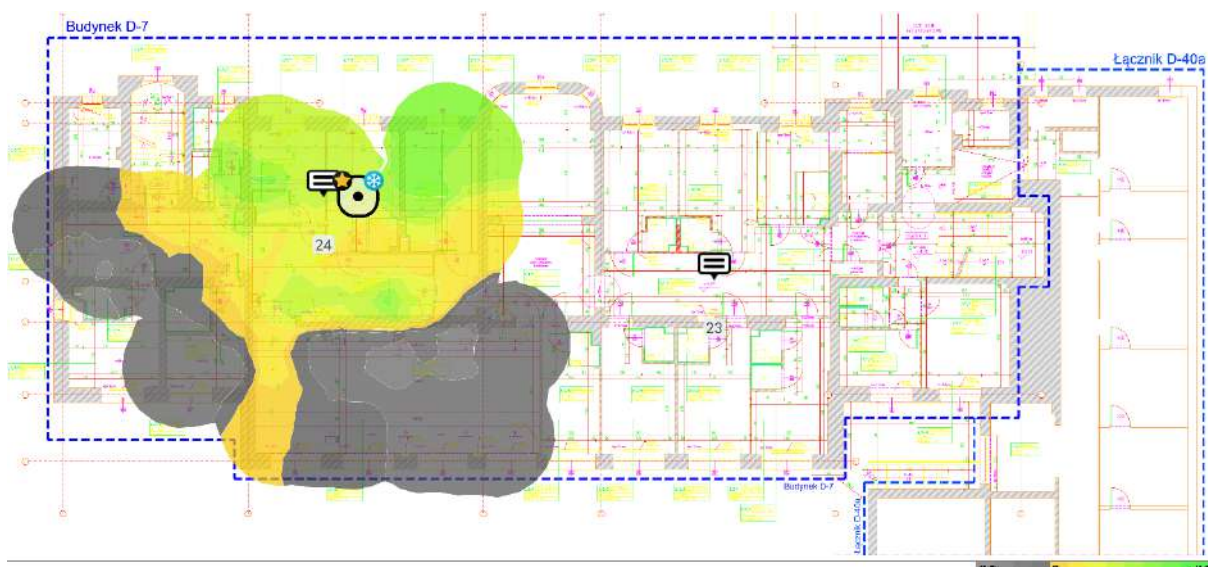
#### 9.2.2.24. Punkt 24 – wynik pomiaru budynek D7

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz



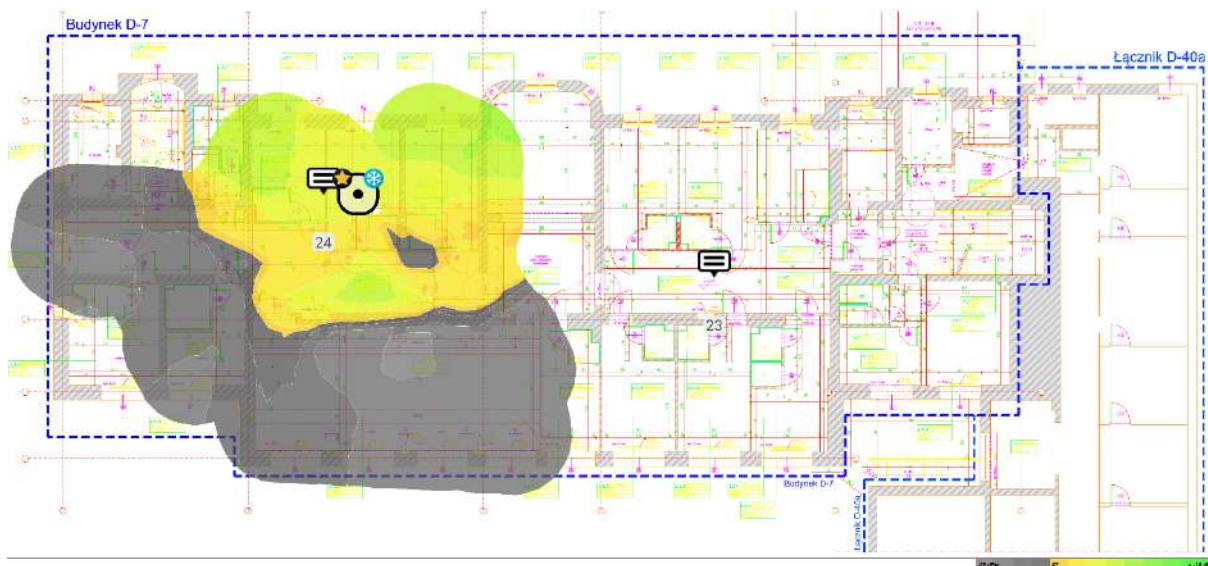


Siła sygnału w paśmie 5 GHz



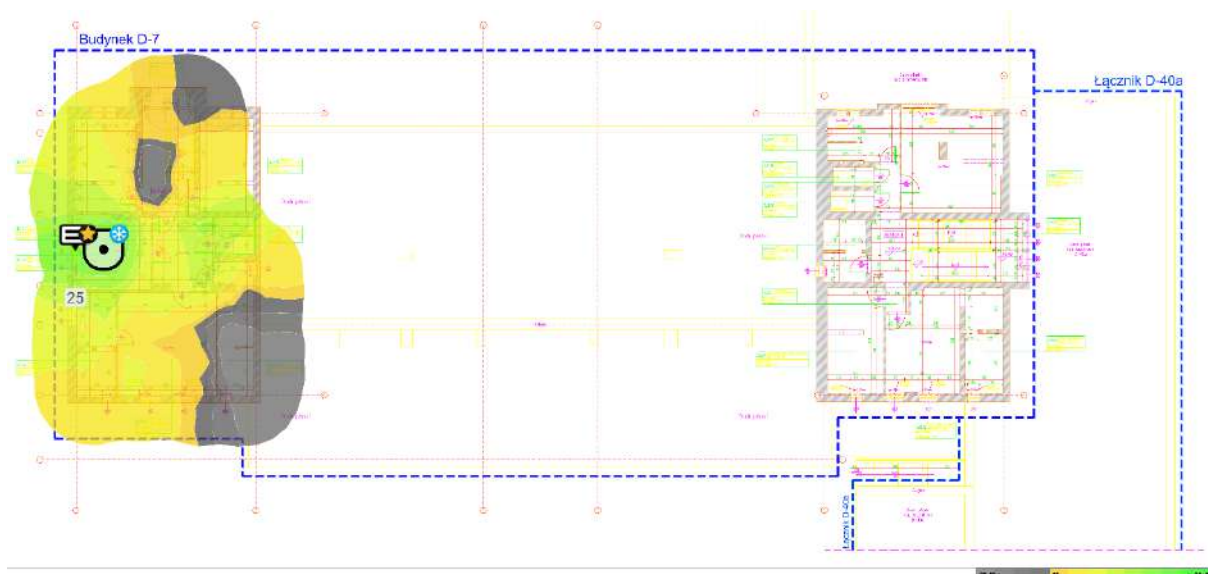
Siła sygnału w paśmie 6 GHz





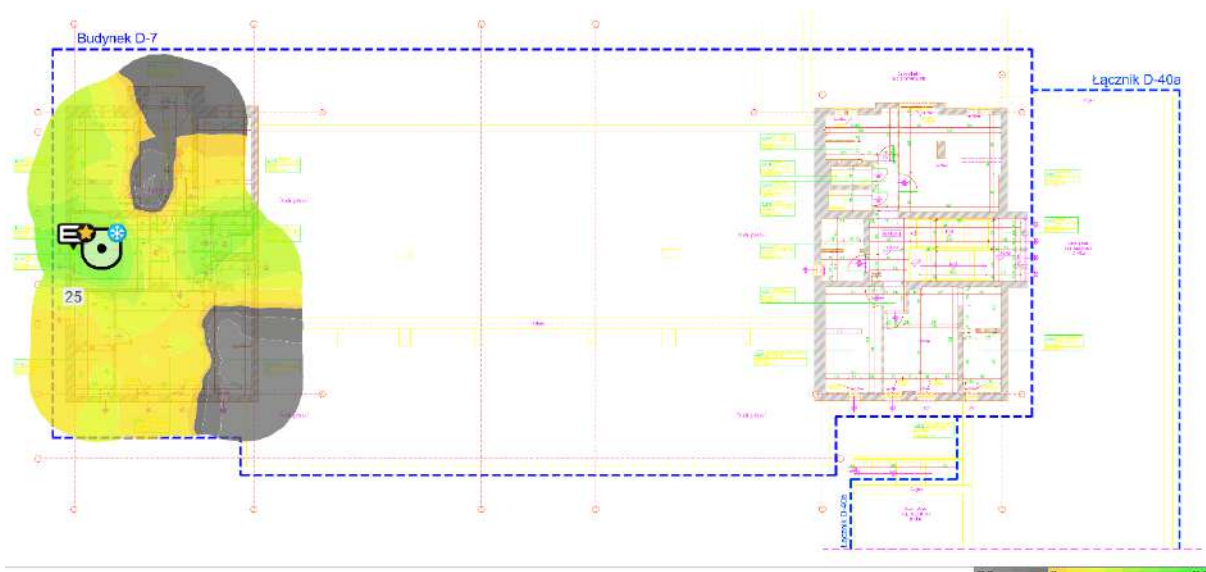
#### 9.2.2.25. Punkt 25 – wynik pomiaru budynek D7

Siła sygnału w paśmie 2,4 GHz

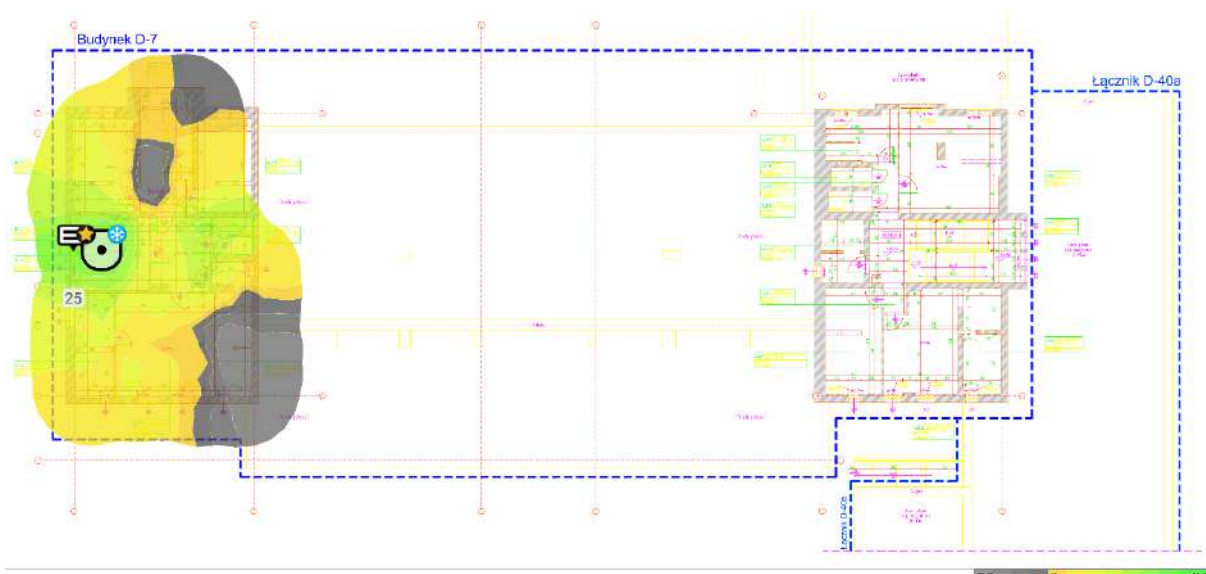


Siła sygnału w paśmie 5 GHz





Siła sygnału w paśmie 6 GHz



## 10. Ryzyko technologiczne

### 10.1. Podstawa wyboru technologii.

Niniejszy projekt techniczny oraz dobór urządzeń aktywnych sieci LAN/WLAN (przełączniki rdzeniowe, dystrybucyjne oraz punkty dostępowe) zostały oparte o rozwiązania producenta Ubiquiti Inc. (seria Enterprise). Wybór ten został dokonany na wskazanie Inwestora oraz możliwością dopuszczenia równoważnego rozwiązania. Inwestor akceptuje specyfikę techniczną oraz model funkcjonowania produktów Ubiquiti Inc.



## 10.2. Identyfikacja ryzyk dla środowiska.

Działając z należytą starannością zawodową, wskazuję na istotne różnice pomiędzy wybranym rozwiązaniem (klasa Enterprise/SMB), a rozwiązaniami klasy operatorskiej (Tier-1 Enterprise), które mogą wpłynąć na funkcjonowanie sieci w środowisku o wysokiej gęstości i krytycznym znaczeniu dla życia i zdrowia:

- **Stabilność oprogramowania (Firmware).** Ekosystem Ubiquiti charakteryzuje się częstym cyklem wydawniczym oprogramowania układowego, co w dużych środowiskach (powyżej 150 AP i 20 przełączników) może wiązać się z ryzykiem wystąpienia błędów regresywnych, wpływających na stabilność pracy kontrolera lub poszczególnych urządzeń.
- **Wydajność w warunkach High Density.** Punkty dostępowe (mimo standardu Wi-Fi 7) oraz przełączniki mogą wykazywać odmienną charakterystykę obsługi ruchu przy bardzo dużym obciążeniu (np. jednoczesny roaming setek urządzeń medycznych) w porównaniu do rozwiązań opartych o dedykowane układy ASIC stosowane w droższych rozwiązaniach konkurencji.
- **Wsparcie producenta (SLA).** Ubiquiti nie oferuje gwarantowanych czasów naprawy sprzętowej (np. NBD – Next Business Day) ani dedykowanego wsparcia inżynierskiego (TAC) na poziomie wymaganym w infrastrukturze krytycznej, co może wydłużyć czas usuwania awarii sprzętowych niezależnych od Wykonawcy.
- **Mechanizmy Roamingu.** Algorytmy szybkiego przełączania klientów (Fast Roaming 802.11r/k/v) w środowisku Ubiquiti mogą zachowywać się odmiennie w zależności od wersji oprogramowania, co może (choć nie musi) wpływać na płynność działania starszej aparatury medycznej.

## 10.3. Specyfikacja ryzyka w zakresie wydajności L3 – Switching

Należy zwrócić szczególną uwagę na techniczne ograniczenia zastosowanych przełączników rdzeniowych i dystrybucyjnych Ubiquiti w porównaniu do rozwiązań dedykowanych dla infrastruktury krytycznej:

- **Ograniczenia buforowania (Packet Buffering).** Zastosowane w urządzeniach układy przełączające (ASIC) posiadają mniejsze bufony pamięci w porównaniu do rozwiązań klasy "Deep Buffer" (stosowanych w wiodących rozwiązaniach Enterprise/Data Center). W środowisku szpitalnym, przy przesyłaniu obrazów diagnostycznych o wysokiej rozdzielczości (PACS/DICOM), występuje zjawisko "micro-bursts" (nagłych, milisekundowych skoków utylizacji łącza). Istnieje ryzyko, że przy dużym obciążeniu przełączniki mogą odrzucać pakiety (packet



drops), co objawi się spowolnieniem działania aplikacji medycznych, za co Wykonawca nie może ponosić odpowiedzialności.

- **Funkcjonalność "L3 Lite".** Zaimplementowana obsługa routingu w Warstwie 3 (Inter-VLAN Routing) ma charakter podstawowy ("Static Routing"). Platforma posiada ograniczone lub eksperymentalne wsparcie dla zaawansowanych protokołów routingu dynamicznego (OSPF, BGP) oraz zaawansowanej obsługi ruchu Multicast (PIM-SM/DM), które są standardem w sieciach szpitalnych wysokiej dostępności. Może to uniemożliwić w przyszłości integrację z niektórymi zaawansowanymi systemami medycznymi lub systemami przywoławczymi wymagającymi pełnego wsparcia Multicast Routing.
- **Brak zaawansowanego QoS.** Możliwości kategoryzacji i priorytetyzacji ruchu (Quality of Service) są ograniczone w porównaniu do rozwiązań Tier-1, co w sytuacjach saturacji sieci może wpłynąć na jakość usług czasu rzeczywistego (np. VoIP, telemetria medyczna) na rzecz transmisji danych o niższym priorytecie.